



Universitatea
Transilvania
din Braşov

TEZĂ DE ABILITARE

FABRICAȚIA LEAN - MODELAREA ȘI SIMULAREA FLUXURILOR MATERIALE ȘI INFORMAȚIONALE

Domeniul: Inginerie industrială

Autor: Conferențiar dr.ing. Aurica Luminița Pârv

Universitatea Transilvania din Braşov

BRAȘOV, 2019

CUPRINS

LISTA DE ABREVIERI	4
LISTA DE NOTAȚII	5
(B-i) Realizări științifice și profesionale	10
Introducere	10
Capitolul 1. LEAN manufacturing – considerații generale	12
1.1. LEAN manufacturing– definirea conceptului	12
1.2. Principii și instrumente	16
1.3. Simularea proceselor de fabricație	20
1.4. Evaluarea performanțelor sistemelor LEAN	28
Capitolul 2. Modelarea și simularea fluxurilor informaționale și materiale	31
2.1. Value Stream Mapping	33
2.1.1 VSM 4.0	37
2.1.2 Modelarea bazată pe agenți a VSM	40
2.1.3 Simularea VSM	41
2.1.4 Aplicații în industria automotive	45
2.1.5 Aplicații în industria componentelor electronice	62
2.2. Material Flow Cost Accouting	68
2.2.1 Activity Based Costing – modelare și simulare	70
2.2.2 Sisteme de fabricație sustenabilă. Optimizare multiobiectiv	91
Concluzii	97
Direcții viitoare de cercetare	98
(B-iii) Bibliografie	107

LISTA DE ABREVIERI

CIP	Îmbunătățirea continuă a proceselor
KPIs	Indicatori de performanță
LM	LEAN manufacturing
OEE	Overall equipment effectiveness
QM	Managementul calității
GMP	Bune practice de fabricație
FSU	Indicele de utilizare a suprafeței de lucru
JIT	Just in time
JITF	Fluxul Just-in-time
LM	LEAN manufacturing
MFCA	Material Flow Cost Accounting
MOO	Optimizare multiobiectiv
NRFT	Not Right First Time
PP	Productivitatea personalului
SMED	Single minute exchange of dies
SMS	Sisteme de fabricație sustenabilă
ST	Rotația stocurilor
SMEs	Întreprinderi mici și mijlocii
SOPs	Procedură pentru operații standard
TPM	Mentenanța total productivă
TQC	Controlul calității totale
TQM	Managementul calității totale
VAPP	Valoarea adăugată per personalul productiv
VSM	Value stream mapping

LISTA DE NOTAȚII

I_i	cantitatea de materii prime
P_j	cantitatea de produse rezultate
W_k	cantitatea de materiale rebut
E_e	cantitatea de energie de tip e necesară în proces
S_s	cantitatea din tipul de resursă s necesară în procesul de fabricație
C_{pc}	costul total pe proces
C_{mat}	costul materialelor
C_{engy}	costul energiei
C_{sys}	costuri de sistem
C_{wm}	costuri generate de managementul deșeurilor
C_{mati}	costul unitar pentru resursa materială i
C_{engye}	costul unitar al tipului e de energie
$C_{sys s}$	costul unitar al itemului s
C_{wmk}	costul unitar pentru managementul tipului k de risipe
C_s^{es}	costuri implicate pentru stabilirea furnizorilor, s
C_f^{es}	costuri implicate pentru stabilirea fabricilor, f
C_{ws}^{es}	costuri implicate pentru stabilirea depozitelor, w
E_j	costul activității indirecte (resursa consumată de activitatea j)
R_{jk}	resurse consumate de activitatea j
p_k	prețul tipului de produs k

(A) Summary

The habilitation thesis *Lean manufacturing- Material and Informational Flows Modelling and Simulation* represents the synthesis of the author's scientific and academic activity, within the field of Industrial Engineering, subsequent to the defense of her doctoral thesis entitled *Data Management in Concurrent Engineering*. The above mentioned Doctoral thesis, carried out under the coordination of professor Nouraș Barbu Lupulescu was defended in 2008, at Transilvania University of Brașov.

The first section of the present paper, *Scientific and professional achievements*, includes the main results of the scientific research activity carried out by the author.

Each chapter begins with a presentation of the current state of the research in the field, by using mainly information from works recently published in important journals. The results of the author's research, published in journals, presented at specialized conferences or proposed to organizations in the economic environment, are then presented. This approach continues with the presentation of future possible research directions.

The research context is represented by the fact that the current competitive environment requires the companies to be more and more efficient. In order to increase manufacturing efficiency, two apparently independent approaches have been developed: on one hand the Lean strategies, through focusing on identifying and minimizing activities with no added value, as well as by identifying system losses and eliminating them and on the other hand the IT tools for planning and controlling activities. The Lean 4.0 paradigm requires capitalizing on the benefits of both approaches.

Chapter 1, entitled *Lean manufacturing*, contains, in a classical approach, a description of the concept, of the principles and of the specific tools. The first subchapter begins with the definition of the concept of Lean manufacturing and its individualization in relation to Lean management and Lean production.

Industry 4.0 defines the digital revolution of the industrial production, through extensive networks and the computerization of all production areas. The equipment, the materials, the machines and the products can detect the state of the processes and the environmental parameters by using sensors, through interconnectivity and, implicitly, this will improve the production processes. In this context, the next subchapter contains the description of Lean 4.0. By analyzing the lean development in the context of Industry 4.0, we can draw the following conclusions:

- Industry 4.0 technologies can support and further develop good manufacturing practices. One of these is lean manufacturing;
- lean manufacturing systems facilitate the implementation of Industry 4.0;

- the changes imposed on the production system by integrating Industry 4.0 and lean production have an influence on the performance of the organization.

Lean manufacturing is based on five principles. The first principle is the *definition of value* from the customer's perspective. Once the value has been defined, the *mapping of the processes* by identifying the value flows will follow. After the losses have been identified and eliminated from the process, the next step involves *ensuring a smooth flow of the process*, without dripping, fluid, without interruptions, to the client. *Continuous improvement* is the fifth Lean principle.

By following the steps described above, if implemented correctly, through lean, remarkable results can be achieved in terms of efficiency, cycle time reduction, productivity, material costs, waste reduction, resulting in lower overall costs and higher competitiveness.

Chapter 2 is entitled *Modeling and simulation of information and material flows*. The methodologies described in this chapter are Value Stream Mapping (VSM) and Material Flow Cost Accounting (MFCA).

The first sub-chapter presents the description, modeling, simulation and evaluation of the processes mapped by using Value Stream Mapping. VSM is a tool for improving the performances of an organization and consists in mapping the entire manufacturing process, through the representation of the flows of information and materials.

VSM defines the value flow as the collection of all the activities, both those with added value and those without added value, which are necessary to create a product or a family of products using the same resources, starting from the raw materials and ending to the final consumer.

After presenting the concept and the stages of the classical mapping of the process, the author introduces a six-step model. This model allows the quantification of the process reaction in dynamics. The Agent-based model (ABM) is chosen for the representation of the entities in the process. The software solutions described are Tecnomatix Plant Simulation and Anylogic. The application of the D-VSM instrument is presented through two case studies, one in the field of automotive engineering, the other in the field of the electronic component manufacturing industry. The first application describes the situation for which it is necessary to increase the production capacity in order to respond to the increase in the demand of the customer, in order to increase the productivity of a production line. The system is characterized by the number of operators, the cycle time and the productivity. Simulating the agent-based production process will generate an action plan that will be proposed by the system managers.

By analyzing the presented applications, it can be stated that the integration of the simulation in the design and the analysis of the value flow on the production chain allows the use of the information provided by VSM regarding:

- the possibility of choosing the most favorable option from several possible scenarios, without additional consumption of resources;
- visualizing the reaction of the system over time (it is possible to expand or temporarily compress it so that the observer can capture the details of the reaction of the system);
- the simulated model can be an instrument in itself, which can be used without the consumption of other resources, but only by connecting it to a different data set;
- the detailed analysis of the reaction of the system, which leads to a complete understanding of it;
- identification of system constraints, of the weak links in the value chain.

The optimization result is measured by using specific KPIs.

The second subchapter is entitled *Material Flow Cost Accounting (MFCA)*. This instrument is regulated by ISO 14051, which defines the three objectives of the MFCA:

- increasing the transparency of the flow of materials and of the energy used, of the associated costs and of the environmental aspects;
- decision support for the organization for areas such as process engineering, production planning, quality control and supply chain management;
- enhancing the coordination and the communication regarding the flows of material and energy within the organization.

The first subchapter describes the concept of the MFCA. As methods of cost determination, Activity Based Costing (ABC), the cost related to the cost-material-energy-environment model are described.

The ABC methodology is presented descriptively and developed mathematically. The presentation is followed by a simulation in the same framework as VSM, respectively Agent-Based model and Anylogic. The Anylogic software provides Excel tables with both the input and the output parameters. Also, the Anylogic module that is created allows graphical representations of the process parameters.

The application of the cost model by functions is analyzed in the industrial context.

The second cost approach from the MFCA perspective is the cost calculation starting from the analysis of the sustainability attribute of the manufacturing process. In this framework, the author proposes the multi-objective optimization, respectively the definition of the objective functions for minimizing the consumption of materials, minimizing the energy consumed and for minimizing the carbon dioxide emissions.

Given the areas of interest of the author, the aspects presented in the habilitation thesis generate new research directions.

Thus, in the lean context, from the Lean 4.0 perspective, there can be defined themes such as:

- modeling and comparative simulation of VSM entities, using DE, SD, ABM;
- integration of VSM and MFCA in the Lean context;
- evaluation of Lean instruments.

The second section of the habilitation thesis, entitled *Career Evolution and Development plans*, contains a brief presentation of the professional evolution of the author, from graduation to present. Then follow the expected directions for the evolution of the professional activities by continuing the scientific research and by improving the academic activity, as well as disseminating the results of the research carried out by the author, both nationally and internationally.

The habilitation thesis ends with the list of bibliographic references consulted for its realization.

REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE ȘI PROFESIONALE. PLANURI DE EVOLUȚIE ȘI DEZVOLTARE A CARIEREI

(B-i) Realizări științifice și profesionale

Introducere

Prezenta teză de abilitare reprezintă o sinteză a cercetărilor autoarei privind cadru teoretic și implementarea conceptului LEAN manufacturing. Având ca punct de pornire teza de doctorat Managementul datelor în ingineria simultană, susținută în 2008, cercetările, atât la nivel teoretic cât și practic, s-au desfășurat la confluența dintre Industry 4.0 și LEAN manufacturing.

Mediul concurențial actual impune companiilor să fie din ce în ce mai performante. Pentru creșterea eficienței fabricației s-au dezvoltat două abordări, aparent independente : strategiile LEAN, prin focus pe identificarea și minimizarea activităților fără valoare adăugată, precum și prin identificarea pierderilor din sistem și eliminarea acestora, și instrumentele informatice, pentru planificarea și controlul activităților. Paradigma Industry 4.0 impune valorificarea beneficiilor ambelor abordări.

Industry 4.0 definește revoluția digitală a producției industriale, prin rețele extinse și computerizarea tuturor zonelor de producție. Echipamentele, materialele, mașinile și produsele pot detecta starea proceselor și a parametrilor de mediu cu ajutorul senzorilor, prin interconectare, ducând implicit la îmbunătățirea proceselor de producție.

Mai mult, revoluția digitală a producției și procesul de creare de valoare reprezintă noi provocări pentru organizații. Firmele trebuie să dezvolte strategii care să exploreze oportunitățile de inovare din digitalizare și să dezvolte noi modele de business.

Implementarea conceptului Industry 4.0 este strâns legată de tipul organizației. Astfel, deși companiile mari pot anticipa riscurile de digitalizare pentru propriile modele de afaceri și au introdus procese de inovare, întreprinderile mici și mijlocii (SMEs) pot fi în dificultate. De aceea, este necesară dezvoltarea unor instrumente particulare, care să permită SMEs să facă față provocărilor industriei 4.0 și să utilizeze beneficiile și șansele celei de-a patra revoluții industriale. Cadru în care Industry 4.0 este abordat trebuie să se subscrie conceptului de sustenabilitate. Acesta acoperă aspecte privind calitatea produselor, capacitatea tehnologică, costul produselor și standardele de mediu, în timp ce caracteristicile green sunt limitate la standardele de mediu [IGA 13, CHE 17, PAR 18a].

Fabricarea produselor a evoluat în ultimii ani de la producția de masă la producția customizată [KOR 10]. În acest context, optimizarea utilizării resurselor rămâne o provocare pentru organizație.

Filosofia LEAN, aplicată în îmbunătățirea continuă a proceselor, are ca punct de plecare noțiunea de valoare a produsului. Valoarea produsului, din perspectiva business, este definită ca ceea ce clientul plătește. Oriunde este realizat un produs, există un flux de valoare. De aceea, cartografierea acestui flux, modelarea și optimizarea lui utilizând instrumente specifice reprezintă acțiuni necesare în cadrul companiei [SET 06, SCH 08, JAS 15].

LEAN manufacturing promite abordarea unei game largi de cerințe economice care include îmbunătățirea calității produsului prin reducerea costurilor, și, de asemenea, reducerea lead time.

Producția LEAN a debutat în industria automotive. Conceptul LEAN a avut rezultate extraordinare din punct de vedere al calității, costurilor, nivelului stocurilor și productivității.

Lucrarea este structurată astfel : capitolul 1 cuprinde definirea conceptelor LEAN manufacturing și LEAN 4.0, descrierea principiilor și a instrumentelor utilizate. Capitolul 2 descrie modelarea și simularea fluxurilor materiale și informaționale. Primul instrument introdus este VSM. Ca rezultat al cercetărilor bibliografice, teoretice și aplicative privind integrarea VSM cu alte instrumente de modelare/simulare, secțiunea prezintă dezvoltarea unui nou model, în șase pași. Scopul demersului este îmbunătățirea etapei de pre-implementare a VSM. Cartografierea proceselor va duce la reprezentarea VSM. După reprezentarea VSM actual, urmează asistarea deciziei, utilizand instrumente specifice, astfel încât Target-VSM să poată răspunde obiectivelor firmei pe un interval de timp dat. Anylogic este utilizat pentru simularea VSM utilizând modelul de date Agent-based. Modelul produs este validat prin două aplicații industriale. Una dintre aplicații este dezvoltată în industria componentelor auto. Plecând de la necesitatea rezolvării unei probleme generate de creșterea cererii clientului, se impune analiza și îmbunătățirea fluxului material și a celui informațional. A doua aplicație, din industria componentelor electronice, prezintă și evaluarea procesului LEAN. A doua secțiune a capitolului conține informații despre conceptul MFCA. După introducerea PDCA, sunt prezentate două metodologii de gestiune a costurilor: ABC și costul material-energie-mediu. În abordarea sustenabilă a sistemelor de fabricație este prezentat un model de optimizare multiobiectiv. Ultima secțiune cuprinde concluziile.

Capitolul 1. LEAN manufacturing – considerații generale

1.1. LEAN manufacturing– definirea conceptului

În funcție de strategia și nivelul de dezvoltare a organizației și de cultura în care se aplică, LEAN este un sistem de management, o filosofie sau un set de instrumente ([SHA 07, BHA 15, SET 17]).

Termenul are la bază definirea a trei concepte: LEAN production, LEAN manufacturing și LEAN thinking. LEAN a fost utilizat pentru prima dată în articolul Triumful sistemului de producție LEAN, publicat de John Krafcik (1988), în MIT Sloan Management Review. Principiile LEAN au fost descrise în aceeași lucrare. Termenul a fost mai târziu popularizat de trei cercetători MIT, Jim Womack, Daniel Jones și Daniel Roos. În 1996, Womack și Jones, dezvoltă metodologia LEAN în lucrarea "Gândirea LEAN: reducerea risipei și crearea valorii în organizație". Această expresie se referă la un nou mod de a gândi finalizarea activităților productive, având în vedere eliminarea sistematică a risipelor. LEAN manufacturing este adesea folosit ca sinonim pentru LEAN production, deși Barlotti [BAR 13] explică diferența dintre concepte, având în vedere că fabricația reprezintă o formă specifică de producție cu muncă organizată și instrumente specifice, ce are rezultate tangibile (de exemplu, automobile).

Avantajele metodologiei permit utilizarea acesteia și în alte domenii. În lucrarea [BUE 18], autorii analizează prezența conceptului în diferite zone ale economiei. Figura 1 (adaptare după [TAD 19]) prezintă procentual lucrările privind implementarea LEAN în diverse domenii.

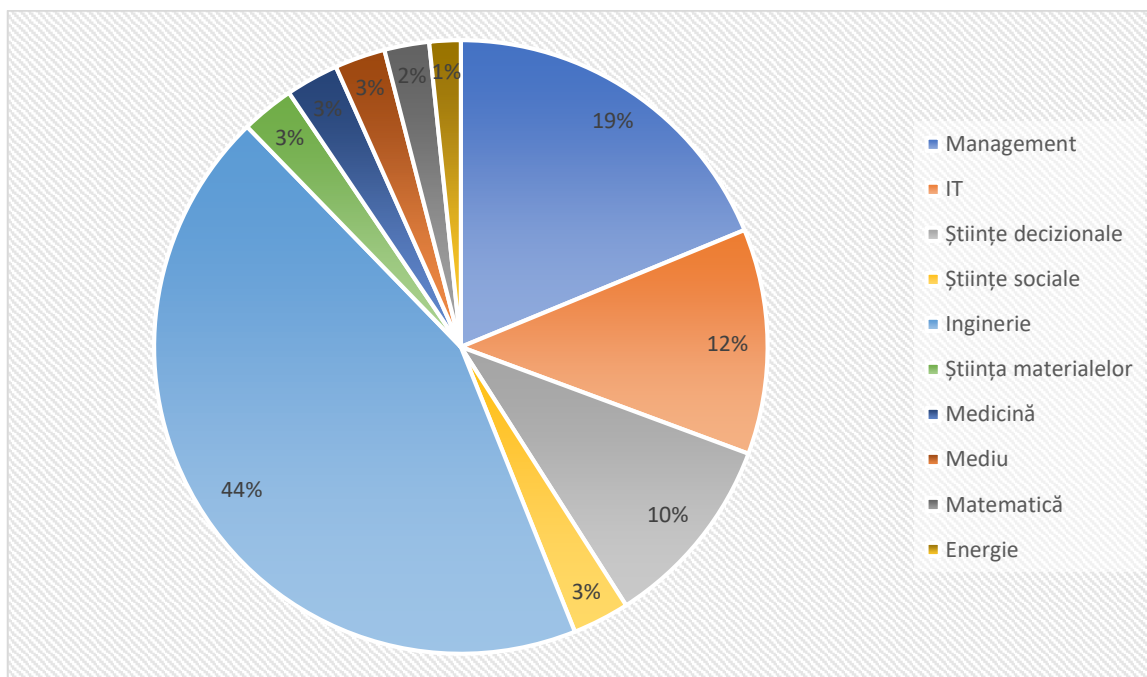


Fig. 1 Metodologia LEAN în diverse domenii

Fabricația LEAN creează cadrul ce permite abordarea unei game largi de cerințe economice, respectiv îmbunătățirea calității produsului prin reducerea costurilor și reducerea timpului de punere pe piață, în condiții de flexibilitate [KOR 10, ZHU 18].

Față de metodele specifice fabricației tradiționale, fabricația LEAN este definită de principiul tragerii producției de către client. Filosofia de producție LEAN nu este utilizată numai în producția de masă în industria automotive, ci și în alte domenii ale industriei [ZHU 18].

Alte caracteristici ale producției LEAN sunt:

- din punct de vedere al managementului calității, se acordă o importanță mai mare prevenției decât detecției;
- linia de producție este integrată;
- lanțul de distribuție integrează informațiile de la client până la furnizor;
- activitatea este organizată pe echipe, astfel încât să fie posibilă eliminarea risipelor fără valoare adăugată.

Adăugarea de valoare proceselor împreună cu utilizarea optimă a resurselor reprezintă baza gândirii LEAN. Potrivit lui Altekari [ALT 07], adoptarea sistemului LEAN Thinking permite organizațiilor să crească nivelul serviciilor oferite clienților, reducând în același timp: deșeurile (cu 80%); costul de producție (cu 50%); durata ciclului de producție (cu 50%); stocurile (cu 80%).

Deși oferă multiple oportunități, Keitany et al. [KEI 14] au identificat și puncte slabe în abordarea LEAN. Aceasta se caracterizează prin lipsa de contingență și capacitatea de a trata variabilitatea, neluarea în considerare a aspectelor umane și focalizarea operațională limitată la supermarket. Schimbările și intervențiile de îmbunătățire a procesului se realizează în condițiile în care accentul este centrat pe "How is made".

Din punct de vedere teoretic, [BHA 14] prezintă rezultatele analizei a 209 de lucrări de cercetare ce includ definiții LEAN cu obiective și scopuri diferite. Autorii au colectat date privind: contribuția cercetării, metodologia de cercetare adoptată, instrumentele / tehnicile / metodologiile aplicate, tipul de industrie, profilul autorilor și anul publicării. Una dintre constatările lor a fost lipsa unui standard proces / cadru pentru implementarea LEAN Management (LM).

Jasti et al. [JAS 15], analizează 546 de lucrări, urmărind stadiul implementării și măsurarea performanței diferitelor cadre / modele existente. Autorii prezintă tendințele în cercetarea LEAN, subliniind necesitatea de:

- aplicare LEAN în domeniul dezvoltării produselor și, de asemenea, la nivel de întreprindere;

- mai multe colaborări de cercetare interregională;
- elemente înclinate ca grup în loc de elemente individuale (un sistem integrat);
- a evita toate cele șapte risipe LEAN într-un mod integrat;
- testare și validare a cadrelor / modelele propuse.

În [ABR 18], Abreu-Ledón et al. prezintă impactul producției LEAN asupra performanței în afaceri. Ei au considerat două rezultate de performanță diferite (financiare și de piață) și șase practici de producție LEAN (control și îmbunătățire de proces; gestiunea fluxului; dezvoltarea forței de muncă; mentenanță; focus client și relația cu furnizorii). Rezultatele au arătat o relație pozitivă și moderată între nivelurile agregate de producție LEAN și de performanță în afaceri. O relație pozitivă există, de asemenea, în legătură cu performanța pieței, dar nu și cu cea financiară. Doar trei instrumente LEAN influențează performanța în afaceri: controlul și îmbunătățirea proceselor, dezvoltarea forței de muncă și focus pe clienți.

Caldera et al. [CAL 18] au investigat modul în care implementarea LEAN și green ar putea conduce la afaceri durabile. Ruben și colab. [RUB 18] au studiat LEAN Six Sigma în sectorul de producție și a conceput un cadru generic, care încorporează problemele de mediu în cadrul LEAN Six Sigma.

Tasdemir și Gazo [TAS 18] au studiat implicarea conceptului de sustenabilitate în LEAN. Cercetarea a concluzionat că sinergiile dintre LEAN și sustenabilitate sunt mai puternice decât divergențele.

Literatura de specialitate utilizează 100 de definiții diferite ale Industriei 4.0 [MOE 17]. Abordarea prezentă definește Industry 4.0 ca utilizare de produse și procese inteligente, care permite colectarea și analiza autonomă a datelor, precum și interacțiunea între produse, procese, furnizori și clienți prin intermediul internetului.

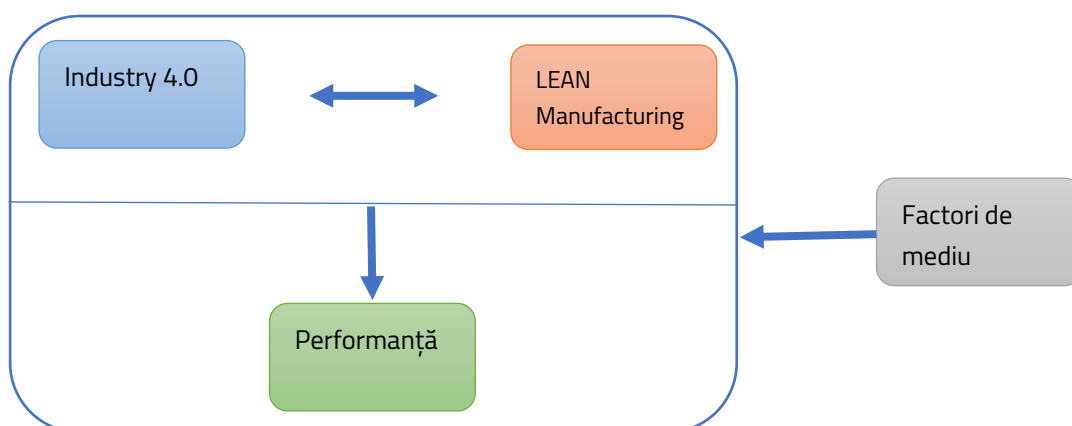


Fig. 2 Cadrul conceptual al LEAN 4.0

Cadrul conceptual ce ilustrează relația dintre Industry 4.0, LEAN manufacturing, performanță și condițiile de mediu este prezentat în figura 2 [BUE 18].

Analizând dezvoltarea LEAN în contextul Industry 4.0 [MOE 17], se poate concluziona că:

- tehnologiile Industry 4.0 pot sprijini și dezvolta în continuare bune practici în fabricație. Una dintre acestea este reprezentată de fabricația LEAN;
- sistemele de fabricație LEAN facilitează implementarea Industry 4.0;
- modificările impuse sistemului de producție prin integrarea Industriei 4.0 și producției LEAN influențează performanța organizației;
- pe baza unor studii similare, este probabil ca factorii de mediu să influențeze potențialul de integrare a industriei 4.0 și producția LEAN, precum și performanța rezultată a unei astfel de integrare.

În tabelul 1 este prezentată legătura dintre instrumentele LEAN și instrumentele Industry 4.0.

Tabelul 1. Legătura dintre instrumentele Lean și instrumentele Industry 4.0 [BUE 18]

Instrumente LEAN	JIT	Hei-Junka	Kanban	VSM	TPM	SMED	VM	Poka-yoke
Instrumente Industry 4.0								
Additive Manufacturing	x				x	x		
Plug and Play					x	x		
Vehicule ghidate automat	x		x					
Interacțiuni om-mașină			x	x	x			
VR					x	x	x	x
Intelligent bins	x	x						
Auto-ID	x		x	x	x	x	x	
DOM	x				x	x		x
Simulare	x	x	x	x	x	x	x	

Cloud computing	x			x	x			x
Programare în timp real	x	x	x	x	x	x	x	x
Big data	x	x	x	x	x			x
Machine learning				x	x	x		x

1.2. Principii și instrumente

A. Principii

Pentru implementarea LEAN sunt definite cinci principii. Acestea sunt general valabile, putând fi aplicate indiferent de specificul industriei. Plecând de la identificarea și eliminarea activităților non-value added, Womack [WOM 03] definește cele cinci principii LEAN astfel :

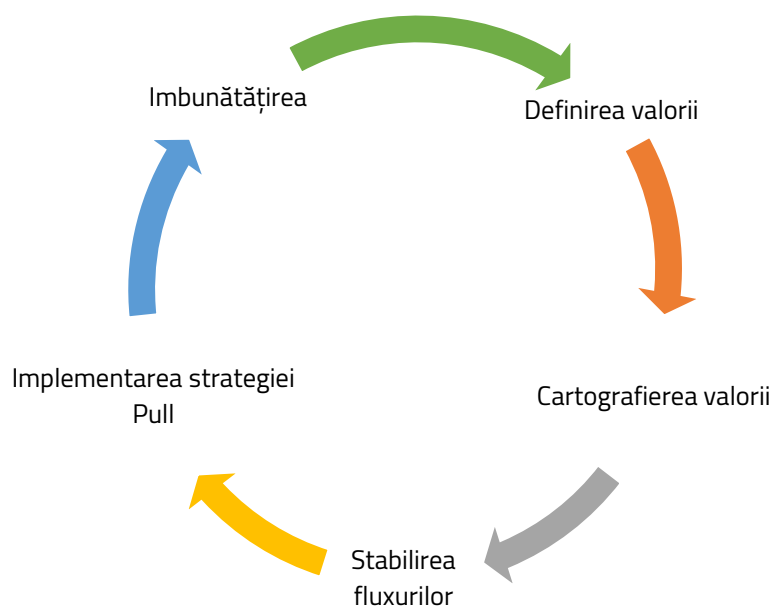


Fig. 3 Principiile LEAN

Activitățile ce descriu procesele de fabricație sunt clasificate, din punct de vedere al valorii, în trei tipuri [HIN 97]:

- value-added activities (VA) – activități care, prin prisma consumatorului final, adaugă valoare produsului;

- non-value-added activities (NVA) - activități care aduc costuri, dar nu adaugă valoare, sunt purtătoare de risipe; instrumentele puse la dispoziție vor încerca eliminarea;
- non-nonvalue-added activities (NNVA) – activități purtătoare de costuri, care nu adaugă valoare, dar care, din considerente tehnologice, nu pot fi eliminate.

Cele cinci principii sunt definite ca fiind în concordanță cu etapele necesare pentru implementarea metodologiei LEAN manufacturing [MAR 13].

Tabelul 2. Legătura etape-principii

Etapele implementării LEAN	Legătura cu principiile LEAN
Stabilirea unei viziuni strategice	Valoarea trebuie definită plecând de la fiecare familie de produse, plecând de la percepția consumatorului privind valoarea produsului sau serviciului. Metodologia prin care costul este estimat este Target costing
Identificarea echipelor	Fluxul valorii – reprezintă activități specifice proiectării, realizării și livrării unui produs, de la concept pînă la distribuție, de la materi primă la produsul finit.
Identificarea produselor	Fluxul – regândirea metodelor și instrumentelor de lucru, astfel încât să se elimine disfuncționalitățile din flux; proiectarea, comanda și producția trebuie să se desfășoare în flux continuu
Identificarea proceselor	Pull – fluxul tras – se declanșează fluxul doar atunci când este cerut
Revizuirea layout-ului organizației	
Selecția kanban	Perfecționare – eliminarea completă a risipei, astfel încât toate activitățile să creeze valoare.
Îmbunătățire continuă	

Primul pas îl reprezintă definirea valorii, din perspectiva clientului. Odată ce valoarea a fost definită, se trece la cartografierea proceselor, prin identificarea fluxurilor valorii. După ce pierderile au fost identificate și eliminate din proces, pasul următor presupune asigurarea unei fluidități a procesului, fără gâtui, cu curgeri line, fără întreruperi, către client.

Parcurgând pașii descriși mai sus, dacă implementarea este făcută corect, prin LEAN se pot obține rezultate remarcabile în ceea ce privește eficiența, reducerea cycle time, productivitatea, costurile materiale, reducerea rebuturilor, rezultând costuri generale mai scăzute și o competitivitate ridicată.

Principalele tipuri de pierderi ce sunt abordate în cadrul LEAN sunt determinate de supraproducție, stocurile intermediare și de produse finite, rebuturi, transporturi inutile, procese, așteptare, mișcare ([HIN 97, KAR 10, PAR 18b]). Plecând de la LEAN clasic, metodologia evoluează spre LEAN digital, respectiv LEAN 4.0. ([MEU 16]).

Pentru a cuantifica beneficiile metodologiei, Marodin et al. [MAR 13] clasifică evaluarea rezultatelor implementării LEAN prin prisma a cinci domenii:

- operațional;
- financiar;
- resurse umane;
- piață;
- mediu.

B. Instrumente LEAN

Pentru a susține strategia generală, sunt identificate diferitele instrumente și tehnici de implementare a procesului LEAN [PAR 18a, MAR 13].

Tabelul 3. Instrumente LEAN

Instrumente LEAN	Descriere
5S	Metodologie pentru organizarea, ordonarea, dezvoltarea și întreținerea mediului de lucru. Siguranța și creșterea productivității reprezintă unele dintre avantajele programului 5S.
OEE (Overall equipment effectiveness)	Un instrument eficient pentru evaluarea, controlul și îmbunătățirea disponibilității, performanței și calității echipamentului. Acest lucru este important în special dacă există o componentă critică.
Eliminarea erorilor/defectelor	Eliminarea erorilor reprezintă o abordare structurată pentru a asigura un mediu de producție de calitate, fără erori. Eliminarea erorilor/defectelor care garantează că reperatele neconforme nu vor fi trecute niciodată la următoarea operație. Acest instrument

	reprezintă, în cadrul organizației, conceptul de sursă de calitate@sursă.
Cellular manufacturing	Un instrument folosit pentru a fabrica produsul în cel mai scurt timp folosind minimum de resurse. Pentru aplicarea acestui instrument, se grupează produsele după pașii procesului de adăugare a valorii, se evaluează rata cererii clientului (Timpul de așteptare) și apoi se configurează celula utilizând conceptele și instrumentele LEAN Six Sigma.
Kanban	Un Kanban este un "semnal" pentru ca angajații să execute o acțiune. Acesta este un instrument fundamental folosit pentru a stabili un "flux continuu". Kanban este un sistem simplu de deplasare a pieselor care depinde de carduri și cutii / containere pentru a prelua componente de la o stație de lucru la alta pe o linie de producție. Esența conceptului Kanban este că un furnizor sau un antrepozit ar trebui să furnizeze numai componente pe linia de producție atunci când sunt necesare, astfel încât să nu existe stocuri în zona de producție. Kanban poate fi, de asemenea, eficient în gestionarea lanțului de aprovizionare LEAN.
Value stream mapping	Tehnică de mapare a procesului care constă dintr-o reprezentare a stării curente, care descrie condițiile inițiale ale unui proces și o reprezentare a stării viitoare care definește un proces îmbunătățit. Hartă stării actuale include în general câteva descrieri ale celor 5M care vor fi ținte pentru modificări în starea viitoare.
Control vizual	Controlul vizual este un instrument care comunică angajaților ce acțiuni sunt necesare. Acestea deseori elimină necesitatea unor proceduri de operare standard complexe și realizează fluxul continuu, prin eliminarea condițiilor care ar întrerupe fluxul, înainte de a se produce.
SMED	SMED este un instrument ce determină reducerea pierderilor de producție și de calitate din cauza schimbărilor. Schimbarea rapidă este o tehnică de analiză și reducere a resurselor necesare pentru

(Single-minute exchange of dies)	configurarea echipamentului, inclusiv schimbul de scule și dispozitive.
TPM (Total Productive Maintenance)	TPM este un concept de program de mentenanță care se focalizează pe minimizarea timpilor de întrerupere și maximizarea utilizării echipamentului. Scopul TPM este de a evita reparațiile de urgență și de a menține întreținerea neprogramată la minim. Programele TPM sunt în mod obișnuit cuplate cu activitățile OEE, care identifică unde este necesară concentrarea activităților TPM.

În condițiile creșterii cererii pentru produse cu grad înalt de personalizare, simularea conduce la economia de resurse [SUH 15, SCH 15].

1.3. Simularea proceselor de fabricație

Simularea proceselor de fabricație, ca etapă în implementarea fabricației digitale, necesită utilizarea unor tehnologii și metode specifice.

A. Simularea cu evenimente discrete

Negahban și Smith [NEG 14] descriu simularea cu evenimente discrete - discrete event simulation (DES) ca cel mai folosit model de simulare pentru sistemele de fabricație. Ca mod de funcționare, produsele, ca entități pasive participă la acțiuni prin sistemele de fabricație în momente discrete. Abordarea DES este utilizată în cazul planificării capacităților și identificarea gâtuirilor. Cartografierea fluxului de valoare oferă informații suplimentare, luând în considerare relațiile dinamice între secvențele complexe de producție. Prin implementarea soluțiilor obținute se urmărește creșterea valorii adăugate a producției, variabilității, calitatății și eficienței, simultan cu scăderea stocului și a capitalului angajat, în condițiile respectării termenelor de livrare.

B. Simularea Agent-based (AB)

AB încorporează facilități de planificare și de alocare de resurse din cadrul supermarketului [ADE 19, BOR 04, BOR 13].

Procesul de simulare AB are la bază negocierea, colaborarea și comunicarea între diferitele tipuri de agenți identificate în sistem. Plecând de la cerințele de cercetare, simularea va îndeplini următoarele funcții:

- acceptarea parametrilor de intrare, respectiv informațiile despre comanda de la client, informații despre mașină (numărul de mașini, tipul procesului, timpul de set-up și timpul de procesare), informații despre operator (abilități, număr de operatori, disponibilitatea);
- corelarea dintre alocarea și programarea operațiunea de comandă cu resursele de sistem specificate (mașinile și operatorii), plecând de la planurile de atribuire predefinite;
- îmbunătățirea utilizării fiecăreia dintre resursele sistemului de fabricație.

Figura 4 descrie interfața mediului Anylogic, cu elementele specifice unui model bazat pe agent. Componentele agentului sunt identificate astfel: parametri, evenimente statice, variabile și colecții.

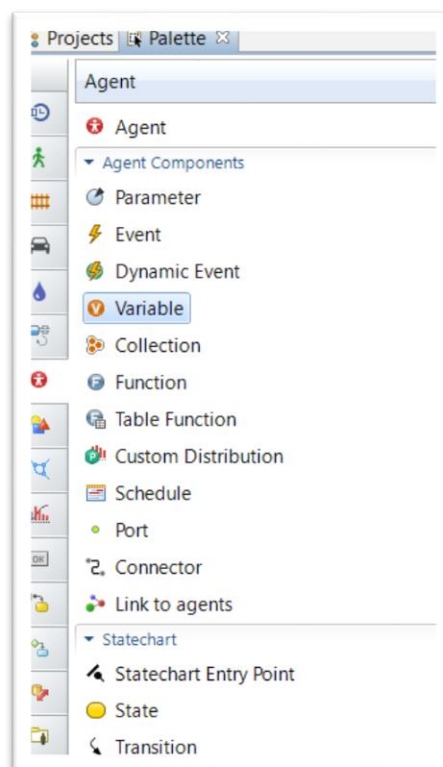


Fig. 4 Componentele unui agent

C. Sistemele multi-agent (MAS)

MES reprezintă o abordare descentralizată bottom-up a modelării sistemelor din lumea reală, care evidențiază interacțiunile agenților autonomi, cu evaluarea impactului asupra întregului sistem [GIL 08, PUC 19]. Având în vedere acest lucru, această paradigmă de modelare emergentă are un potențial puternic pentru susținerea proceselor de luare a deciziilor [LAT 10, PAR 16b] și permite cercetătorilor să descopere soluții strategice pentru probleme care ar putea fi inabordabile prin alte metodologii [NOR 07].

Modelul propus este de tip process-centric conține următoarele elemente:

- Elemente primare:
 - agenți;
 - resurse.
- a. Elemente derivate-procese ca secvențe operaționale caracterizate prin:
 - stocuri;
 - timpi de așteptare;
 - grad de utilizare a resurselor.

Avantajele utilizării simulării în cartografierea fluxului de valoare sunt:

- reducerea costului pentru colectarea datelor prin reducerea numărului de obiecte utilizate, descrierea proceselor realizându-se prin blocuri logice predefinite ;
- reducerea efortului de analiză prin utilizarea modulelor specifice;
- simularea oferă informații suplimentare față de abordarea statică, utilizatorii putând să examineze efectele dinamice ale lanțului valorii.

Pentru implementarea modelelor într-un mediu de programare vor fi prezentate două platforme.

A. Simularea pe platforma Tecnomatix Plant Simulation

Modulul de simulare face parte din soluțiile de Manufacturing Engineering Software oferite de Siemens PLM Software [SIE 19].

În varianta tradițională, reprezentarea procesului de producție este realizată manual, utilizând simboluri standardizate. Astfel, sunt evidențiate fluxurile de materiale, fluxurile de informație, stocurile, activitățile cu valoare adăugată, activitățile fără valoare adăugată. Plecând de la cererea clientului, sunt reprezentate informații precum stocurile și timpii ciclului de producție. Îmbunătățirea fluxului valorii are ca punct de plecare VSM curent.

Utilizarea software-ului de simulare permite accesul la obiecte predefinite, din biblioteca implicită a mediului de simulare, și obiecte implicite, astfel:

1. obiecte predefinite:
 - proces;
 - furnizori;
 - client;
 - stoc;
 - supermarket;

- transport intern și extern;
- controale predefinite pentru maparea:
 - proceselor Kanban;
 - casetelor Heijunka;
 - casetelor de compensare.

2. obiecte implicite pentru analiză și evaluare:

- timpii intermediari;
- timpii de încărcare/descărcare/așteptare;
- timpii cu valoare adăugată;
- analiza gradului de utilizare în procese;
- disponibilitatea resurselor.

B. Simularea pe platforma Anylogic

Într-un mediu definit, Borshchev et al. [BOR 13] și Schonemann et al. [SCH 16] propun utilizarea modelării prin simulări bazate pe agenți - agent-based simulation (ABS). Această abordare presupune modelarea însușirilor individuale ale obiectelor.

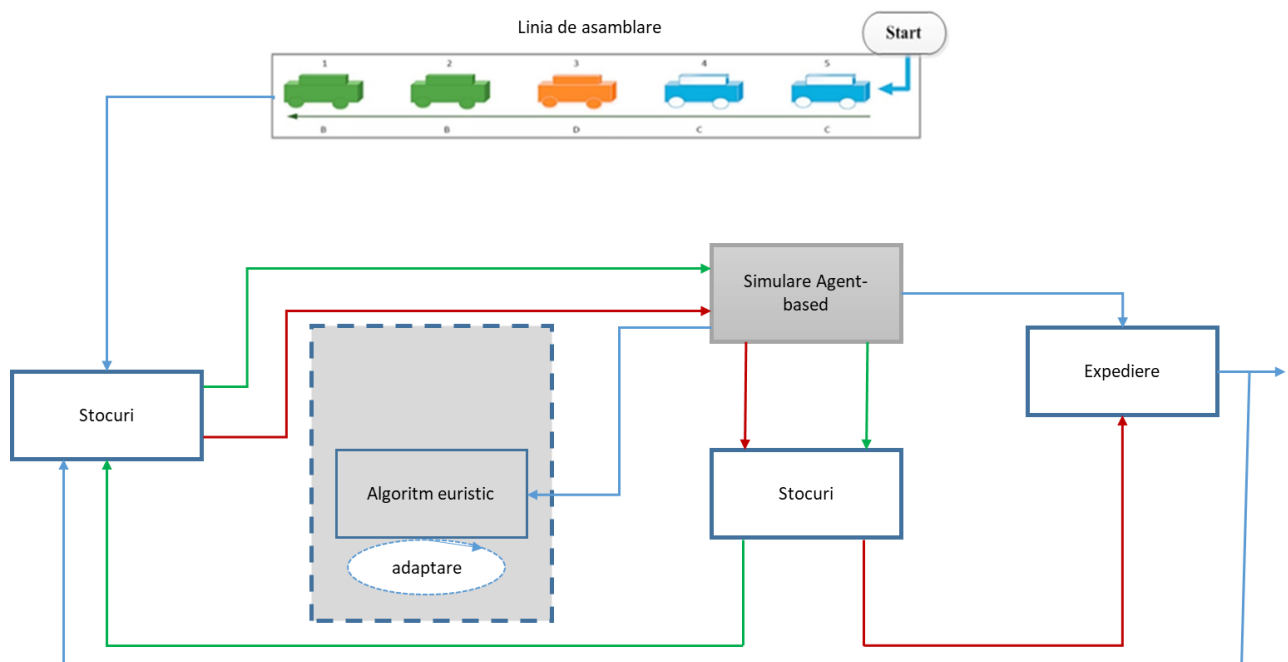


Fig. 5 Simulare într-un sistem de fabricație

Modelele de simulare utilizează obiecte și reguli ce descriu comportamentele dinamice ale sistemelor [IVA 17]. Mediul de simulare Anylogic permite lucrul cu modele de tip agent-based, evenimente

discrete și sisteme dinamice, prin customizarea resurselor materiale și informaționale într-un sistem de producție.

Mediul Anylogic, utilizat de autoare pentru simularea VSM este descris din două perspective.

Prima abordare include avantajele Anylogic în abordarea proceselor specifice organizației, conform tabelului de mai jos [PUC 19, PAR 19a].

Tabelul 4. Caracteristicile mediului Anylogic

Caracteristici		Avantaje utilizării Anylogic
Managementul complexității proceselor	<p>Sunt fabricate în același timp produse diferite, utilizând aceleași resurse</p> <p>Resursele nedisponibile pot genera eșecul proceselor</p> <p>Poate să fie amânată fabricarea unui produs în favoarea altui produs?</p>	<p>Gestiune în condiții de obiective multiple</p> <p>Minimizarea erorilor</p> <p>Maximizarea utilizării resurselor</p> <p>Minimizarea duratei totale de fabricație pentru fiecare produs</p> <p>Minimizarea supraîncărcării operatorilor</p>
Model mixt de programare (MIP) în Java pentru a programa timpul de start al fiecărei faze pentru fiecare produs	<p>În cazul în care un produs este întârziat pentru un alt produs</p>	<p>Simularea apelează planificatorul de fiecare dată când este necesară o nouă programare</p>

<p>Susține o abordare bazată pe un agent hibrid și un eveniment discret</p>	<p>Noi produse sunt în coada de așteptare</p> <p>Produsele existente se confruntă cu întârzieri de procesare, încălcând programul existent</p> <p>Produsele nu reușesc în timpul procesării și trebuie reluate</p>	<p>Produsele sunt agenți, dar au fluxuri de proces detaliate pe care trebuie să le urmeze</p> <p>Personalizabil scriind cod Java orientat pe obiecte (versus limbaj de codare proprietate)</p>
<p>Oferă un cadru experimental personalizabil pentru a evalua și compara cu ușurință scenarii</p>		<p>Interfețe ușor cu sisteme externe (de exemplu, servicii RESTful) și fișiere .jar prin cod Java</p> <p>MIP de programare și API Solver</p>

Plecând de la caracteristicile prezentate anterior, sistemul dispune de facilități ce permit rezolvarea cerințelor ce pot apărea în procesul de simulare. Facilitățile identificate sunt prezentate în tabelul următor.

Tabelul 5. Soluții integrate în mediul Anylogic

Provocare în cadrul organizației	Soluția oferită de platforma Anylogic
<p>Procesul de fabricație nu este încă stabil</p>	<p>Simularea demarează prin corelarea procesului de realizare a prototipului curent, pentru a se furniza sistemului informațiile de bază</p> <p>Modificările procesului și noile funcționalități sunt fost adăugate lent, testându-se sistemul la fiecare iterație</p> <p>Rezultate detaliate sunt furnizate pentru fiecare iterație și analizate cu atenție de către echipele interne și clienți</p>

	Un set de cazuri este menținut și rulat pentru fiecare iterație, urmărindu-se identificarea modificărilor care trebuie investigate în continuare
Înteruperile de proces conduc la ferestre de timp; apare situația utilizării reduse a resurselor	Sunt disponibile constrângeri speciale pentru optimizarea utilizării resurselor Rularea simulării cu diferite scenarii, astfel încât evaluarea raportului dintre risc și rezultat să fie corectă Rezultatele simulării oferă o imagine fidelă despre problemele de sincronizare
Modificările din programul de producție impun reinițializarea unor agenți	Evenimentele dinamice, blocurile de așteptare și termenele limită sunt utilizate pentru a gestiona modul în care agenții parcurg puncte cu resurse limitate de proces Simularea urmărește starea curentă și viitoare a fiecărui agent ca date de intrări
Este necesar un model de optimizare pentru a programa și reprograma începutul fiecărei operațiuni majore	Scurtarea orizontului de programare la o fereastră mai fiabilă și îmbunătățirea performanțelor (de exemplu, programarea doar a ferestrei pentru care există un istoric de date)

Definirea funcțiilor specificate anterior este posibilă datorită capacității autonome a agenților individuali, așa cum este prezentată în cadrul agentului prezentat în figura 6.

Conform figurii 6, agenții individuali sunt definiți astfel încât să perceapă însușirile mediului exterior, să se adapteze la schimbări, să salveze evenimente în memoria sistemului și transmită mesaje altor agenți în mediul sistemului [WAN 08].

Într-un sistem de producție, agentului îi vor fi atribuite însușiri de diferențiere. Sistemul de agenți, în cazul în care clientul este inițiatorul proceselor este format din agenți flowshop, care fac posibilă utilizarea resurselor de producție, agenți operator, agenți mașină și agenți comandă. Toți acești agenți, împreună cu interacțiunile dintre ei, formează modelul arhitectural al sistemului AB.

Schimbul de mesaje al sistemului bazat pe agenți a fost caracterizat de Pan et al. [PAN 09], fiind implementat în cadrul lanțului de aprovizionare.

Arhitectura modelului la nivel de agenți a fost definită de Baptista et al. [BAP 14]. Cupek et al. [CUP 16] rafinează modelul și îl adaptează la un proces de producție, introducând schimbul de mesaje.

În figura 6, diagrama de secvențe de mesaje a sistemului definește comunicarea dintre cei trei agenți, inclusiv clientul, shopfloor, procese și stoc.

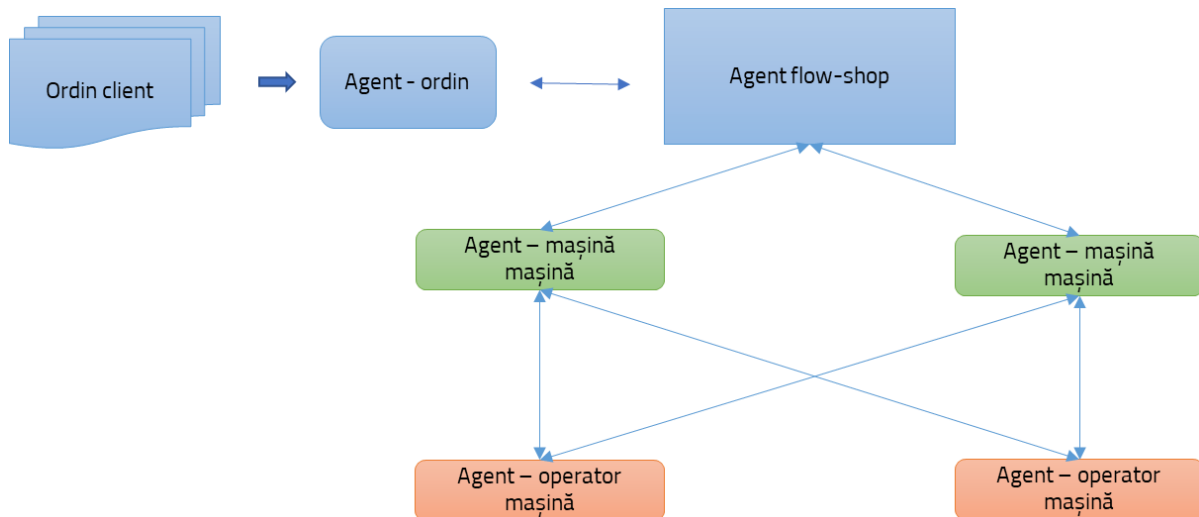


Fig. 6 Model agent

În figura anterioară este descrisă legătura dintre agenții definiți într-un sistem de producție, cu evidențierea modului de transmitere a mesajelor dintre aceștia.

Clientul trimite o cerere de comandă, care este actualizată la nivelul shopfloor. La primirea comenzii, clientului, producția planifică mașinile pe baza informațiilor colectate. La următorul pas sunt atribuiți operatorii pe posturi. După alocarea mașinii unui operator, ordinul este angajat pentru procesul de producție. Procesul de producție continuă într-o buclă de operațiuni până când toate comenzile atribuite sunt finalizate. În acest moment, informația completă privind comanda este trecută la nivel de shopfloor, urmând expedierea comenzii din inventar către client, în funcție de solicitare. Atunci când se produce o perturbare, solicitarea pentru creșterea nivelului de producție este trimis la nivelul superior.

Secvența de mesagerie bazată pe agenți imită fluxurile și ajută la obținerea celei mai bune interacțiuni dintre agenți și strategia de inventariere-reaprovizionare, reducându-se astfel opririle în producție.

Sistemul de transmitere a informațiilor sub formă de mesaje conform modelului descris face posibilă luarea deciziilor de către agenți. De aceea, sistemul de mesaje bazat pe agenți funcționează ca un factor ce influențează legătura dintre agenți și sprijină executarea algoritmului euristic [ADE 18].

Modelul procesului, definit prin flowcharts, permite reprezentarea grafică, utilizând blocurile incluse în biblioteca Process Modeling. Parcurgerea acestei etape presupune construirea unui model Agent utilizând mediul de simulare Anylogic [BOR 16, PUC 19] .

1.4. Evaluarea performanțelor sistemelor LEAN

Pentru a evalua performanțele sistemului de fabricație, plecând de la modelul de date și modelul de simulare AB în Anylogic, literatura de specialitate recomandă utilizarea a 7 indicatori, prezentați în tabelul următor [KCT 19, PAR 19a].

Indicatorii de măsurare se utilizează ori de câte ori când este necesară evaluarea performanțelor unei organizații.

Tabelul 6. Indicatori de performanță

Indicator	Simbol	Descriere
1. Overall Equipment Effectiveness	OEE	efectivitatea generală a utilizării echipamentelor
2. Productivitatea personalului	PP	raportul dintre numărului de unități de produs și numărul de ore direct productive
3. Valoarea adăugată per personalul productiv	VAPP	personalul direct productiv implicat în procesul de adăugare de valoare produsului
4. Not Right First Time	NRFT	calitatea care nu este atinsă din prima execuție
5. Delivery schedule achievement	DSA	măsoară livrarea corectă, cantitativ și la termen, a bunurilor comandate de client și promise a fi livrate
6. Indicele de utilizare a suprafeței de lucru	FSU	cifra de afaceri pe suprafața utilizată
7. Rotația stocurilor	ST	viteza de rotație a stocurilor

Din cei șapte indicatori privind QCD, VSM permite abordarea a trei dintre ei [KCT 19, PAR 19a]:

1. Productivitatea muncii PP

Productivitatea muncii – măsoară raportul dintre numărul de bucăți produse și numărul de ore direct productive utilizate pentru producerea acestor bunuri. Utilizarea acestui indicator permite controlul costurilor cu personalul direct productiv.

$$PP = \frac{Nup}{Nodp} [\text{buc./ore}] \quad (1.1)$$

în care:

- *PP- productivitatea muncii*
- *Nup- numărul de unități produse*
- *Nodp - numărul de ore direct productive*

2. Valoarea adăugată per persoană VAPP

Valoarea adăugată per persoană – măsoară diferența dintre valoarea adăugată de procesul de producție și valoarea materiilor prime utilizate în proces, raportat la numărul de angajați implicați în proces.

$$VAPP = \frac{VA_e - VA_i}{N_a} [\text{u. m./nr. angajați}] \quad (1.2)$$

în care:

- *VAPP- valoarea adăugată raportată la personalul direct productiv*
- *VA_e – valoarea de ieșire*
- *VA_i – valoare de intrare*
- *N_a - numărul de angajați,*

3. Gradul de utilizare a spațiului de producție FSU

Gradul de utilizare a spațiului de producție reflectă efectivitatea procesului și influențează costurile fixe.

$$FSU = \frac{CA}{SU_{pa}} [\text{u. m./mp}] \quad (1.3)$$

în care:

- *FSU - gradul de utilizare a spațiului de producție*

- *CA- cifra de afaceri pentru produsele analizate*
- *SU_{pa}- suprafața utilizată pentru realizarea produselor analizate*

Măsurarea condițiilor inițiale este vitală în procesul de îmbunătățire.

Poate să fie baza de referință pentru compararea cu alte afaceri sau departamente din cadrul companiei. Indicatorii de măsurare pot demonstra performanța atinsă de aplicarea măsurilor de îmbunătățire.

Capitolul 2. Modelarea și simularea fluxurilor informaționale și materiale

Pentru a crește competitivitatea unei organizații în condiții de sustenabilitate, este necesară integrarea principiilor LEAN cu alte metodologii. Material Flow Cost Accounting (MFCA), prin abordarea costurilor negative și pozitive, reprezintă una dintre variantele de integrare. Rezultatele cercetărilor pe această temă prezintă integrarea MFCA cu tehnici de îmbunătățire a productivității, respectiv TPM [NAK 08], proiectarea sistemului de inspecție a calității [CHA 13], simularea [TAK 14]. Cadru în care se utilizează integrarea MFCA cu LEAN este reprezentat de optimizarea operațiunilor și a activităților din punct de vedere al eficienței și al respectării condițiilor de mediu.

Metodologia LEAN furnizează instrumente de analiză a sistemelor ce permit aplicarea MFCA pentru îmbunătățirea productivității.

Implementarea MFCA, conform ISO 14051 (2011), este definită prin etapele generale ciclului Plan-Do-Check-Act (PDCA).

- în etapa Plan(P) este necesară furnizarea resurselor, de către echipa de management a proiectului;
- identificarea limitelor sistemului și a Centrului de cantități (QC) trebuie definite în etapa Do(D), astfel încât să poată fi cuantificate, cantitativ și monetar fluxul de intrare și ieșire de materiale;
- raportul de calcul MFCA trebuie să fie utilizat pentru a evidenția performanța curentă a sistemului în etapa Check(C);
- ISO14051 (2011) definește etapa Act (A) ca fiind etapa ce include identificarea și evaluarea posibilităților de îmbunătățire.

Complementar cu ISO14051, metodologia LEAN indică și soluții de îmbunătățire a proceselor. Introducerea, în cadrul celor cinci principii LEAN, a instrumentelor MFCA, reduce aplicarea la trei etape, descrise în figura 7.

Ca primă etapă este necesară identificarea și eliminarea activităților fără valoare adăugată și a celor șapte tipuri de risipe, examinând în detaliu fiecare proces. Pentru a determina eficiența și impactul procesului în stare actuală asupra mediului, va fi utilizată integrarea VSM cu tehnica modelului de flux de material al MFCA. Diferența dintre intrările și ieșirile pentru fiecare etapă a procesului este cuantificată și descrisă utilizând model de flux de materiale.

Cele două metodologii sunt utilizate și pentru identificarea driverelor de cost și a programelor de îmbunătățire.

Obiectivul aplicării MFCA în mediul LEAN este de a îmbunătăți sistemul de producție, cu impact și costuri reduse asupra mediului. Costurile de sistem și energie sunt direct proporționale de durata în care produsul este procesat. De asemenea, risipele generate de fiecare proces de producție indică faptul că eficiența operațiunilor trebuie crescută.

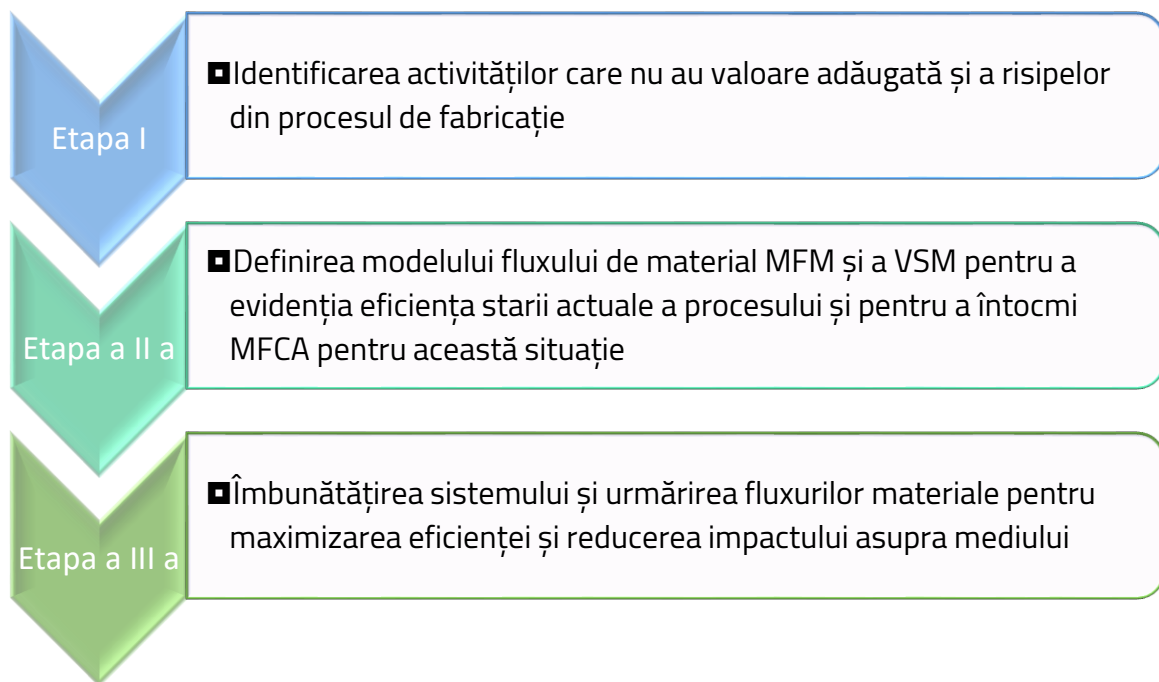


Fig. 7 Etapele integrării VSM și MFCA

Urmând etapele descrise în figura 7, se pot implementa soluții ce integrează avantajele cartografierii fluxurilor materiale și informaționale specifice VSM cu cele ale urmării costurilor, a consumului de energie și a emisiilor de carbon, specifice MFCA.

2.1. Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (VSM) este un instrument de îmbunătățire a performanțelor unei organizații care constă în vizualizarea întregului proces de producție, prin reprezentarea fluxurilor de informații și de materiale. Considerăm fluxul valorii ca pe o colecție de activități, atât a celor cu valoare adăugată cât și a celor fără valoare adăugată, care sunt necesare pentru a realiza un produs sau o familie de produse care utilizează aceleași resurse, de la materiile prime până la consumatorul final [PAR 19a].

Spre deosebire de alte tehnici de cartografiere a proceselor, VSM realizează și harta fluxului de informație din sistem, luând în considerare locul în care se găsesc stocurile și urmărind mișcarea materialelor între procese.

VSM, ca instrument vizual, se dovedește eficace în îmbunătățirea continuă a proceselor. Plecând de la abordarea clasică, în patru pași, numeroși autori au propus integrarea cu alte instrumente, care să crească eficiența VSM.

D. Yin et al. [YIN 16], într-un studiu comparativ al diverselor metode de modelare, evidențiază superioritatea VSM în raport cu Flowchart, Role behavior, diagrama IDEF0 și rețelele Petri, din punct de vedere al gradului de formalizare, complexității, abilităților de modelare și posibilităților de exindere a modelului.

Conform autorului Meudt [MEU 17], Value Stream Mapping este una din cele mai eficiente metodologii pentru cartografierea și analiza proceselor.

Andreadis et al. [AND 17], analizând căile pentru creșterea competitivității organizației, descriu metodologia VSM, subliniind importanța implementării și managementului value chain.

VSM prezintă sub formă grafică toate activitățile impuse de realizarea produsului sau serviciului cerut de client, pentru care sunt vizualizate fluxul materialelor și al informațiilor în zona analizată. În acest mod, se pot identifica pierderile în fluxul valorii și se caută soluții de reducere sau eliminare a acestora.

VSM este un instrument de bază în conceptul LEAN production, focusat pe analiza risipelor într-o companie. Acesta asigură vizibilitatea (prin utilizarea simbolurilor standardizate) și cuantifică risipele (examinând eficiența proceselor). Este o combinație între modelul proceselor și al capacităților, între modelul stocurilor și al fluxurilor. VSM este realizat pe principiul cartografierii fluxurilor fizice în sistemele reale de fabricație, respective Gemba walk. Când este realizată cartografierea curentă, este necesar să fie selectată familia de produse, să se colecteze datele relevante, să se reprezinte fluxul informațional și să se distribuie pe axa timpului. Astfel se poate ajunge la analiza stării actuale a procesului, creându-se astfel permisele proiectării stării viitoare a acestuia.

Cercetătorii, dar și practicienii, în urma unor analize critice, au căutat metode de îmbunătățire a VSM, prin integrarea, în diverse etape de construire a lanțului valorii, a altor instrumente.

Braglia et al. [BAR 06] prezintă VSM ca pe un instrument pentru sistemele liniare. În cazul sistemelor complexe, este nevoie de îmbunătățirea abordării prin conectarea cu alte instrumente. Un model de îmbunătățire a procesului value mapping, prin înglobarea cerințelor stakeholder's pentru dezvoltarea afacerilor sustenabile este propus de Geissdoerfer et al. [GEI 16].

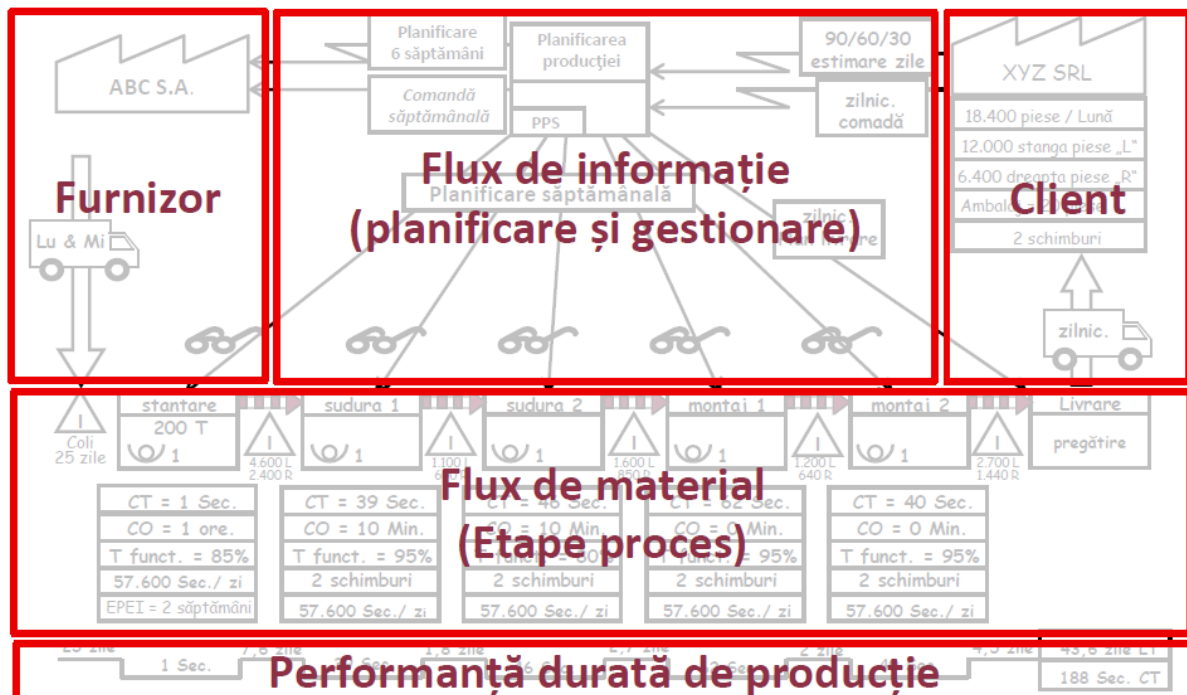


Fig. 8 Fluxuri descrise în VSM

Informațiile prezentate anterior permit exprimarea următoarelor concluzii:

- trasarea hărții fluxului de valoare înseamnă reprezentarea grafică a fluxurilor de materiale, oameni și informații care sunt implicate la realizarea unei familii de produse;
- analiza fluxului de valori și realizarea diagramei conduc la obținerea unei imagini de ansamblu asupra proceselor, la toate nivelele, de la materie primă până la livrarea la client;
- obiectivul este descrierea tuturor etapelor procesului și identificarea celor care nu aduc valoare, în vederea eliminării acestora;
- VSM are ca rezultat și înțelegerea mai bună a procesului, în ansamblu;
- deși trasarea fluxului de valori este deseori asociată cu producția, metodologia este utilizată și în logistică, în lanțul de aprovizionare, în industriile conexe, în servicii de sănătate, în

dezvoltarea de software, în procesele administrative și de birou, ca un eficient instrument de îmbunătățire a proceselor prin identificarea risipei.

Tabelul de mai jos prezintă o sinteză a cercetărilor din domeniul VSM [PAR 19] :

Tabelul 7. Abordări actuale ale VSM

Sursa	Direcția de cercetare relativă la VSM	Concluzii	Limitări identificate
Adedirana, Al-Bazi, Santos (2019)	Modelarea ABM	Implementarea modelului bazat pe agenși pentru un sistem de producție	
Meudt, Metternich, and Abele (2017)	Integrarea conceptului VSM în contextul Industry 4.0 (VSM4.0)	VSM este unul din puținele instrumente ce permit abordarea holistică a producției	Calculul KPI privind digitalizarea informațiilor
Andreadis, Garza-Reyes, and Kumar (2017)	Factori implicați în implementarea VSM	Studiul prezintă factorii de succes ai implementării VSM	Implementare VSM
Carmignani (2017)	Utilizarea VSM în Supply Scrap Management	Modelul S-VSM extinde utilizarea VSM și în zona serviciilor	
Stadnicka and Ratnayake (2017)	Utilizarea VSM în domeniul telecomunicațiilor	Metodologia dezvoltată propune extinderea utilizării VSM în servicii	
Seth (2017)	Aplicare VSM în domeniul produselor complexe și HCLV	VSM este îmbunătățită cu Taguchi	

Shou et al. (2017)	Abordare cross-sectorială a VSM	Implementarea VSM în sectorul de producție este mult mai utilizată decât în alte sectoare; VSM este văzut ca un instrument vizual de îmbunătățire a proceselor, în special prin reducerea timpilor de proces și a risipelor	VSM poate fi extinsă ca o filosofie de îmbunătățire; această abordare presupune necesitatea unor cercetări viitoare pentru dezvoltarea de noi strategii strategii
Cherrafi et al. (2016)	LEAN manufacturing, Six Sigma, Sustainabilitate	Lucrarea prezintă un model de integrare a LEAN, Six Sigma și sustinabilitate	
Toivonen and Siitonen (2016)	Prezintă un model VSM cu TRIZ	Model pentru sisteme complexe	
Flatscher and Riel (2016)	Autorii dezvoltă procesul de proiectare pentru planificarea strategică a producției, în contextul Industry 4.0	Un system coerent de KPI este necesar pentru managementul procesului și îmbunătățirea lui continuă.	Nu există un system coerent de KPI, care să măsoare atât eficiența , cât și eficacitatea procesului.
Schönemann M, Schmidt C., Herrmann C., Thiede S. (2016)	Modelare și simulare multilevel	La nivelul meso al propunerii de modelare și simulare multilevel este necesară reprezentarea value stream între modelul	Simularea cu Anylogic permite calculul KPI pentru Lead time pentru 100 bucăți, necesarul de energie și

		lanțului de producție și modelul produsului	încărcare pe proces
--	--	--	------------------------

Indiferent de abordare, patru elemente sunt comune:

- capacitatea fluxului de valori: fluxul de valori target trebuie să fie capabil să răspundă cerințelor clienților privind tact time, mixul de produse și termenul de livrare dorit;
- legarea procesului: definirea nivelului țintă al fluxul de materiale în producție și furnizare pentru conectare diferite procese;
- unități de control și transfer de producție: definirea procesului de pacemaker și a unui sistem consistent de producție și transfer;
- design de transport: definiția și cuantificarea fluxurilor materiale. Această dimensiune este limitată la definirea circuitelor Kanban și a liniilor FIFO.

Abordarea actuală, bazată pe 4 pași, a fost propusă de Rother et al. [ROT 99] și Tapping et al. [TAP 03]. Etapele VSM, descrise în lucrările prezentate în paragraful precedent, sunt:

- alegerea familiei de produse;
- reprezentarea VSM actual;
- realizarea VSM – target;
- stabilirea planului de masuri.

2.1.1 VSM 4.0

În mod tradițional, procesul de producție este reprezentat prin cartografierea manuală a fluxului de valoare, folosind simboluri care prezintă fluxul de materiale, fluxul de informații, nivelul stocurilor, valoare adăugată și non-valoarea. Pentru analiza procesului se pleacă de la cererea clientului, urmând evaluarea stocurilor și calculul cycle-time. Revizuirea și îmbunătățirea procesului vor deriva din cartografierea fluxului actual de valoare. Trasarea fluxului valorii este standardizată, metoda fiind bazată pe simboluri general acceptate.







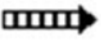





Controlul producției	Client	Furnizor	Proces	Proces ramificat
 Multiple Process	 Assembly Process	 Inventory	 Supermarket	 Transport
Procese multiple	Proces de asamblare	Stocuri	Supermarket	Transport intern
 External Transport	 Remark	 EPEI	 Stock Plotter	 Kanban
Transport extern	Observații	Every Part Every Interval	Indicatorul nivelului de stoc	Etichete Kanban

Fig. 9 Simbolurile utilizate în documentația Siemens PLM

Platforma pune la dispoziția utilizatorului componente software care permit planificarea întregii producții, vizualizarea și simularea proceselor pe liniile de producție, în depozite și ateliere.

Sistemul permite extinderea analizei fluxului de valori statice, astfel încât timpul poate fi inclus ca factor critic pentru disponibilitatea stocurilor. Ca informații rezultante, sistemul descrie fluctuațiile dinamice din producția zilnică în funcție de dimensiunile lotului, de procedurile de configurare și de diversitatea produselor.

VSM contribuie la transparența fluxului de material și a fluxului de informații în cadrul lanțului de creare a valorii prin identificarea risipelor. Ulterior, prin VSD – Value Stream Design, este evidențiată o îmbunătățire a procesului. Această optimizare vizează reducerea timpilor și facilitează fluxul în sistemul de producție [BAR 06].

Industry 4.0 creează un mediu de producție interconectat, unde datele pot fi transmise în timp real. În timp ce aplicația Auto-ID permite localizarea instantanee a obiectelor, volumele mari de date facilitează consolidarea informațiilor. KPI simpli pot fi integrați, generându-se astfel indicatori cheie de performanță consolidați [KCT 19]. Prin implementarea HCI, stakeholder-ii vor recepționa de la distanță informații referitoare la declanșarea acțiunilor și a proceselor de control. Prin urmare, VSM 4.0 este un

instrument destinat proceselor zilnice de management. Stările țintă sunt generate automat și validate înainte de implementare [MEU 18]. Această abordare susține procesul de îmbunătățire continuă.

Principalul beneficiu al VSM 4.0 este transparența procesului actual și a procesului îmbunătățit, prin afișarea fluxurilor de valori în timp real. Această abordare facilitează identificarea risipelor din cadrul proceselor de producție și conduce la facilitarea implementării LEAN. În plus, efortul de a crea VSM este redus, iar deciziile se bazează pe date în timp real.

Corelarea valorii așteptate cu valoarea adăugată se realizează prin intermediul indicatorului ce exprimă rata valorii, VR [MEU 18]. Valoarea produsului sau serviciului este măsurată atât prin capacitatea sa de a răspunde cerințelor clientului (utilitatea u), cât și prin abilitatea de a atrage potențiali clienți (e).

VR se calculează atât în funcție de costul c , dacă se raportează la producător (VR_{Prod}), cât și de prețul p , dacă se raportează la opinia consumatorului (VR_{Cust}).

$$VR_{Prod} = \frac{u+e}{c} \quad (2.1)$$

$$VR_{Cust} = \frac{u+e}{p} \quad (2.2)$$

Având în vedere cele prezentate, se pot sintetiza următoarele concluzii:

- a) aplicarea VSM este studiată atât pentru, cât și pentru alte sectorul de producție, ca servicii (e.g. Barber et al. [BAR 15]), sănătate (Teichgräber [TEI 12]), logistică și transport (Garza-Reyes [GAR 16]; Villarreal et al. [VIL 16]);
- b) abordarea VSM în contextul Industrie 4.0 presupune, pe lângă dezvoltarea instrumentelor software specifice, și o 'rafinare a datelor necesare';
- c) fluxurile reprezentate într-un VSM sunt : fluxul material și fluxul informațional, din punct de vedere static;
- d) VSM poate fi un instrument preluat de la abordarea LEAN clasic la abordarea LEAN digitală și la abordarea LEAN 4.0, realizând atât mapare cât și analiză, identificând punctele de îmbunătățire;
- e) raportat la perioada actuală, se remarcă creșterea interesului față de VSM. Cercetările recente, precum și propunerile pentru direcții viitoare, susțin aplicarea VSM, prin combinarea cu alte instrumente, în managementul LEAN;

- f) simularea reprezintă un instrument complementar, permițând atât vizualizarea evoluției în timp a proceselor reprezentate cu ajutorul VSM, cât și optimizarea poziționării stațiilor de lucru;
- g) utilizarea simulării dinamice în cartografierea proceselor contribuie la creșterea vitezei de reacție a sistemului la variația de cerere a clientului.

2.1.2 Modelarea bazată pe agenți a VSM

Pentru implementarea simulării este necesară modelarea entităților din lumea reală. Mediile de simulare oferă trei metode de modelare [PUC 19]:

- sisteme dinamice;
- evenimente discrete;
- modelare bazată pe agenți.

Fiecare metodă oferă o gamă specifică de niveluri de abstractizare. Sistemele dinamice sunt utilizate atunci când este necesară modelarea strategică, deci un grad de abstractizare ridicat. Modelarea cu evenimente discrete este utilizată atunci când gradul de abstractizare este redus. La nivel intermediar sunt modelele bazate pe agenți, care pot furniza de la modele foarte detaliate unde agenții reprezintă obiecte fizice, până la modele abstracte, în care agenții reprezintă companii.

Sistemele multi-agent (MAS) reprezintă o abordare descentralizată bottom-up a modelării sistemelor din lumea reală, care permit reprezentarea interacțiunilor agenților autonomi și o evaluare a impactului asupra întregului sistem [GIL 08].

Această paradigmă de modelare emergentă are un potențial puternic pentru susținerea proceselor de luare a deciziilor [LAT 10] și permite cercetătorilor să descopere soluții strategice pentru probleme care nu ar putea fi rezolvate utilizând alte metodologii [NOR 07].

Nodurile agent reprezintă elementele procesului de producție și sunt capabile să efectueze diferite activități. Fiecare nod este modelat sub forma unui pătrat, în care este plasat agentul.

Evenimentele atașate agenților definesc ceea ce se întâmplă în fiecare moment. Acești agenți declanșează astfel acțiunea.

Pentru realizarea modelului VSM ce va fi disponibil pentru simulare, vor fi urmați pașii definiți în subcapitolul anterior, astfel:

- a) VSM actual se realizează plecând de la cerințele clientului și se dezvoltă urmând procesul de producție. Principalele fluxuri sunt fluxurile informaționale și cele de materiale. Diagrama fluxului va identifica parametrii ce caracterizează procesul de producție.

Date de intrare : - pentru analiza stării actuale

- alegerea produsului cu cel mai mare volum de fabricație;
- calculare takt time client;
- identificarea operațiilor necesare realizării produsului;
- măsurare cycle time;
- identificare poziționare operatori;
- inventarierea stocurilor inter-operații;
- calculul duratei procesului de asamblare;
- calculul Lead time proces;
- calcularea gradului de incarcare a operatorilor si a numărului de operatori necesari;
- planul general al liniei de fabricație.

b) Target VSM reprezintă linia de fabricație ideală și procesul previzionat. Target VSM conține:

- propunere de poziționarea operatorilor pentru atingerea targetului;
- reducerea stocurilor interoperații;
- calculul duratei procesului de asamblare;
- calculul Lead time proces;
- determinarea gradului de incarcare a operatorilor s a numarului de operatori necesari pentru atingerea targetului;
- planul general al liniei de fabricație;
- cartografierea hărții fluxului de valoare.

Plecând de la concluziile prezentate la finalul subcapitolului anterior, autoarea propune introducerea unor pași suplimentari, ([PRV 18a, PRV 19a]) pentru studiul comportamentului dinamic al sistemelor, respectiv simularea VSM.

Mediul AnyLogic este utilizat pentru simularea procesului inițial, prin introducerea timpilor din această fază și simularea procesului target, deduși din target-VSM.

2.1.3 Simularea VSM

Pentru îmbunătățirea VSM prin introducerea simulării ABC în mediul Anylogic, autoarea propune un model cu șase etape, conform figurii 10.

Simularea fluxului de produse este reprezentată grafic prin intermediul stațiilor de lucru.

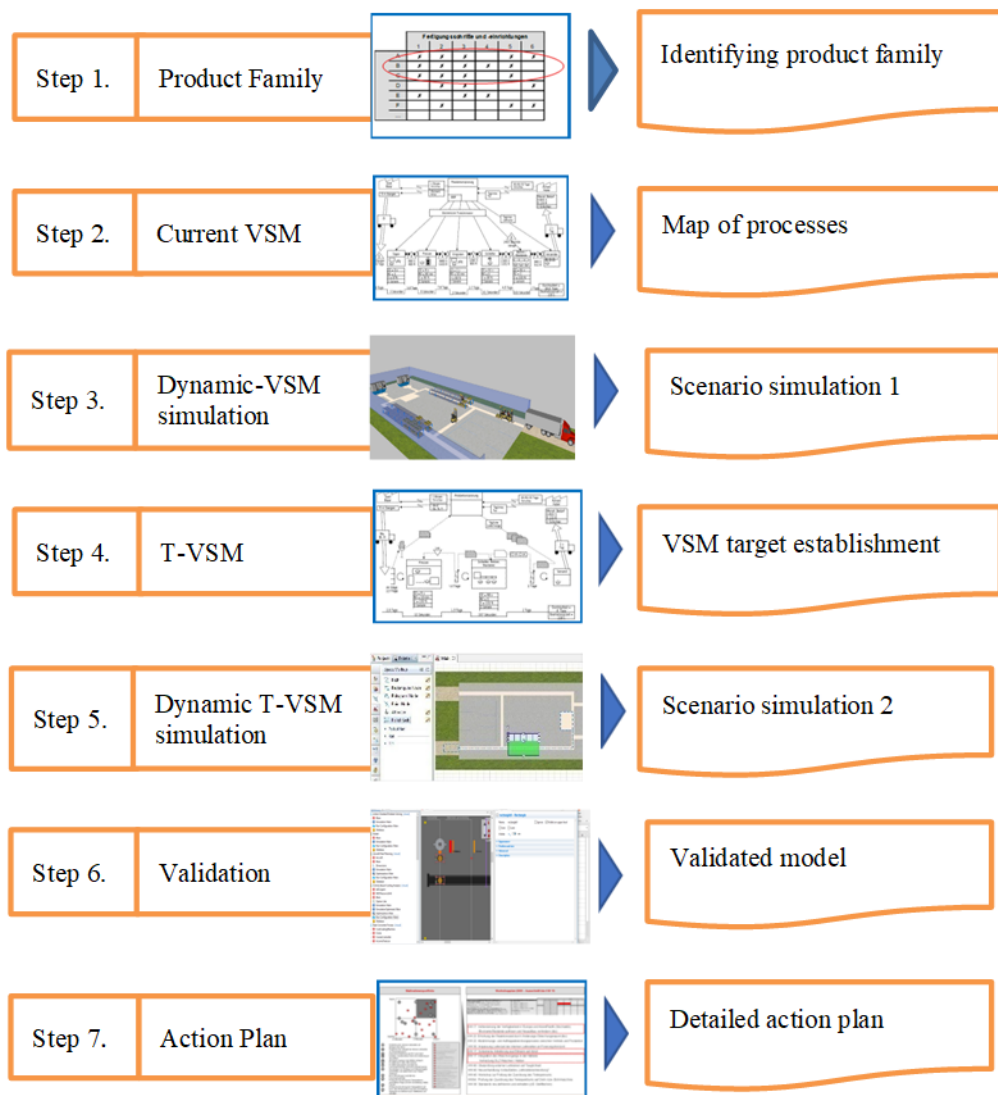


Fig. 10 E-VSM

Elementul de start pentru simulare îl reprezintă proiectarea agentului și asocierea metodelor pe care le va suporta. Principalele caracteristici ale agentului sunt prezentate în figura 11. În proiectare sunt utilizate atât bibliotecile puse la dispoziție de Anylogic, pentru metodele predefinite, cât și facilitățile de programare Java, pentru setarea parametrilor temporali ce vor face obiectul simulărilor necesare pentru evaluarea stărilor actuale și viitoare ale sistemului.

Pentru a permite ocuparea și eliberarea fiecărei stații de lucru pentru procesare, cu avantajul suplimentar că încărcarea totală a unei stații de lucru poate fi reprezentată direct lângă WS, sunt utilizate grupurile de resurse care conțin doar un obiect.

Variabilele și zonele view din structura finală a proiectului sunt prezentate în figurile următoare. Pentru analiza datelor sunt definite 15 grafice (AnyLogic time plots).

Pentru că datele de intrare sunt reprezentate de cycle time, măsurat ca diferență între momentul în care semifabricatul părăsește postul de lucru curent și cel anterior, modelul nu necesită alte tipuri de agent, decât agentul principal și agentul stație de lucru WS.

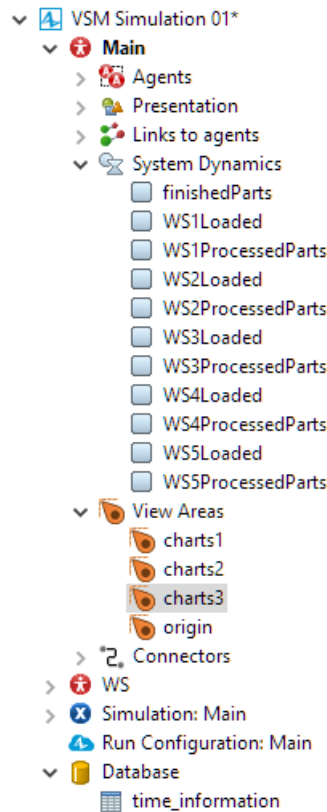


Fig. 11 View ce conține proiectul AnyLogic

Deoarece sarcinile sunt restrânse la 75% din timpul total de lucru, luând în considerare doar șase ore din opt, procesul folosește sarcini maxime.

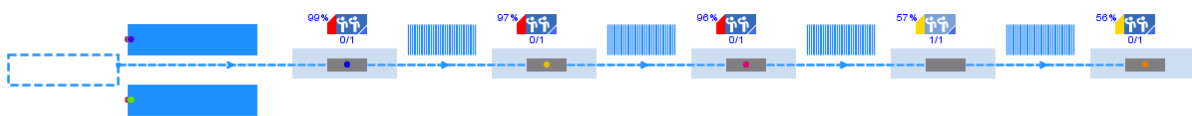


Fig. 12 Model grafic

În vederea construirii unui model AB simplu și flexibil, pentru fiecare stație de lucru a fost utilizată logica prezentată în figura 12, care întârzie angajarea.

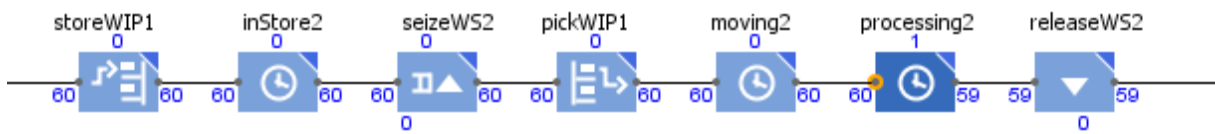


Fig. 13 Model logic pentru părțile de stocare, mutare și procesare (repetate pentru fiecare stație de lucru)

Astfel, fluxul material constă în așezarea semifabricatului în raft, eliberarea stației de lucru, preluarea produsului din raft și mutarea acestuia (blocul de întârziere este corelat cu timpul de mișcare), prelucrarea lui și eliberarea postului de lucru la final.

Datele de intrare externe sunt reprezentate de timpul de ciclu pentru fiecare operație. Deoarece proiectul trebuie să fie pregătit pentru a face față schimbărilor frecvente de date, aceste date au fost salvate în fișierele Excel și apoi importate în baza de date a proiectelor. Acest lucru a permis accesarea facilă a noi seturi de date și simulări cu noile valori. Un tabel de baze de date cu două valori ale cycle time este prezentat în figura 13.

Se poate observa că durata efectivă a cycle time a fost divizată în două (un interval de patru secunde pentru mutarea produsului și restul duratelor ciclului pentru prelucrarea produsului la stațiile de lucru). Această abordare a fost impusă de necesitatea procesării individuale a reperelor.

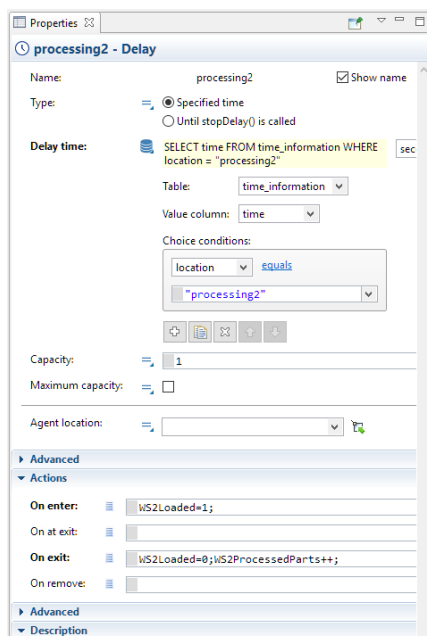


Fig. 14 Proiectul AnyLogic

	location	time	odt
1	inStore1	0	0
2	moving1	4	4
3	processing1	55.1	31
4	inStore2	0	0
5	moving2	4	4
6	processing2	55	35.2
7	inStore3	0	0
8	moving3	4	4
9	processing3	54.9	33.5
10	inStore4	0	0
11	moving4	4	4
12	processing4	31.3	35.2
13	inStore5	0	0
14	moving5	4	4
15	processing5	31.2	35.1
*			

Cycle time – înregistrare în Excel

Figura 14 reprezintă modul în care un obiect de tip delay este conectat la informațiile conținute în baza de date a proiectului. Pentru modificarea valorilor variabilelor și utilizarea valorilor actualizate în vederea reprezentării grafice, agenții sunt definiți cu acțiuni specifice.

2.1.4 Aplicații în industria automotive

Dezvoltarea modelului propus se va realiza pe un produs de complexitate medie, respectiv amortizor bitubular.

Reperele pot fi realizate în 8 variante constructive.

Componentele unui reper sunt:

- componente principale;
- componente de conexiune;
- elemente de ajustare.

Elementele componente ale amortizorului: două tuburi poziționate concentric, ulei, tija pistonului, pachetul de etanșare și de ghidare a tije de piston, pachetul piston, ventil inferior, știft de ventil pentru funcția de ajustare.

Elemente de conexiune: ureche de conexiune pe partea superioară înșurubată în tija de piston și ureche incorporată în tubul de aluminiu pe partea inferioară cu câte o bucășă cu suprafața sferică.

Elementele de ajustare: levier de ajustare, culisa cu ghidaj culisant, două arcuri de revenire și adaptorul cablului de ajustare.

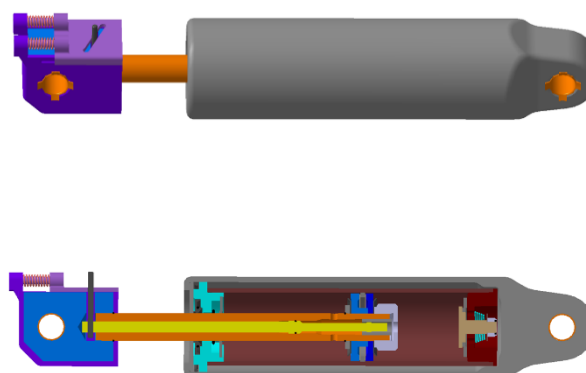


Fig. 15 Produsul ce va fi analizat

Situația actuală :

- cerere 367 piese pe zi; probleme la gestiune stocurilor, execuția unor operații în paralel, utilizarea ineficientă a forței de muncă;
- cerere previzionată: 550 piese pe zi.

Pasul 1. Analiza fluxului de valoare pe linia de fabricație – trasarea VSM actual

În continuare vor fi prezentate tabelar datele înregistrate de pe linia de producție :

Determinare Takt time client

Vor fi evaluate doua scenarii, unul prevăzut pentru 367 piese, celălalt pentru 550 piese.

Tabelul 8. Familia de produse analizată

26.04.2018 (06:30) - 24.05.2018 (14:30)					20 [zile]
			Nr. piese ok	Scrap	Total
Reper ajustabil	98.92%		7246	7	7253 [buc]
Reper blocabil	1.08%		76	3	79 [buc]
Reper neajustabil	0.00%		0	0	0 [buc]
	100 %		7322	10	7332 [buc]
367	buc/zi	8 ore - 100%		grad incarcare 6 ore - 75%	
Takt client target =	78.6	[secunde/piesa]	58.9	[secunde/piesa]	

Calcul Cycle time

Cycle time reprezintă frecvența cu care linia de producție trebuie să realizeze un produs, pentru a satisface cererea clientului.

$$Ct < Tt \quad (2.3)$$

în care:

C_t – cycle time

T_t – takt time

Timpul de ciclu a fost măsurat cu un cronometru pentru fiecare operație cu câte un operator pe un lot de 40 de bucăți.

Linia de fabricație a reperi bitubular este o linie manuală. Pentru îndeplinirea cerințelor clientului având în vedere tipul liniei, timpul de ciclu trebuie să fie 75% din taktul clientului, respectiv 58,9 secunde.

Tabelul 9. Lista stațiilor de lucru

Stație de lucru	Descriere
1	O1. Verificare tija piston
2	O2.1. Premontaj componente - ZUVE 032725
2	O2.2. Premontaj componente - ZUKO 203174
2	O2.3. Premontaj componente - ZUBV 021267
3	O3. Montaj tija piston - ureche de conexiune
4	O4. Montaj tija - piston
5	O5. Montaj ansamblu de baza
6	O6. Bordurare
7	O7. Montaj levier de ajustare - verificare forte
8	O8. Montaj final - impachetare

Având în vedere situația reală de pe linia de asamblare, poziționarea și împărțirea celor 7 operatori pe cele 10 operații este următoarea:

Tabelul 10. Identificare poziționare operatori

Stația de lucru	Operator nr.	Necesar operatori
W1	1	1
W2	2	0,17
W2	2	0,22
W2	2	0,63
W3	3	1,00
W4	4	1,00
W5	5	0,18
W6	5	0,44
W7	5	0,38

W8	6	0,73
W9	6	0.28
W10	7	1

Tabelul 11. Parametrii procesului

	1	2			3	4	5	6	7	8	
	01	02			03	04	05	06	07	08	
operator	1	1			1	1.3	0.3	0.3	1	1	
CT - Cycle time remasurat 1 operator pe fiecare operatie secunde/piesa	19.7	6.8	8.9	25.5	42.6	70.0	25.5	22.5	25.5	49.5	296.5
Cycle time secunde/piesa	19.7	6.8	8.9	25.5	42.6	52.5	76.5	67.5	25.5	49.5	375.0
LT - Lead time											
Takt time client secunde/piesa	78.6										
Target takt time client secunde/piesa	52.4										

Identificarea și inventarierea stocurilor inter-operații

Pentru rezolvarea acestei sarcini, echipa de implementare a proiectului va face evaluare în Gemba.

Calculul duratei procesului de asamblare

Durata procesului de asamblare este suma timpilor de ciclu de la fiecare operație, timpul de la începerea verificării tijei de piston până când amortizorul este împachetat dacă numărul de lot la fiecare operație este egal cu 1.

În cazul posturilor de lucru paralele se va lua în considerare timpul de ciclu cel mai mare.

$$D_{pp} = \sum CT_i [\text{secunde}] \quad (2.4)$$

în care:

D_{pp} – durata procesului de producție

CT_i - cycle time pentru procesul i

Pentru cazul considerat cycle time are valoarea de 330,7 secunde.

Măsurătorile realizate pe linia de producție generează informații atât despre cycle time pentru fiecare operație, cât și despre gradul de încărcare și poziționarea operatorilor.

Target actual : 367 buc/zi

Tabelul 12. Timpul de ciclu pe stație de lucru

Work Center	Cycle time [s]	Nr. bucăți [produse/zi]	Grad de incarcare operatori [%]	nr de operatori actual/schimb	Cerere [buc/săptămână]	Cerere [buc/zi]
1	19.7	367	25.1	1.00	2750	550
2	6.8	367	8.7	0.33	2750	550
2	8.9	367	11.3	0.33	2750	550
2	25.5	367	32.5	0.33	2750	550
3	42.6	367	54.3	1.00	2750	550
4	70	367	89.2	1.33	2750	550
5	25.5	367	32.5	0.33	2750	550
6	22.5	367	28.7	0.33	2750	550
7	25.5	367	32.5	1.00	2750	550
8	45	367	57.3	1.00	2750	550
	292			7.00	60000	12000

Reprezentarea VSM pentru care se va face analiza este reprezentată în figura anterioară. Este descrisă o linie de producție cu zece posturi de lucru, o linie de asamblare manuală.

Pentru a se respecta acuratețea informațiilor, prima variantă VSM va fi realizată manual.

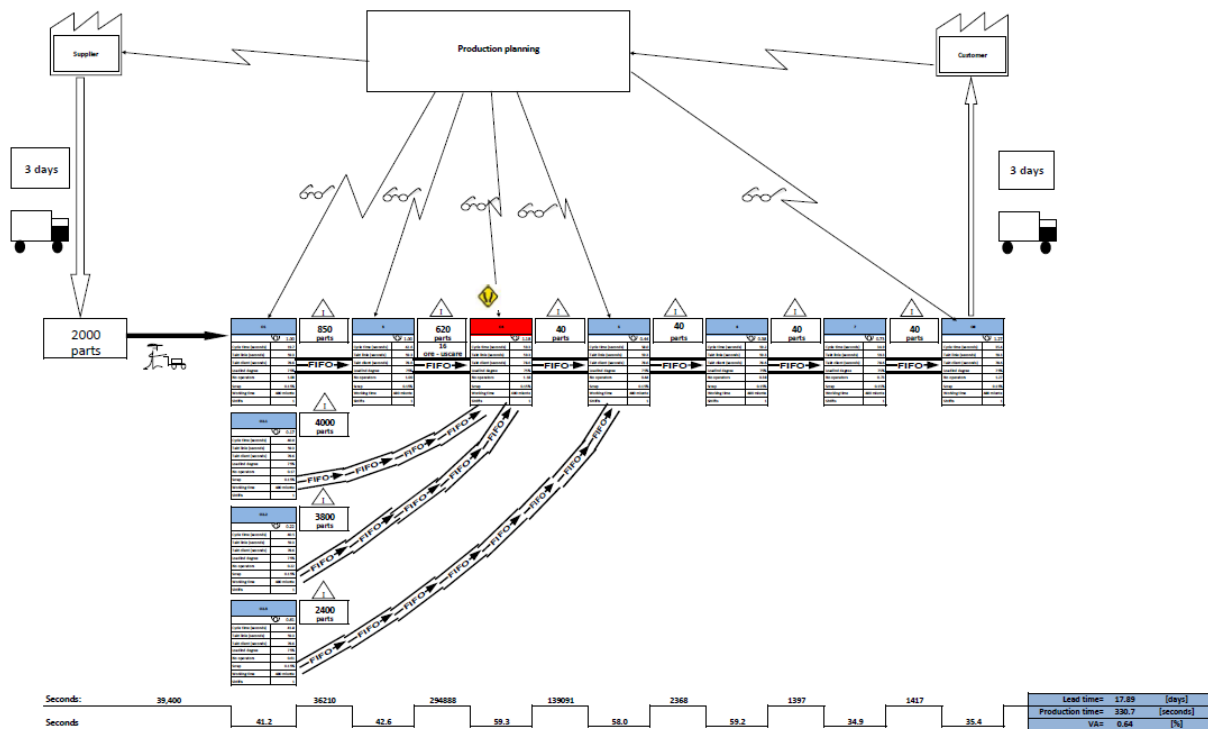


Fig. 16 VSM - A

Se vor analiza pașii, pentru identificarea activitatilor non-valoare.

Pasul 2. Simularea VSM actual

După colectarea datelor actuale, pentru identificare problemelor ce există în procesul de producție și crearea cadrului pentru definirea unor soluții de îmbunătățire, este necesar să se ruleze simularea, conform modelului propus. Anylogic permite crearea modelelor de simulare, definirea experimentelor și determinarea valorilor rezultatelor.

Un atribut esențial este al mediului este reprezentat de analiza deciziilor de management și utilizarea KPIs pentru măsurarea performanțelor operaționale, legate de clienți și a celor financiare.

Conform VSM realizat se va realiza modelul VSM-A.

Același model va fi utilizat și în varianta target, prin schimbarea datelor de intrare. În acest mod resursele disponibile pot fi utilizate în mod eficient.

Datele existente în tabel vor fi introduse în modelul de simulare Agent-based. Primul set de grafice analizează procesul de fabricație existent.

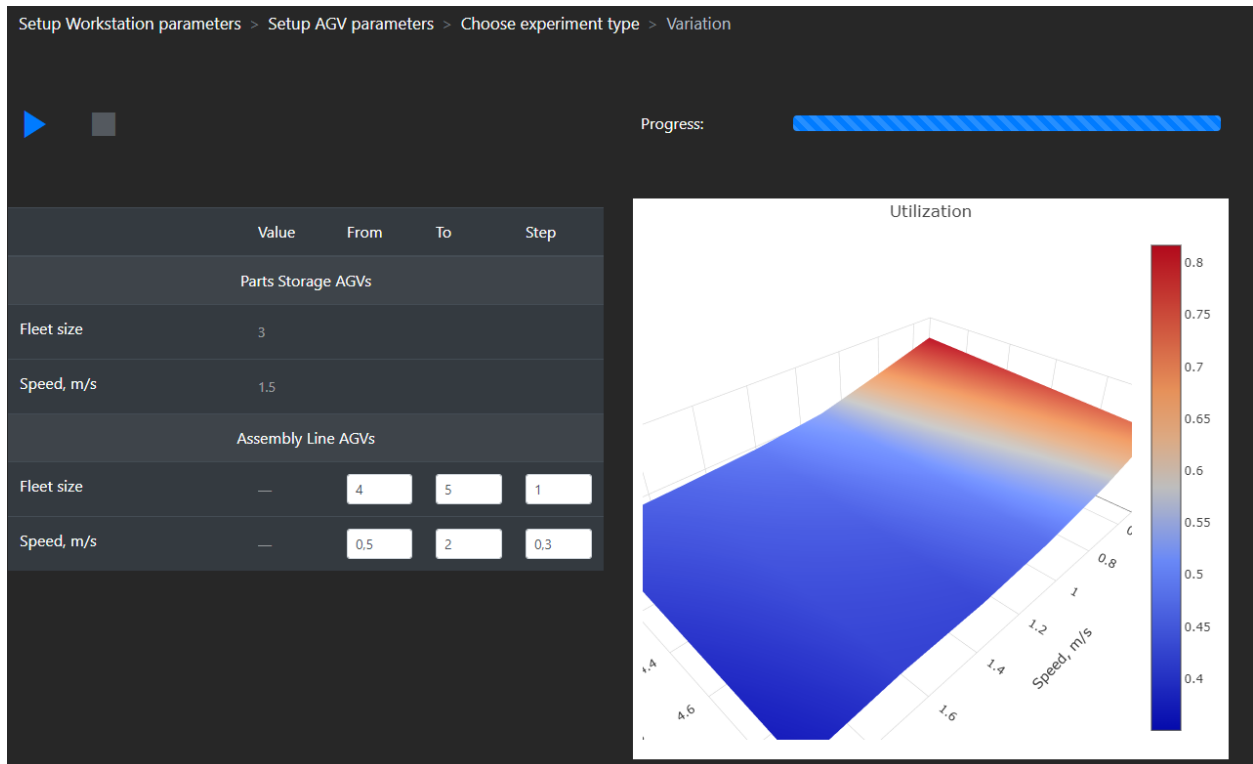


Fig. 17 Setarea parametrilor de simulare

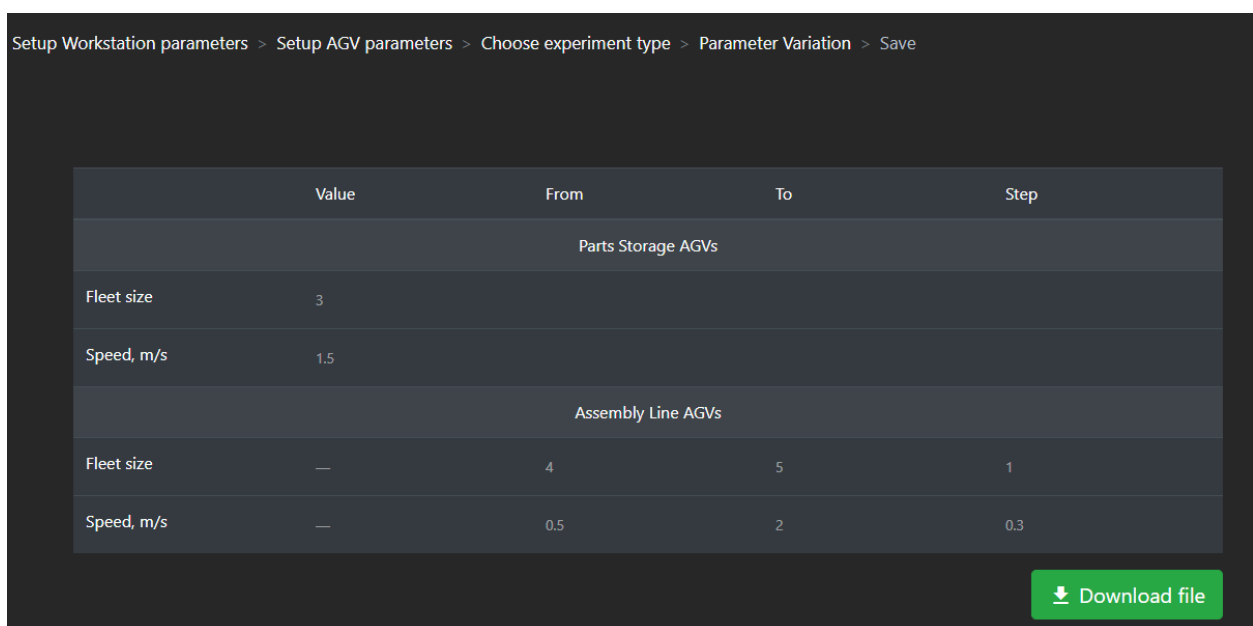


Fig. 18 Rezultatul simulării

Figurile 20-24 prezintă încărcarea în timp real pentru cele cinci stații de lucru, în ultimele zece minute ale primei ore. Se observă o diferență importantă între cycle time între primele trei stații de lucru și ultimele două.

Reprezentarea pentru următoarele cinci grafice conțin gradul de încărcare – pe axa verticală și timpul în secunde, pe axa x.

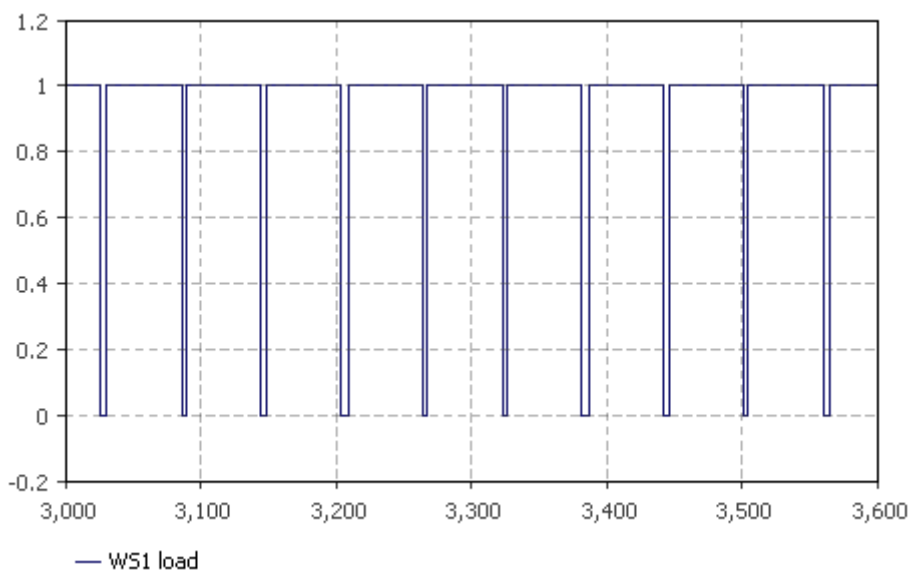


Fig. 19 Încărcarea WS1

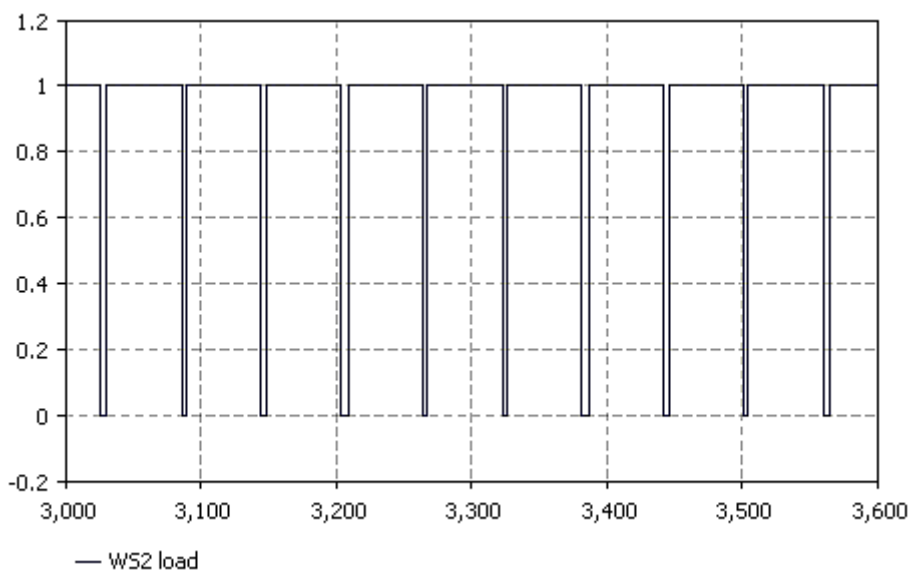


Fig. 20 Încărcarea WS 2

În același mod, modelul de simulare permite reprezentarea grafică a gradului de încărcare pentru fiecare dintre stații.

Comportamentul în dinamică reflectă gâtuirile ce pot exista în lipsa nivelării gradului de încărcare a stațiilor de lucru. Gradul de încărcare este reprezentat pe o scară 0-1, fiind posibilă selectarea intervalului temporal pentru care echipa de proiect consideră necesară vizualizarea acestui parametru al sistemului de fabricație.

Stațiile de lucru pentru care se face analiza sunt stații pentru asamblare manuală.

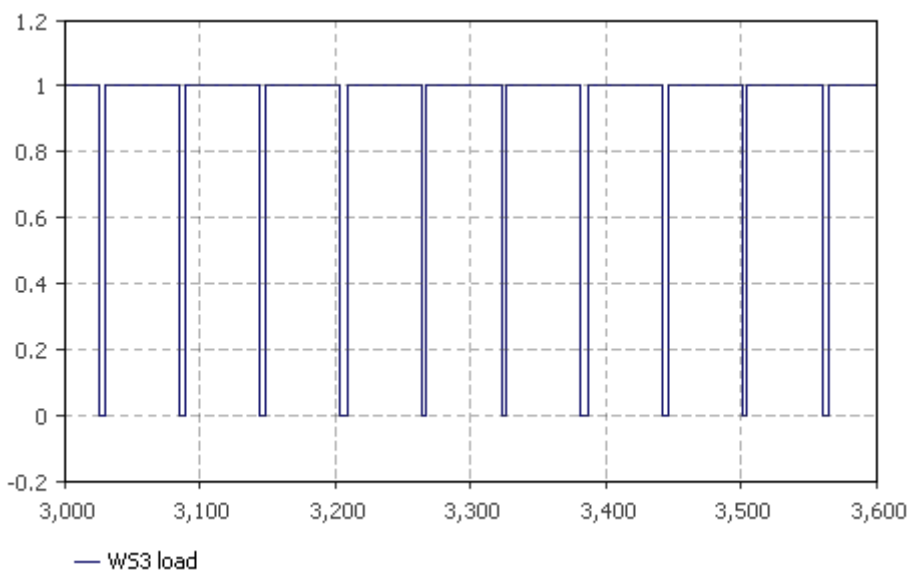


Fig. 21 Încărcarea WS3

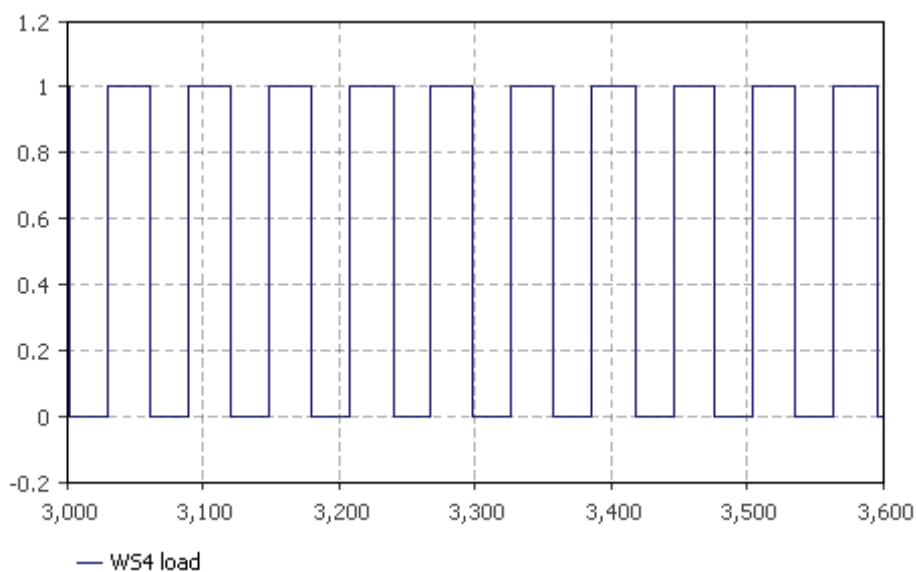


Fig. 22 Încărcarea WS4

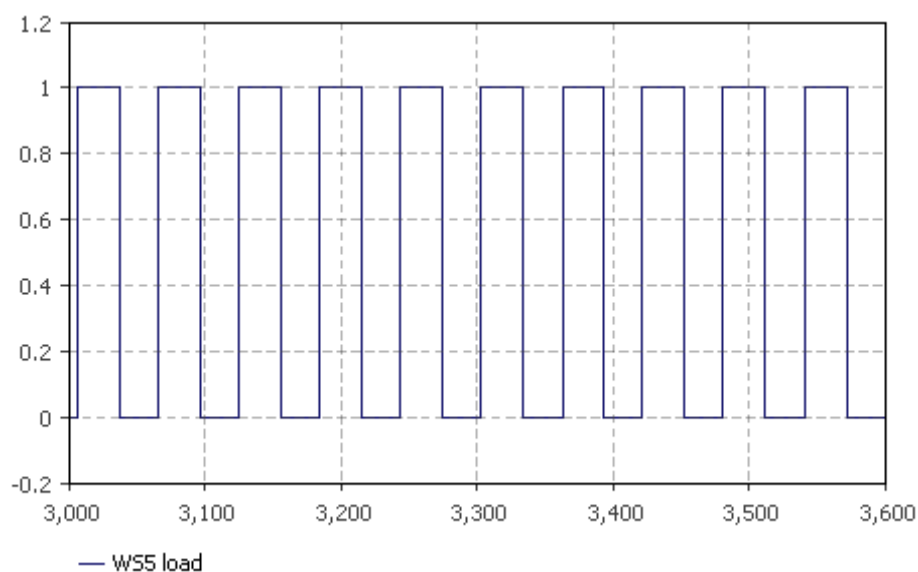


Fig. 23 Încărcarea WS 5

Figura 25 prezintă gradul de încărcare pentru toate stațiile, incluse într-un singur grafic.

Din punct de vedere al timpului la care se raportează simularea, este vizată prima oră de lucru (secundele 0-3600).

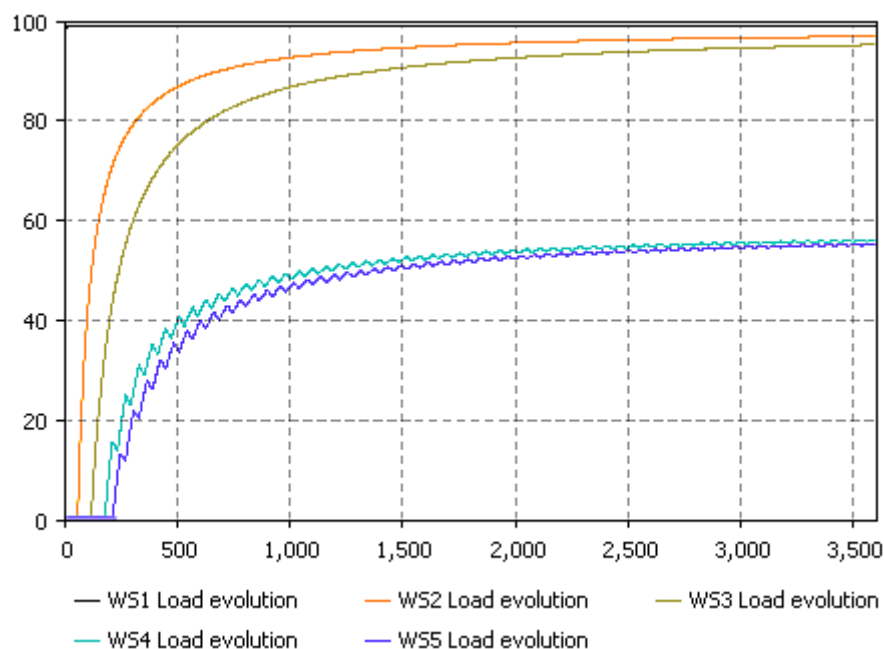


Fig. 24 Gradul de încărcare al tuturor stațiilor de lucru

Un alt indicator simulat este reprezentat de evoluția numărului de părți procesate, atât pentru toate stațiile de lucru, cât și pentru fiecare stație.

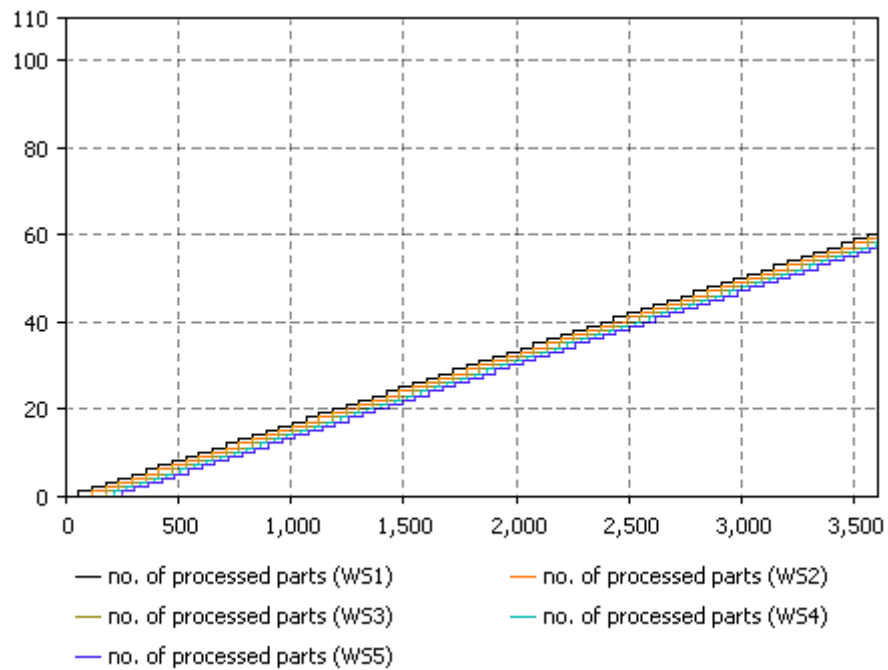


Fig. 25 Evoluția numărului de produse finite pe cele cinci stații

Figura 27 prezintă evoluția numărului de produse finite în prima oră.

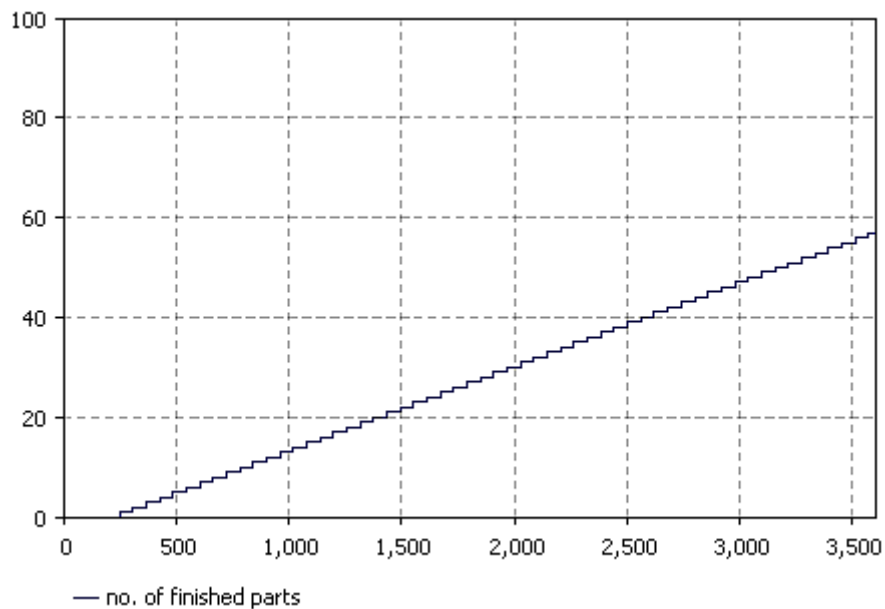


Fig. 26 Evoluția numărului de produse finite (prima oră)

Figura 28 prezintă evoluția numărului de produse finite, în cea de a șasea oră.

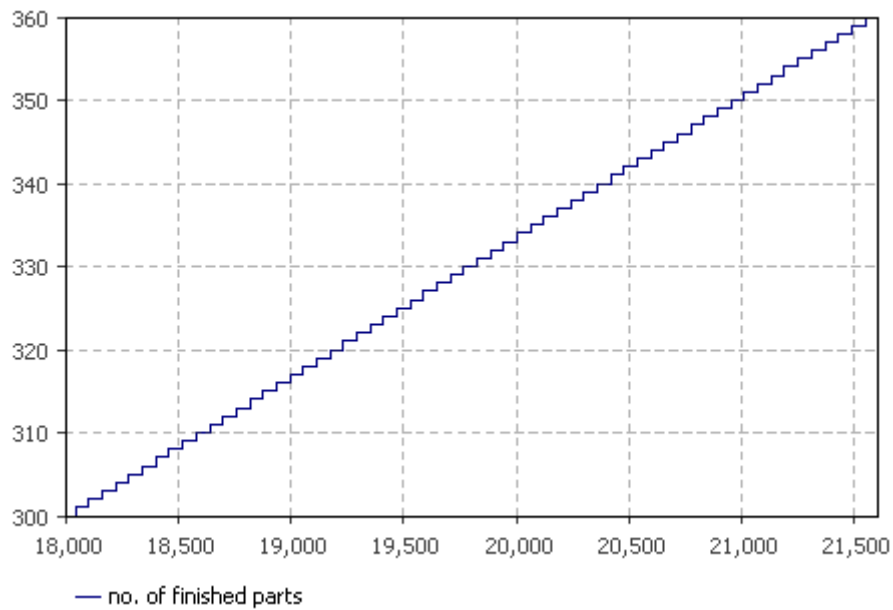


Fig. 27 Evoluția numărului de produse finite (cea de a șasea oră)

Pasul 3. Target VSM

Pentru target VSM se vor avea în vedere următoarele cerințe:

- prelucrările și montajul trebuie să respecte tactul clientului, altfel rezultatele vor duce la supraproducție sau la nerespectarea cerințelor clientului;
- producția în tactul clientului presupune echilibrarea volumului de lucru în toate etapele procesului;
- înlocuirea producției din insule izolate cu un flux continuu de producție;
- unde nu este posibilă transferarea în procese de producție în flux continuu, se va face coordonarea producției prin sisteme Pull Supermarket;
- programarea diferitelor tipuri de produse în loturi egale pe zi prin egalizarea distribuției în procesele de bază.

Tabelul 13. Gradul de încărcare a stațiilor de lucru

Target takt time client pentru cerere de 551 piese/zi		
Grad încărcare	100% (timp de lucru efectiv - 8 ore)	75% (timp de lucru efectiv - 6 ore)
Takt client target	52.3 [secunde/piesă]	39.2 [secunde/piesă]

Gradul de încărcare, în cele două situații (teoretic și efectiv) este prezentat în tabelul 13. În funcție de acest grade de încărcare a fost calculat și timpul de tact.

Aceste informații sunt preluate pentru reprezentarea și simularea VSM target. Repartizarea informațiilor este realizată, în cadrul procesului de simulare, din tabellele EXCEL aferente.

VSM în varianta target este reprezentată în figura următoare:

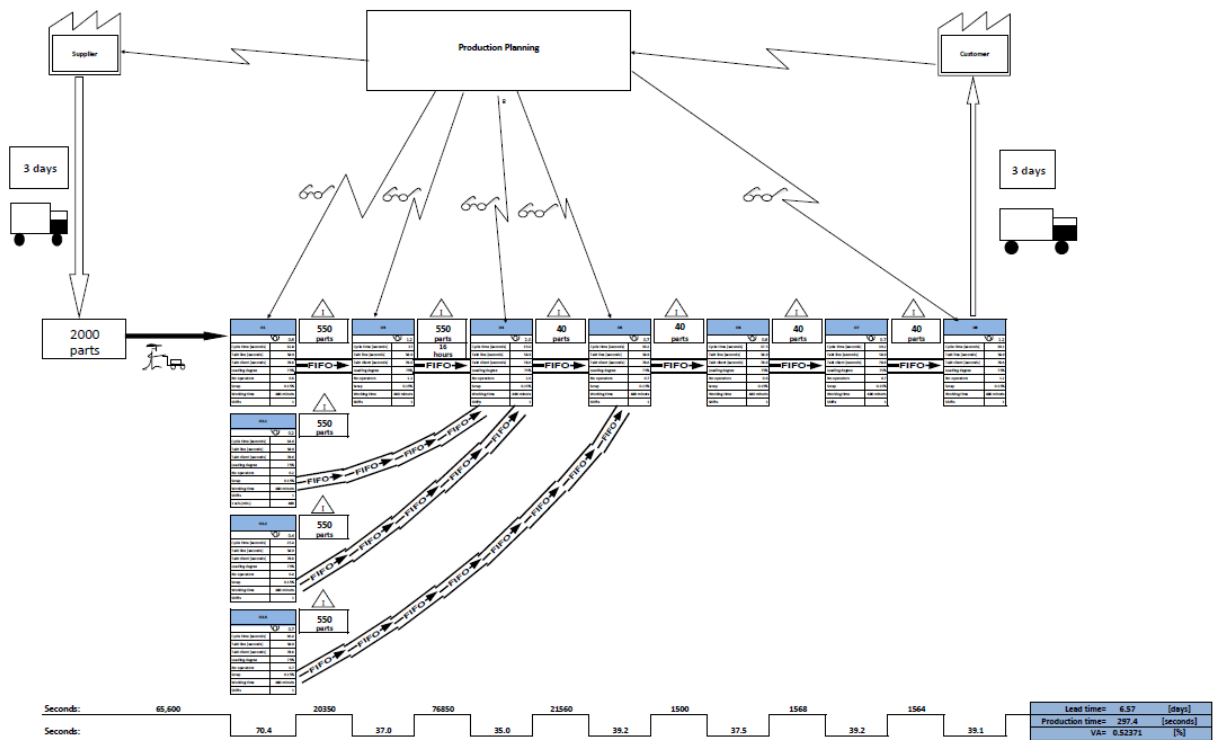


Fig. 28 Target VSM

Simularea target-VSM

Al doilea rând de grafice reprezintă suportul pentru analiza procesului de fabricație final, având la bază timpul de ciclu aferent VSM target.

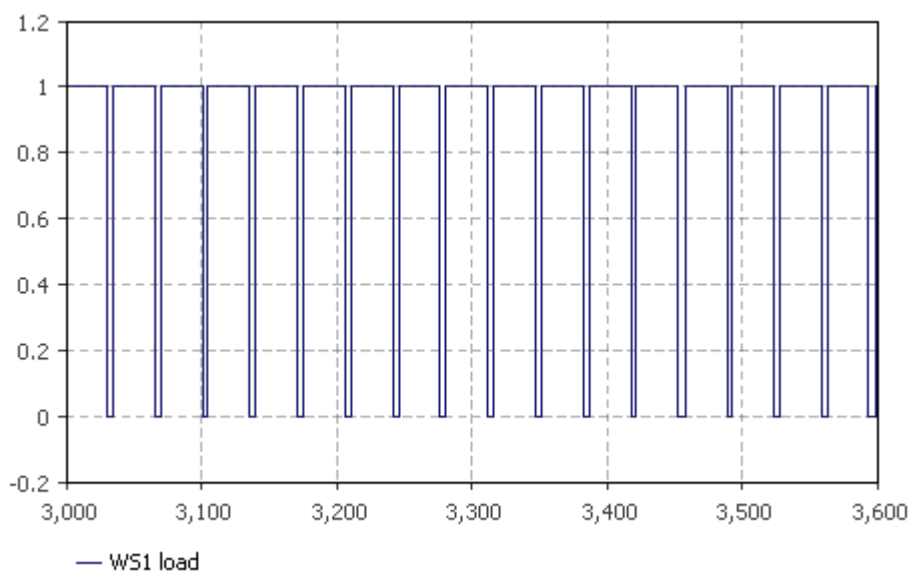


Fig. 29 Gradul de încărcare a stației de lucru WS1

Figura 30 prezintă evoluția gradului de încărcare pentru toate stațiile de lucru, pe durata primei ore de fabricație.

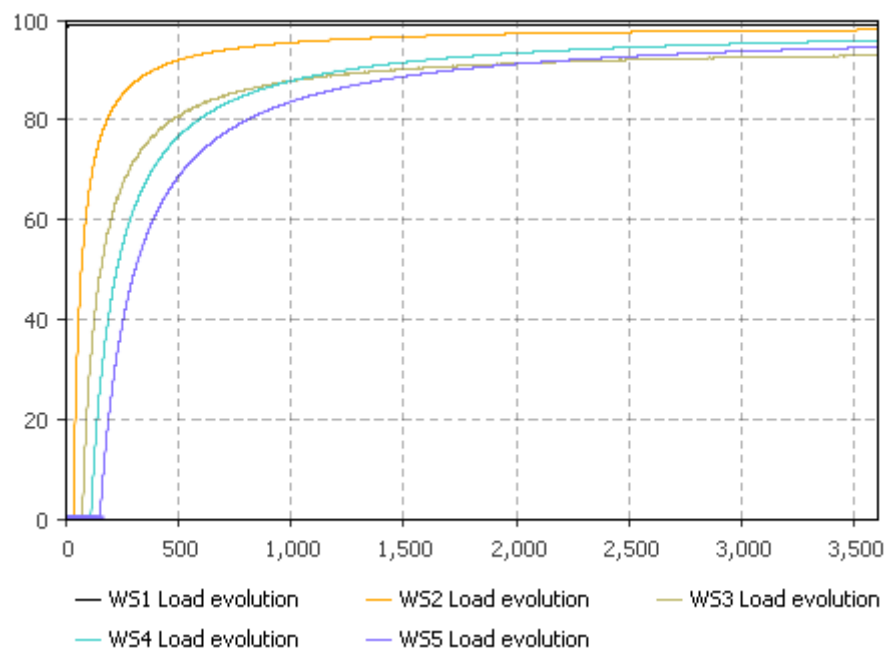


Fig. 30 Evoluția gradului de încărcare pentru toate cele cinci stații de lucru

Figura 30 prezintă evoluția numărului de piese realizate pentru toate stațiile de lucru, pe durata primei ore de producție.

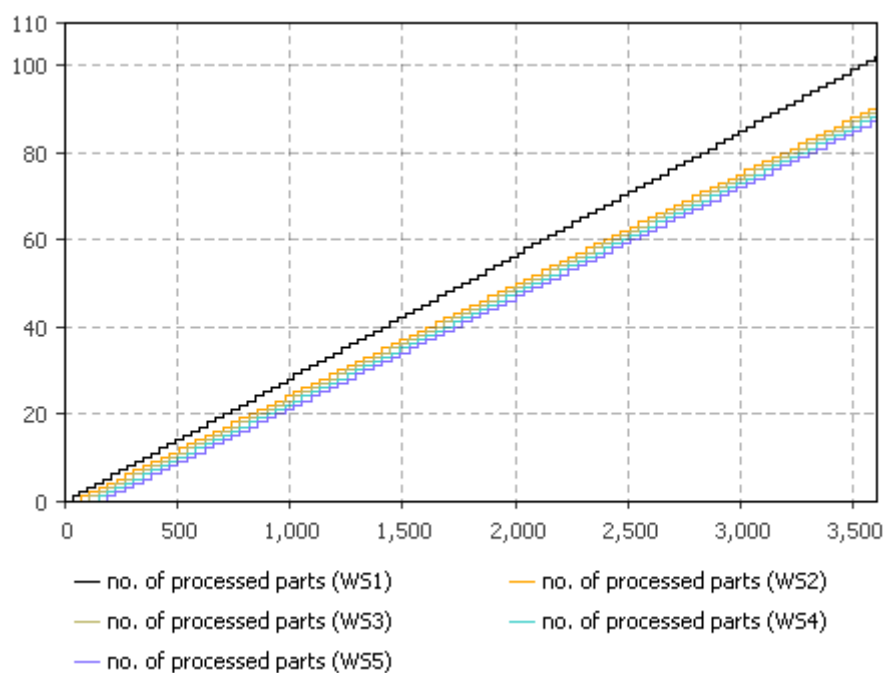


Fig. 31 Evoluția numărului de produse fabricate

Figura 30 prezintă evoluția numărului de produse finite, în prima oră.

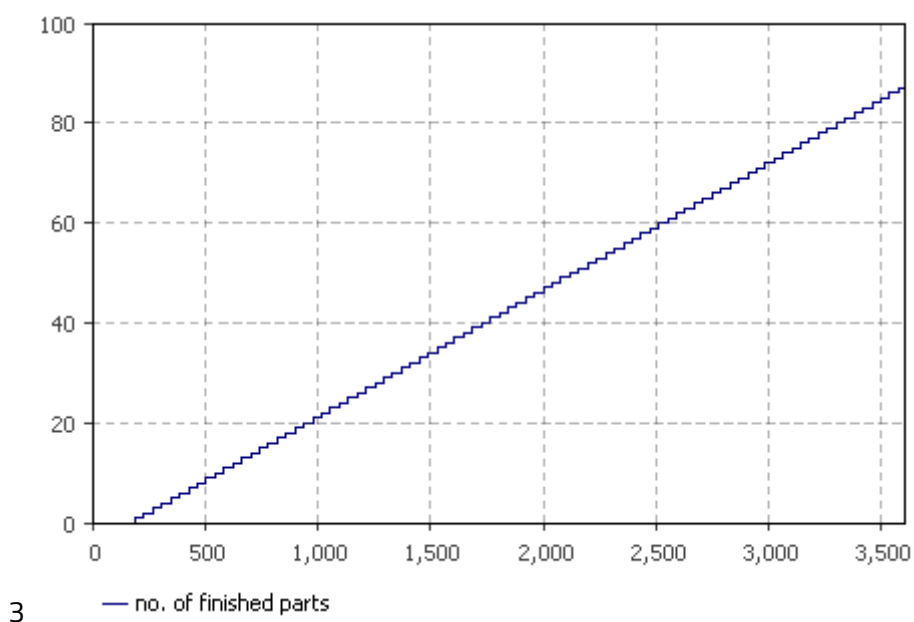


Fig. 32 Evoluția numărului de semifabricate, în prima oră

Figura 31 prezintă evoluția numărului de produse finite, în cea de a șasea oră.

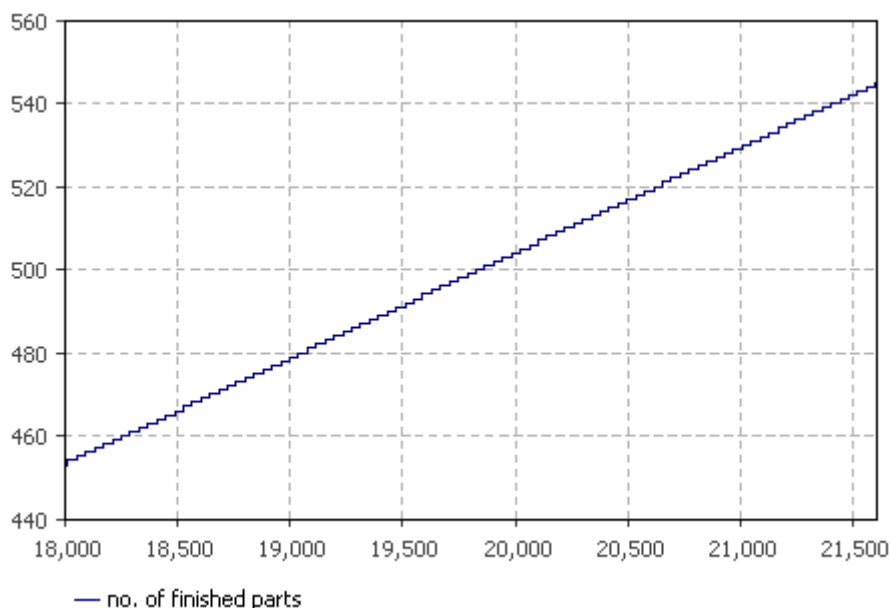


Fig. 33 Evoluția numărului de produse finite (a șasea oră)

Figurile prezentate anterior prezintă încărcarea în timp real a celor cinci stații de lucru, în ultimele zece minute din prima oră de lucru. Graficele evidențiază valori apropiate pentru timpii de ciclu ale fiecărei stații de lucru.

Pasul 4. Analiza rezultatelor

Adoptarea soluției alese va genera un plan de acțiune. În aplicația descrisă mai sus, acțiunile vor fi:

- prezentarea cerinței clientului și a planului de modificare;
- angajarea unui operator sau mutarea unui operator de pe altă linie de fabricație
- școlarizarea noului operator;
- realizarea așezării operatorilor după noul layout;
- începerea producției conform taktului target.

Evaluarea eficienței soluției propuse se realizează cu cei trei indicatori de performanță:

Tabelul 14. Indicatorii de performanță după îmbunătățirea procesului

Indicator	Valoare inainte de VSM	Valoare dupa VSM
PP	61.16	91.66
VAPP	203.9	275
FSU	30.6	45.8

Interpretarea valorilor calculate , conform tabelului anterior, este următoarea:

- creșterea valorii PP indică faptul că activitatea cu valoare adăugată a lucrătorilor direcți a crescut, non-valoarea s fost redusă la minim, iar risipa a fost eliminată;
- VAPP evidențiază diferența dintre valoarea de intrare și valoarea de ieșire în cadrul procesului de producție. Valorile de intrare și ieșire reflectă diferența dintre valoarea finală a bunurilor produse și valoarea materiilor prime și a serviciilor;
- FSU semnifică creșterea coeficientului de utilizare a suprafeței pe care se desfășoară procesul de fabricație. Pentru creșterea FSU, spațiul pe care se desfășoară procesul de fabricație a fost redus.

În concluzie, integrarea simulării în proiectarea și analiza fluxului valorii pe lanțul de producție permite valorificarea informațiilor oferite de VSM privind:

- posibilitatea alegerii opțiunii celei mai favorabile din mai multe scenarii posibile, fără consum suplimentar de resurse;
- vizualizarea reacției sistemului în timp, fiind posibilă expandarea sau comprimarea temporală, astfel încât observatorul poate surprinde detaliile reacției sistemului;
- modelul simulat poate fi un instrument în sine, care poate fi utilizat fără consumul altor resurse, ci doar prin conectarea la alt set de date;
- analiza detaliată a reacției sistemului, ceea ce duce la o înțelegere completă a acestuia;
- identificarea restricțiilor din sistem, a verigilor slabe din lanțul valorii;
- economia de resurse: o data modelul construit, respectiv agenții definiți, nu sunt necesare investiții pentru vizualizarea reacției sistemului pentru noi parametri de intrare;

Astfel, analiza lanțului valorii reprezentate cu ajutorul VSM și a simulării aduc împreună atât abordarea LEAN, cât și a Industry 4.0.

Direcțiile viitoare de cercetare vor viza dezvoltarea unor noi algoritmi ce vor sta la baza simulării sistemelor de fabricație prin includerea ca parametru de intrare a energiei consumate de echipamentele de lucru.

Aceasta abordare va permite luarea unei decizii eficiente privind optimizarea proceselor.

2.1.5 Aplicații în industria componentelor electronice

Industria de componente electronice trebuie să facă față unor cerințe economice specifice, respectiv reducerea costurilor, niveluri ridicate de procesare și reducerea timpului de execuție [GEI 16].

Acest tip de industrie trebuie să răspundă cerințelor LEAN:

- prevenția este mai importantă decât detectarea;
- linia de producție trebuie să fie integrată;
- lanțul de aprovizionare este integrat, de la consumator la materia primă;
- procesele sunt organizate la nivelul echipelor, pentru a fi posibilă identificarea și eliminarea celor fără valoare adăugată.

Pentru a atinge acest obiectiv, factorii analizați sunt fluxul de informații, timpul de livrare, personalul, stocurile, fluxul de materiale. Influența acestor factori în timpul procesului de producție este reciprocă.

Impactul pe care acești factori îl generează este greu de definit fără analize pe întregul flux de valori.

Plecând de la cerințele clienților, a fost stabilită ca metodologie de cercetare studiul empirico-analitic.

Reprezentanți din producție au fost intervievați pentru a evalua nevoile de îmbunătățire a proceselor.

Etapele pentru organizarea unei one piece flow într-o linie flexibilă (LEAN) sunt următoarele [MEU 16]:

- înregistrarea timpului de ciclu, timpul de preluare, numărul optim de operatori, numărul de stații de lucru;
- înregistrare/măsurare timp - acest pas este important, deoarece oferă datele de intrare necesare pentru a schimba linia ;
- analiza fluxului curent – one piece flow.

Situația actuală permite producerea unei singure piese la stația de lucru și trecerea continuă de la un proces la altul.

Analiza a fost realizată [PAR 18b]. pentru o familie de produse, respectiv lampă exterioară cu senzor I 810 cu undă Z iHF (figura 35). Acest tip de produs poate fi integrat în sistemele inteligente de iluminare.

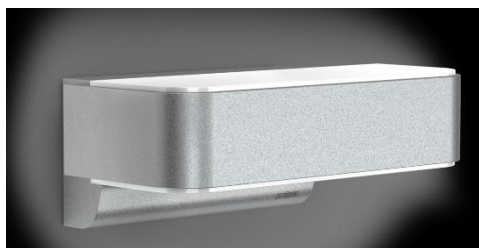


Fig. 34 Produsul finit – senzor de exterior

Pentru implementarea principiilor LEAN, metodologia propusă constă în cinci etape.

a) Prima etapă constă în:

- identificarea activităților din cadrul procesului de fabricație. Cuantificarea valorii produselor create presupune înregistrarea și reprezentarea cantității de produse (atât în unități fizice, cât și procentual);
- identificarea rebuturilor și a deșeurilor. Tehnica abordată presupune înregistrarea și reprezentarea fluxului rebuturilor și al deșeurilor rezultate după fiecare etapă a procesului;
- cuantificarea cantității de rebuturi și deșeuri. Tehnica abordată presupune măsurarea rebuturilor și al deșeurilor rezultate după fiecare etapă a procesului.

În sinteză, după prima etapă, echipa de implementare are acces la informațiile legate de fiecare etapă a procesului, putând astfel identifica unde au fost generate rebuturile și deșeurile.

Pentru parametrii derivați ai procesului au fost utilizate tabele Adaptive Excel.

Measure	Enter your data here						
	ian.17	feb.17	mar.17	apr.17	mai.17	iun.17	iul.17
Number of defective units produced	60	30	28	10	5	2	1
Total number of units supplied	3456	1456	3453	3452	3410	5456	2456
Number of planned deliveries	3456	3456	3456	3456	3456	3456	3456
Number deliveries not on time	56	40	39	28	40	11	15
Number of incorrect deliveries	0	0	1	0	0	0	0
Number of good units produced	3453	2505	2505	2505	2200	2505	2505
Direct operator hours used	2345	1723	1723	1723	1723	1723	1723
Sales turnover of product	5345000	5345000	5345000	5345000	5345000	5345000	5345000
Value of raw material	120300	110031	120300	120300	120300	120300	120300
Value of Work In Progress	23410	23410	23001	22410	21410	33410	23410
Value of finished goods stock now	2345000	2345000	2345000	2345000	2345000	2345000	2345000
Equipment Availability (%)	98,00%	98,00%	98,00%	98,00%	92,00%	98,00%	98,00%
Equipment Performance (%)	99,00%	99,00%	99,00%	99,00%	89,00%	99,00%	99,00%
O/P Quality (%)	99,50%	99,50%	99,50%	99,50%	99,50%	99,50%	99,50%
Process Output value	\$2.345.600	\$2.345.600	\$2.345.600	\$2.345.600	\$2.345.600	\$2.345.600	\$2.345.600
Process Input value	\$345.300	\$345.300	\$345.300	\$345.300	\$345.300	\$345.300	\$345.300
Number of employees	12	11	11	11	10	11	11
Sales Turnover of area	\$5.345.000	\$5.345.000	\$5.345.000	\$5.345.000	\$5.345.000	\$4.980.012	\$4.980.012
Square meters of area	10345	10345	10345	10345	10345	8030	8030

Fig. 35 Foai Adaptive cu elementele ce caracterizează procesul

- b) A doua etapă are ca scop reprezentarea fluxului de fabricație aferent produsului. Această etapă constă în colectarea și reprezentarea fluxului de resurse necesare pentru fabricarea produsului (Figurile 36, 37 și 38).

Process Data									
Process Step/Station:		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
Cycle Time (mean)	mins	2,50	1,69	3,40	1,01	2,21	2,66	1,37	2,29
Stdev (Cycle Time)	mins	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,05	0,04	0,02
Stdev (Cycle Time)x3		0,05	0,04	0,10	0,06	0,02	0,15	0,13	0,05
Optimum Cycle Time		2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14
VA	%	60	40	0	60	40	80	80	80
NVA	%	30	50	0	10	20	20	0	50
Waste	%	10	10	100	30	30	20	10	10
Scrap (%)		2	2	0	10	0	2	2	3
Rework (%)		1	1	0	20	1	20	2	5
Yield (Quality)		97%	97%	100%	70%	99%	78%	96%	92%
Actual Volume per day		220	220	220	220	220	220	220	220
Operating Time per day	mins	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Optimum volume		721,154	1065,09	529,1005	1782,18	814,48	676,183	1310,04	787,402
Performance		30,51%	20,66%	41,58%	12,34%	27,01%	32,54%	16,79%	27,94%
OEE		29,591%	20,036%	41,580%	8,641%	26,741%	25,378%	16,122%	25,705%

Fig. 36 Datele de proces

Cycle Time Calculator (use to calculate mean cycle time and standard deviation)									
Process Step/Station:		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
Cycle Time (Sample #1)	mins	2,50	1,70	3,40	1,00	2,20	2,70	1,40	2,30
Cycle Time (Sample #2)	mins	2,47	1,69	3,42	1,00	2,21	2,69	1,39	2,29
Cycle Time (Sample #3)	mins	2,49	1,70	3,44	1,02	2,22	2,70	1,40	2,30
Cycle Time (Sample #4)	mins	2,50	1,67	3,40	1,04	2,21	2,59	1,38	2,27
Cycle Time (Sample #5)	mins	2,52	1,69	3,35	0,99	2,21	2,63	1,30	2,27
Cycle Time Mean	mins	2,496	1,69	3,402	1,01	2,21	2,662	1,374	2,286
Stdev	mins	0,01817	0,01225	0,033466	0,02	0,00707	0,0497	0,04219	0,01517

Fig. 37 Determinarea cycle time

Process Parameters		
Total (Cycle Time)	17,13	mins
Stdev (Cycle Time) Bar	0,02	mins
Max Cycle Time	3,402	mins
Optimum Cycle time	2,14	mins
Total VA	55	%
Total NVA	22,5	%
Total Waste	27,5	%
Mean Scrap	2,625	%
Mean Rework	6,25	%
Rolled Throughput Yield	0,44919	%
Optimum overall Volume:	529,101	

Fig. 38 Parametrii procesului

- c) Al treilea pas constă în reprezentarea rezultatelor într-un mod familiar. În acest mod, informația este prezentată în mod intuitiv, fiind accesibilă pentru stakeholders. (Figurile 40, 41, 42).

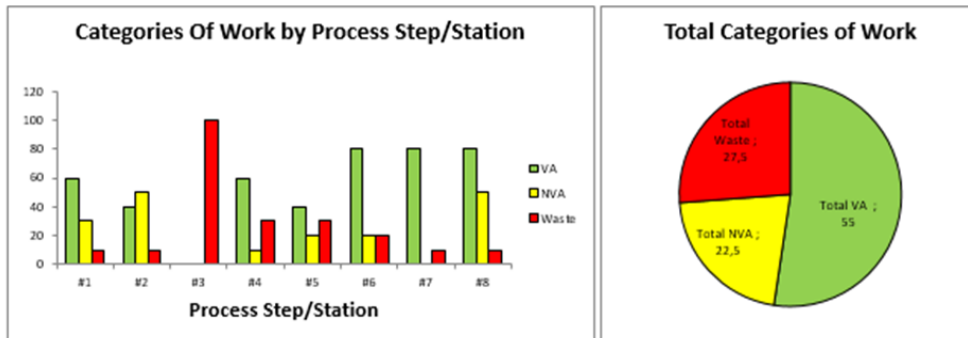


Fig. 39 Pașii procesului

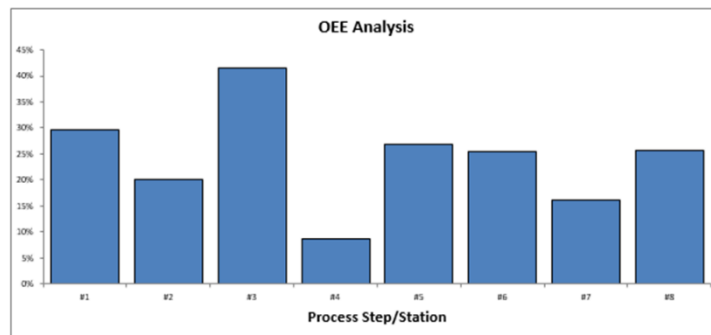


Fig. 40 Analiza OEE (etapă / stație de lucru)

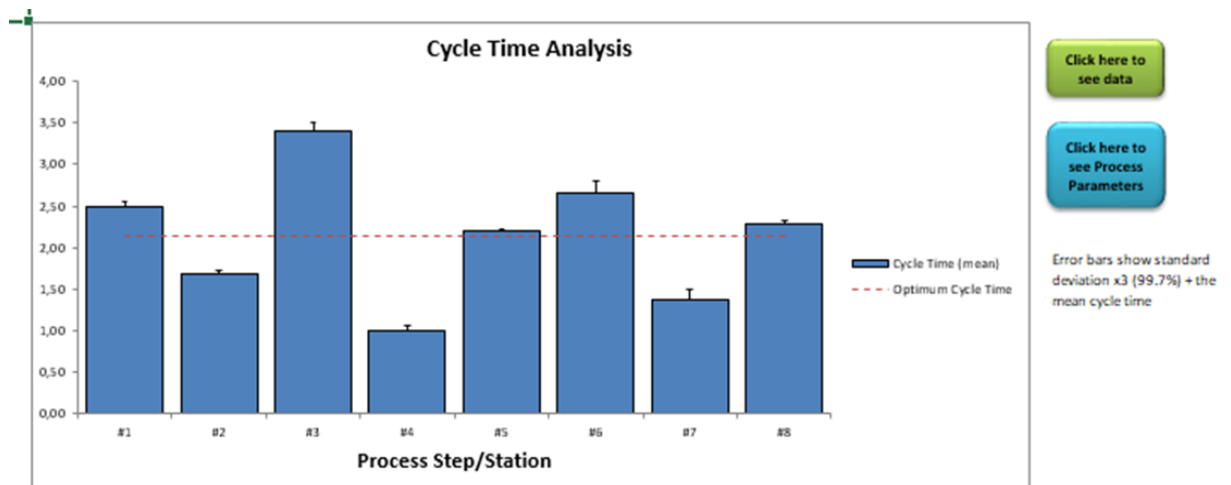


Fig. 41 Reprezentarea grafică a timpilor de ciclu

d) Etapa a patra constă în simularea AB, pe platforma Anylogic [SUH 15, PAR 18b], . Resursele și activitățile sunt definite ca agenți. Rezultatul simulării este reprezentat de identificarea risipei și a gâtuirilor de proces. (Figurile 43 și 44).

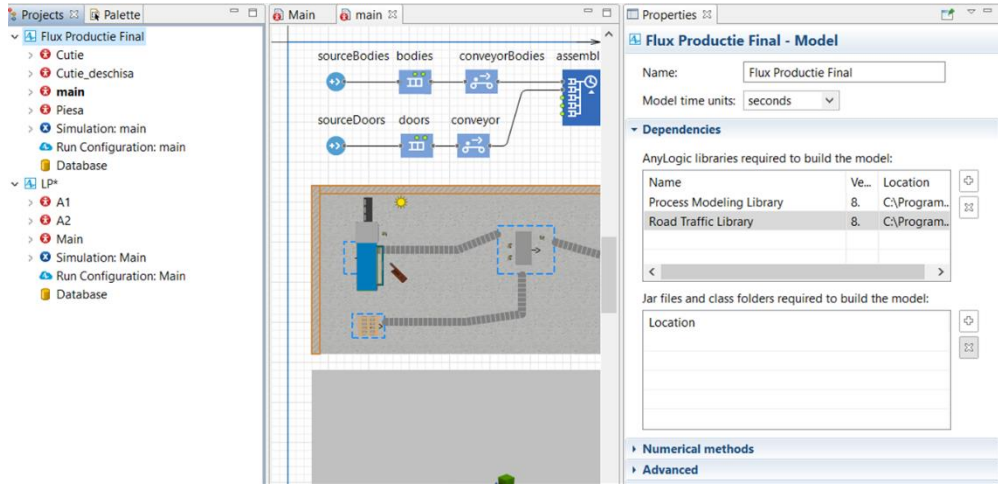


Fig. 42 Captura Anylogic

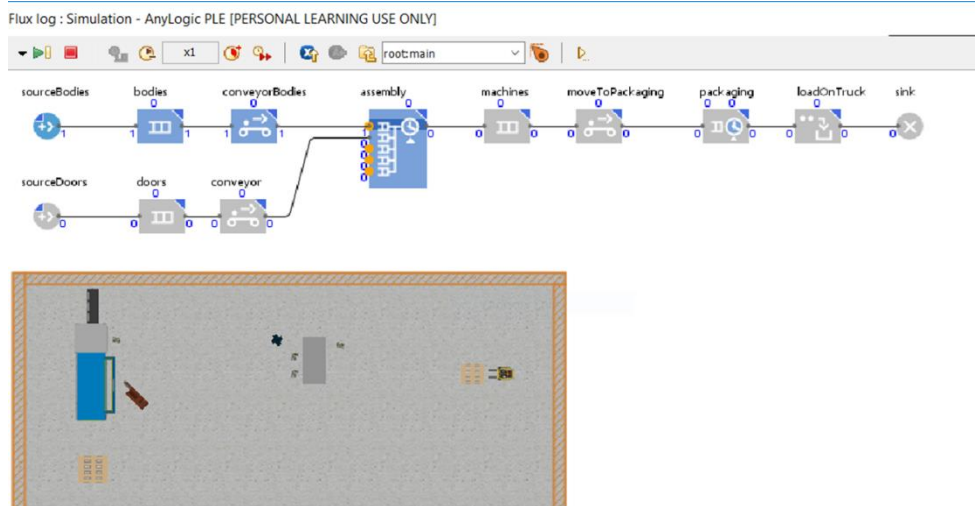


Fig. 43 Simularea Anylogic

e) Ultima etapă reprezintă evaluarea îmbunătățirilor din proces. [KCT 19].

	Results							
Not Right First Time (PPM)	17361	20604	8109	2897	1466	367	407	868
Delivery Schedule Achievement	98,38%	98,84%	98,84%	99,19%	98,84%	99,68%	99,57%	99,86%
People Productivity (Units per hour)	1,47	1,45	1,45	1,45	1,28	1,45	1,45	1,47
Stock Turns	2,15	2,16	2,15	2,15	2,15	2,14	2,15	2,15
Overall Equipment Effectiveness (OEE)	96,53%	96,53%	96,53%	96,53%	81,47%	96,53%	96,53%	96,53%
Value Added Per Person	\$166.692	\$181.845	\$181.845	\$181.845	\$200.030	\$181.845	\$181.845	\$181.845
Floor Space Utilization	\$517	\$517	\$517	\$517	\$517	\$620	\$620	\$620

Fig. 44 Indicatorii de performanță pentru starea viitoare a procesului

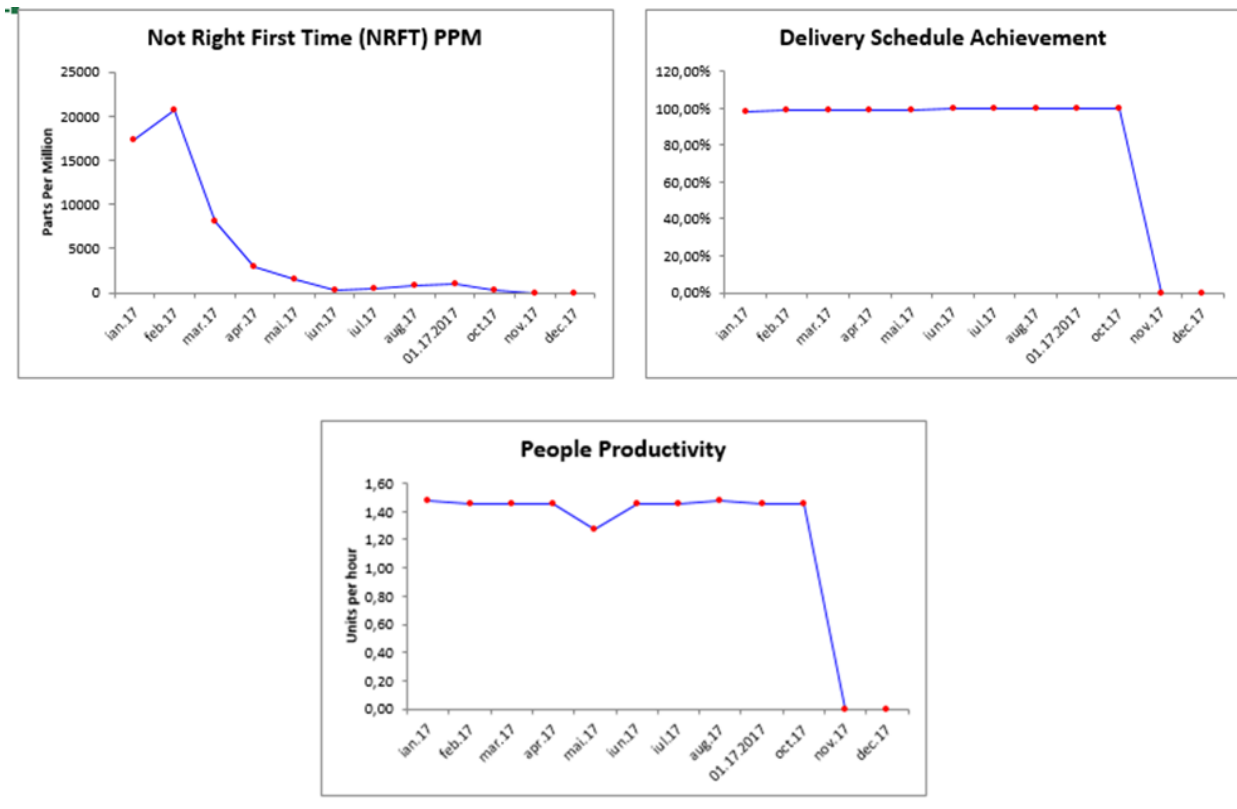


Fig. 45 Reprezentarea grafică a indicatorilor de performanță

Analizând rezultatele prezentate în figurile anterioare se pot emite următoarele concluzii:

- prezentul studiu de caz din industria de componente electronice a demonstrat utilitatea cartografierii proceselor prin aplicarea instrumentelor LEAN, complementar cu simularea;
- utilizarea simulării a făcut posibilă previzionarea reacției liniei de producție studiate. Cartografierea procesului este generată de mediul software.
- Din analiza VSM curent au rezultat informații privind gâtuirile și punctele slabe ale procesului. Planul de acțiune a fost realizat în concordanță cu concluziile.

Principalele probleme identificate pe linia de producție au fost nivelul ridicat al stocurilor și gâtuirii în proces.

Organizația nu are control efectiv asupra materiilor prime necesare în producție. Din cauza acestui punct slab, compania a preferat să mențină suprastoc pentru anumite componente și lipsă de stoc pentru alte componente, ceea ce a dus la creșterea costurilor de producție și a costurilor stocurilor ce nu sunt necesare.

2.2. Material Flow Cost Accounting

Material Flow Cost Accounting (MFCA) este un instrument care vizează îmbunătățirea eficienței resurselor ([APO 14, YAG 18]), prin determinarea costurilor produselor și a deșeurilor pe baza managementului fluxului.

În calcularea costurilor, MFCA (ISO 14051) reduce structura la patru costuri: costul materialului, costul energiei, costul managementului deșeurilor și costul sistemului. Aceste costuri sunt împărțite în continuare în costurile produselor pozitive (costul asociat produsului finit) și negative (costul asociat unui produs rezidual).

ISO 14051 definește cele trei obiective ale MFCA [ISO 11]:

- creșterea transparenței fluxului de materiale și al energiei utilizate, a costurilor asociate și a aspectelor de mediu;
- suport decizional pentru organizație pentru zone ca ingineria proceselor, planificarea producției, controlul calității și supply chain management;
- îmbunătățirea coordonării și a comunicării privind fluxurile de material și energie în cadrul organizației.

MFCA include abordarea bazată pe costul materialului, costuri de sistem, costuri cu electricitatea, costurile cu rebuturile și centrele de cantități [KOB 15].

În abordarea clasică a costurilor, acestea vor fi alocate produsului ca unitate de cost [SCH 15, PAR 17b].

În MFCA costurile materiale sunt divizate între produs și materialele reziduale, în funcție de locul unde se finalizează fluxul [CHE 18, SCH 15]. În plus, costurile de sistem sunt atribuite pentru depozitare, prelucrare sau transport. Acestea sunt, de asemenea, împărțite între produse și materiale reziduale pe baza unor indicatori cheie adecvați. Această alocare poate să fie efectuate pe baza unor cantități fizice.

Costurile pierderilor materiale pot indica direcții pentru măsuri de îmbunătățire. MFCA se focusează pe fluxul de materiale și a costurilor asociate în cadrul sistemelor.

Materialele, în unități fizice, vor fi urmărite și cuantificate. În faza următoare, aceste informații vor fi utilizate pentru calculul costurilor. Structurile de cost construite pe aceste baze vor furniza date privind oportunitățile de îmbunătățire a proceselor și de reducere a efectelor asupra mediului. MFCA sprijină inginerul de proces în identificarea atât cantitativă, cât și ca locație a pierderilor de material și de energie [SCH 15, CHE 18]. Pentru identificarea efectivă și sistematică a surselor de pierderi, MFCA trebuie aplicată de-a lungul fluxului de producție din sistem, începând cu recepția materiei prime și până la livrare. Acest instrument permite companiei să identifice utilizarea ineficientă a materialelor, energiei și a altor resurse de-a lungul întregului proces și sistem.

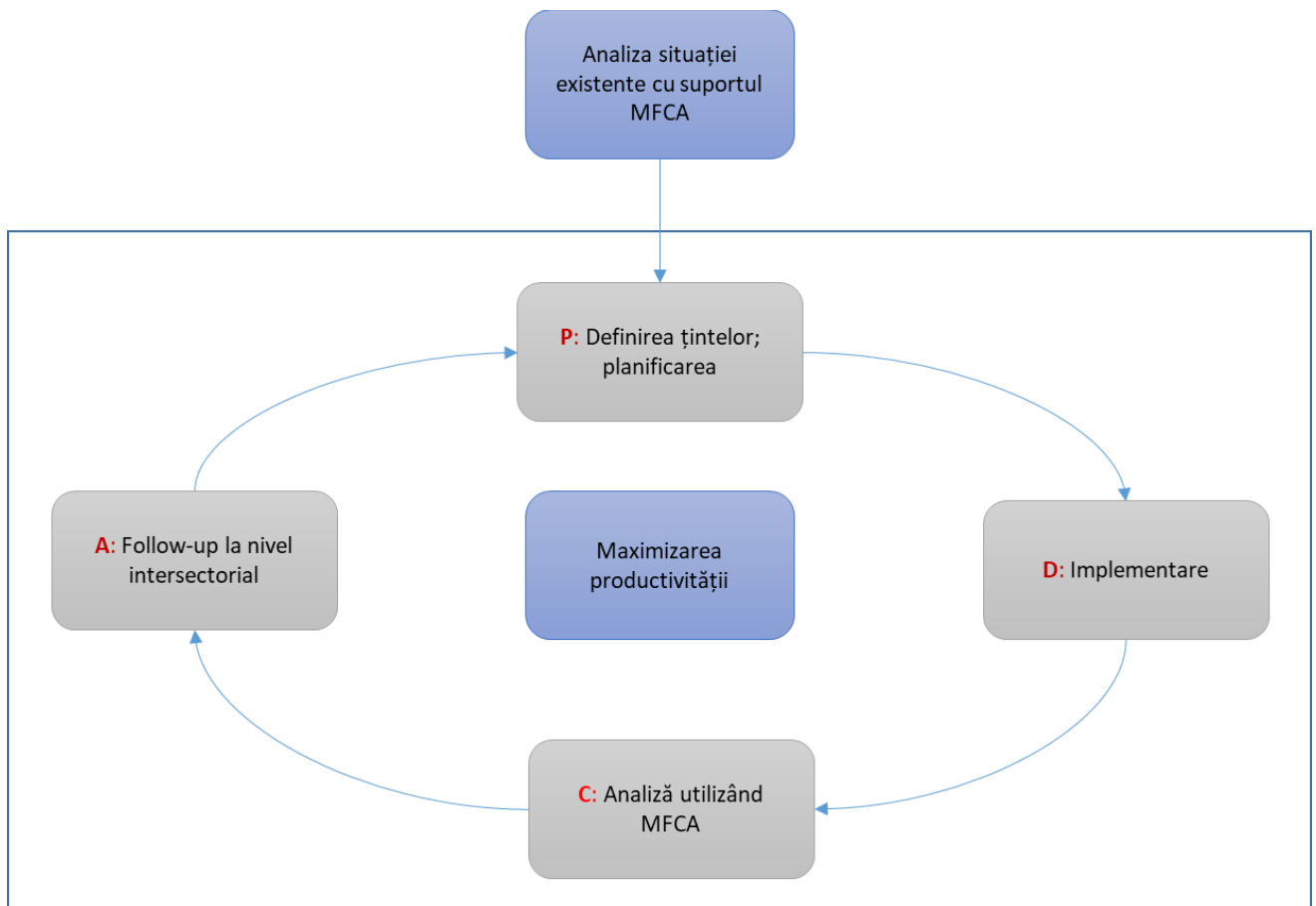


Fig. 46 Ciclul PDCA aplicat în cazul MFCA

Figura 46 prezintă ideea esențială din spatele MFCA [KOK 19].

La nivel conceptual, se pot defini două abordări ale costurilor produsului [ROY 03, PAR 15]:

- estimarea costurilor din perspectiva marketingului (prețul generat de costul soluției este acceptabil?);
- ingineria costurilor, care vizează punerea la dispoziția proiectantului datele contabile necesare activității sale, atât din amonte (pentru determinarea target-cost), cât și din aval (estimarea costurilor efective ale soluției).

În cazul acestei ultime abordări, obiectul costului nu este în mod obligatoriu un produs, ci orice element al sistemului, ca de exemplu: procesul, familia de produse etc. Această paradigmă este preluată la nivelul MFCA conform ISO 14051.

2.2.1 Activity Based Costing – modelare și simulare

Activitatea și procesul sunt noțiunile de bază ce permit reprezentarea globală și generică a procesului de dezvoltare. Activitățile sunt în centrul fluxurilor informaționale, fizice și decizionale.

Luând în considerare cazul general al unei organizații, pentru funcționarea unui sistem ABC de determinare și prelucrare a informațiilor privind costurile sunt necesare respectarea unor reguli de gestiune, care vor fi enunțate în continuare. Se pleacă de la premisa centrală potrivit căreia bunurile (outputurile organizației) consumă activități, iar activitățile consumă resurse.

Tabelul 15. Metode de control de gestiune pentru determinarea costurilor [MEV 02, SCH 15]:

	Cost direct	Cost complet	Cost pe activități
	Direct cost	Full cost	Activity Based Cost (ABC)
Perimetrul	Fabricația	Întreprinderea în ansamblul ei	
Obiectul analizei	Produs unitar		Activități integrate în procese și consumatori de resurse
Nivelul de analiză	Unic	Multiplu (structura arborescentă a activităților)	
Cauzalitate și trasabilitate	Nivel crescut și local	Nivel scăzut	Nivel crescut și global
Construirea datelor contabile	De către controlorul de cost		Colaborativă
Model de întreprindere	Comercial: achiziție de resurse și vânzare de produse finite	Taylorian: descompunere în sarcini directe (execuție) și sarcini indirecte (concepție, control)	Proces: procese colaborative transversale ce permit obținerea unor produse competitive și a unei performanțe interne globale

Metoda ABC repartizează cheltuielile indirecte în funcție de o bază de repartizare. Baza de repartizare definește raportul cauză-efect dintre consumatorul de activitate (produsul) și activitatea desfășurată. În abordarea ABC, baza de repartizare definită poartă numele de inductor de cost. Modificarea la nivelul inductorului de cost se reflectă în modificarea nivelului de cost, pe principiul cauză-efect dintre inductor și cost.

Pentru aplicarea metodei ABC sunt parcurși următorii pași [EBB 00, BON 06, PAR 16b, PAR 18c]:

- identificarea activităților generatoare de cost și a costurilor asociate;

- stabilirea inductorilor de cost (stimulatorilor de cost) asociați fiecărei activități;
- regruparea costurilor la nivelul unor centre de regrupare;
- calculul costului, atât la nivel de componente și subansamblu, cât și la nivel de produs;
- calculul costului total de producție pentru produse, lucrările, servicii.
- calculul costului complet.

Un pas important în clasificarea activităților astfel încât să corespundă cerințelor ABC îl reprezintă aplicarea modelului în 4 faze Harvat/Nayer [EBB 00] :

- plecând de la familiile de produse, organizarea și obiectivele întreprinderii, se definesc principalele procese ce se desfășoară în organizație;
- definirea proceselor parțiale, plecând de la analiza activităților aferente fabricării produselor;
- având ca sursă datele istorice sau datele bugetate, resursele și costurile repartizate în mod analitic pe procese parțiale și pe locuri de cost;
- sintetizarea informațiilor referitoare atât la procesele parțiale, cât și la procesele principale.

Definirea conceptelor:

Activitatea poate fi definită ca un factor tip pentru determinarea costurilor în cadrul unei organizații. Aceasta poate fi asociată unui eveniment sau unei tranzacții. Principala caracteristică a unei activități este aceea că este definită ca o multitudine de sarcini de aceeași natură, ce au ca rol adăugarea de valoare pentru produsul de care este fabricat [BON 06].

Noțiunea de activitate reprezintă centrul metodologiei ABC.

O activitate este o combinație de persoane, tehnologii, materii prime, metode și de medii ce permit producerea unui bun sau a unui serviciu.

Obiectivul metodologiei ABC este reprezentarea întreprinderii ca o serie de activități având legătură între ele în cadrul unor procese bine definite.

Procesul este o combinație de activități legate între ele prin faptul că participă la realizarea unui obiectiv comun.

Noțiunea de activitate favorizează o abordare dinamică a luării deciziilor. Sistemele de cost tradiționale realizează o abordare statică și parțial focalizată pe produs. Or, activitățile sunt ceea ce întreprinderile fac. Dacă se doresc modificări la nivel organizațional, se impune modificarea modului de funcționare a activităților identificate. Această abordare prezintă unele avantaje.

Inductorul de activitate (Activity driver): unitate de lucru ce permite repartizarea costurilor între produsele unei întreprinderi (obiectul costului). Exemple: ore de manoperă directă, număr de serii fabricate, număr de comenzi. Acești inductori sunt legați de diferite tipuri de activități.

Inductorul de cost (Cost driver): factor influențat de nivelul de performanță al unei activități și de consumul său de resurse (ex: calitatea materiilor prime recepționate de un atelier de fabricație, formarea și experiența echipei de consultanți). Costul unei activități poate fi influențat de mai multe tipuri de inductori de cost. Acest tip de inductor este utilizat pentru managementul performanței întreprinderii.

Inductor de resurse (Ressource driver): Cheie de repartizare utilizată pentru ventilarea resurselor între activități (ex: ore consacrate fiecărei activități pentru repartizarea salariilor). Acest tip de inductor este utilizat pentru managementul costurilor.

Purtătorul de cost (Cost object): tip de categorie utilizat în analiza costurilor de producție într-o întreprindere (ex: tipuri de produse, de servicii, de comenzi, de proiecte).

Identificarea activităților reprezintă o etapă foarte importantă. Principiul după care se realizează este același cu principiul LEAN, respectiv eliminarea acelor activități ce nu adaugă valoare în proces.

Materialele prime directe și costurile cu manopera directă care pot fi evidențiate în mod facil. Celelalte activități vor fi clasificate ca activități suport. Activitățile suport sunt toate activitățile imateriale care sunt asociate cu produsul. Activitățile suport, spre deosebire de centrele auxiliare, contribuie în mod pozitiv la realizarea produselor.

În funcție de complexitatea procesului de fabricație va rezulta un anumit număr de activități asociate. În afară de complexitatea operațiilor, ce determină câte activități vor fi purtătoare de cost, un alt element ce va determina modul în care vor fi integrate activitățile depinde și de gradul de diversificare a produselor. Pentru o calculație cât mai precisă, în cazul produselor cu grad de personalizare redus activitățile pot fi combinate mai ușor.

După parcurgerea primei etape este necesară asocierea costurilor aferente. Se pot utiliza informații colectate de la salariați, din datele financiare sau din alte surse.

Factorul de cost sau inductorul de cost este calculat în următoarea etapa ABC. Acesta are rolul de a asigura suport pentru calculul costului pe obiect de cost.

Inductorii de cost (stimulatori de costuri) măsoară volumul de serviciu prestat. Deoarece repartizarea costului indirect reprezintă principala provocare, determinarea acestor indicatori prezintă o importanță deosebită.

Pentru îndeplinirea rolului pentru care au fost definiți, inductorii de cost trebuie să respecte următoarele condiții:

- identificarea și utilizarea inductorilor de cost să fie facile;
- să fie direct proporționali cu variația resurselor;
- să poată fi utilizați pentru explicarea modului în care sunt utilizate resursele asociate unei activități;
- să fie definiți astfel încât să reflecte modul în care o resursă susține o activitate;
- atitudinea salariaților să nu fie un factor de influență.

Clasificarea inductorilor de activitate:

- *inductori de tranzație* care descriu frecvența de apariție a unei activități. Acest tip de inductor poate fi utilizat atunci când toate ieșirile au aceeași cerere în activitatea respectivă. Indicatorii de tranziție se caracterizează prin faptul că sunt ieftin și mai puțin exacti. Ca mod de construire sunt caracterizați de faptul că, de câte ori se prestează o activitate, se definesc aceleași consumuri de resurse. Acest tip de indicatori nu poate fi utilizat în cazul unor produse cu grad înalt de personalizare;
- *inductori de durată* – sunt utilizați în cazul unei game de produse cu grad de diversitate ridicat deoarece sunt definiți prin timpul asociat unei activități;
- *inductori de intensitate* – au la bază informațiile asociate resurselor, după ce activitățile au fost prestate. Indicatorii de intensitate sunt cei ce asigură acuratețe calculului costurilor. Prezintă totuși dezavantajul de a fi necesare resurse suplimentare pentru a fi definiți.

În continuarea aplicării metodologiei ABC este necesară definirea unor centre de regrupare a costurilor, pe baza unui indicator de cost.

Fluidizând metoda de calcul al costurilor, activitățile nu vor mai fi tratate în mod individual, ci prin intermediul indicatorilor de cost grupați într-un centru de regrupare.

După parcurgerea etapelor prezentate anterior, costul de producție se va reflecta în trei componente astfel:

- *cost funcție de volumul de producție* care cuprinde consumul cu materii prime, manopera directă și costul de funcționare a utilajelor;
- *cost lot* care depinde de modul în care este organizată producția (care este consumul de resurse dependent organizarea producției);
- *cost piesă* sau subansamblu asociat fazelor de realizarea a dosarului tehnic și costurile de proiectare.

Pentru calculul costului de producție se vor avea în vedere următoarele:

- costul subansamblelor;
- costul altor materii prime ce vor fi utilizate în procesul de fabricație;
- manopera directă;
- costul funcționării mașinilor;
- costul de sistem (în sensul MFCA).

Etapele care se evidențiază în cadrul ciclului de realizare al unui sistem informațional al costurilor sunt: definirea cerințelor, analiza, proiectarea, implementarea și întreținerea (sau mentenanța) sistemului [CHI 05, TIA 06].

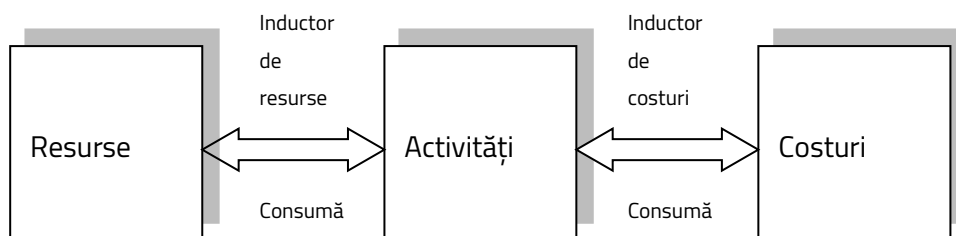


Fig. 47 Relația Resurse-Activități-Costuri

În concordanță cu analiza efectuată asupra situației costurilor pe activități, a fost construit modelul de cost prezentat în ecuația următoare [PAR 16b, SCH 15, EBE 03]:

$$C = F + \sum_i b_i * x_i + \sum_{ij} D_i * B_{ij} \quad (2.5)$$

în care:

b_i - costuri directe pe unitatea de produs (incluzând costurile resursei umane, costuri directe cu materialele etc.);

x_i - numărul tipurilor i de purtători de cost;

D_i - rata de alocare a costurilor pe activitatea i ;

B_{ij} - numărul de purtători de cost pe activitatea i consumați de resursa j .

Modelul prezentat anterior poate fi transpus sub formă matricială, astfel:

$$VD = [b_1x_1 \quad b_2x_2 \quad \dots \quad b_mx_m]^T \quad (2.6)$$

în care:

VD - costuri directe variabile

b_i - costuri directe pe unitatea de produs (incluzând costurile resursei umane, costuri directe cu materialele etc.);

x_i - numărul tipurilor i de purtători de cost

Costul total al activităților va fi:

$$AD = B_{ij} * E_j \quad (2.7)$$

$$AD = \left[\frac{A_{ij}}{\sum_{i=1}^m A_{ij}} \right]_{m \times n} * \left[\frac{R_{jk}}{\sum_{j=1}^n R_{jk}} \right]_{n \times s} * p_k \quad (2.8)$$

în care:

A_{ij} - numărul de activități j consumate de serviciul i ($i=1..m, j=1..n$);

E_j - costul activității indirecte (resursa consumată de activitatea j);

R_{jk} - resurse consumate de activitatea j ;

p_k - prețul tipului k

$\sum_{i=1}^m A_{ij}$ - totalul numărului de activități consumate de serviciu,

$\sum_{j=1}^n R_{jk}$ - totalul numărului de resurse k ce sunt consumate de toate activitățile.

Deci, costul total poate fi văzut ca în ecuația:

$$C = VD + AD + F \quad (2.9)$$

sau,

$$C = [b_1x_1 \quad b_2x_2 \quad \dots \quad b_mx_m] + \left[\frac{A_{ij}}{\sum_{i=1}^m A_{ij}} \right]_{m \times n} * \left[\frac{R_{jk}}{\sum_{j=1}^n R_{jk}} \right]_{n \times s} * p_k + F \quad (2.10)$$

$$C = F + [b_1x_1 \quad b_2x_2 \quad \dots \quad b_mx_m]^T + \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum_{i=1}^m A_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum_{i=1}^m A_{i1}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum_{i=1}^m A_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum_{i=1}^m A_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum_{i=1}^m A_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum_{i=1}^m A_{in}} \\ \frac{a_{m1}}{\sum_{i=1}^m A_{i1}} & \frac{a_{m1}}{\sum_{i=1}^m A_{i2}} & \dots & \frac{a_{mn}}{\sum_{i=1}^m A_{in}} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{r_{11}}{\sum_{j=1}^n R_{j1}} & \frac{r_{12}}{\sum_{j=1}^n R_{j2}} & \dots & \frac{r_{1s}}{\sum_{j=1}^n R_{j1}} \\ \frac{r_{21}}{\sum_{j=1}^n R_{j1}} & \frac{r_{22}}{\sum_{j=1}^n R_{j2}} & \dots & \frac{r_{2s}}{\sum_{j=1}^n R_{j2}} \\ \frac{r_{n1}}{\sum_{j=1}^n R_{j1}} & \frac{r_{n2}}{\sum_{j=1}^n R_{j2}} & \dots & \frac{r_{ns}}{\sum_{j=1}^n R_{js}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_s \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Costul pe activități pentru un anumit inductor i va fi ilustrat în ecuația următoare:

$$C_i = f_i + b_i x_i + \left[a_{i1} / \sum_{i=1}^m A_{i1} \quad a_{i2} / \sum_{i=1}^m A_{i2} \quad \dots \quad a_{in} / \sum_{i=1}^m A_{in} \right] * \left[r_{1s} / \sum_{j=1}^n R_{js} \quad r_{2s} / \sum_{j=1}^n R_{js} \quad \dots \quad r_{ns} / \sum_{j=1}^n R_{js} \right] * p_k \quad (2.12)$$

Costurile de producție sunt divizate în patru categorii conform tabelului de mai jos:

Tabelul 16. Conținutul costurilor pe categorii

Tipuri de costuri	Conținut
Costuri operaționale	Costuri generate de clienți Costuri generate de furnizori
Costuri cu logistica	Costuri de procesare a documentelor Costuri de transport și testare Costuri de încărcare și descărcare Costuri de depozitare Costuri de ambalare
Costuri de procesare	Costuri legate de procesul de fabricație
Costuri cu materiile prime	Costuri cu materii prime și materiale

Costurile operaționale cu clienți sunt reprezentate de cheltuielile generate de contactarea clienților.

Considerând clientul i , modelul de alocare pe client a costului va fi:

$$y_{i,1} = \sum_{s \in S} \frac{Q_{is} F}{\sum_{s \in S} \sum_{i=1}^{n_s} Q_{i,s}} = \sum_{s \in S} \frac{Q_{is} \frac{F}{n_s}}{\sum_{s \in S} \sum_{i=1}^{n_s} Q_{i,s}} n_s \quad (2.13)$$

$$y_{i,1} = n_s B_{10} \sum_{s \in S} \frac{Q_{is}}{\sum_{s \in S} \sum_{i=1}^{n_s} Q_{i,s}} \quad (2.14)$$

în care:

F - costul total al relațiilor cu mediul extern;

S_i - produsele comandate de clientul i ;

S - subsetul tuturor produselor;

n_c - numărul clienților;

n_s - numărul furnizorilor;

$Q_{i,z}$ - cantitatea de produse comandată de clientul i ,

B_{10} – costul generat de furnizor, incluzând căutarea, identificarea și alegerea furnizorilor, precum și comunicarea cu aceștia.

Relațiile cu clienții includ reclama și vânzările promoționale. Costurile aferente clientului i sunt:

$$y_{i,2} = n_s B_{20} \sum_{s \in S} \frac{Q_{i,2}}{\sum_{s \in S} \sum_{i=1}^{n_s} Q_{i,2}} \quad (2.15)$$

în care :

B_{20} – costul asociat clientului i

Costul procesării documentelor include costurile de emiterie a documentelor referitoare la obținerea materiilor prime, procesului de producție, comenzilor clienților și activității financiare. Deci, costurile procesării documentelor pentru fiecare client vor fi următoarele:

$$y_{i,3} = B_{30}k_{i0} + B_{31}k_{i1} + B_{32}k_{i2} \quad (2.16)$$

în care:

K_{i0} - numărul de comenzi asociate clientului i ;

B_{30} - costurile de materiale pe material, incluzând acceptarea și manipularea comenzilor clienților, introducerea comenzilor clienților în format intern întreprinderii și întocmirea ordinului de livrare;

K_{i1} -numărul de documente întocmite pentru achiziția de materiale pentru clientul i ;

B_{31} - costurile de procesare a documentelor de achiziție, care includ transmiterea ordinelor de achiziție, precum și procesarea ordinelor de achiziție;

K_{i2} - numărul documentelor financiare asociate clientului i ;

B_{32} -costurile de procesare a documentelor financiare asociate ordinelor clientului i , care includ costurile operațiunilor bancare.

Costurile de transport alocate clientului i sunt:

$$y_{i,4} = B_{40} \sum_{s \in S_i} R_{is} + B_{41} \sum_{s \in S_i} Q_{is} L_i \quad (2.17)$$

în care:

B_{40} - costul unei unități transportate;

L_i - distanța dintre producător și beneficiar;

R_{is} - cantitatea din produsul s comandată de clientul i ;

B_{41} - cheltuieli de expediție ale produsului.

Costurile cu încărcarea, descărcarea, manipularea și stocajul ce revin pe clientul i , sunt:

$$y_{i,5} = B_{50} \sum_{s \in S_i} Q_{is} + B_{51} \sum_{s \in S_i} Q_{is} + +B_{52} \sum_{s \in S_i} Q_{is} V_s + B_{53} \sum_{s \in S_i} C_s Q_{is} r_s \quad (2.18)$$

în care:

B_{50} - costul de încărcare și descărcare pe unitatea de produs;

B_{51} - costul de manipulare pe unitatea de produs;

B_{52} - costul de depozitare pe unitatea de volum ;

B_{53} - procentul de cost determinat de stocarea resurselor financiare;

B_{54} - cheltuieli de expediție ale produsului;

V_s - volumul mediu al unității de produs;

C_s - costul de achiziție a unității de materie primă pentru produsul s ;

R_s - cantitatea de materie primă consumată pe unitatea de produs.

Costurile de ambalare asociate unui client i sunt:

$$y_{i,6} = B_{60} \sum_{s \in S_i} R_{is} + B_{61} \sum_{s \in S_i} \frac{R_{is}}{n_{is}} \quad (2.19)$$

în care:

B_{60} - costul de ambalare pe produs;

R_{is} - cantitatea de produse comandate de clientul i ;

B_{61} - costul total obținut prin adunarea costului ambalajelor, operațiunii de ambalare și etichetare ;

B_{53} - procentul de cost determinat de stocarea resurselor financiare;

B_{54} - cheltuieli de expediție ale produsului;

V_s - volumul mediu al unității de produs;

C_s - costul de achiziție a unității de materie primă.

Costurile de procesare alocate unui client sunt:

$$y_{i,7} = \sum_{s \in S_i} \sum_{w \in W} B_{7w} Q_{is} \quad (2.20)$$

în care:

W - setul operațiilor de prelucrare;

B_{7w} - tariful orar pentru fiecare operație;

w - setul de operații aferente produsului s .

Costurile de achiziție a materialelor alocate clientului i sunt:

$$y_{i,8} = \sum_{s \in S_i} C_s Q_{is} r_s \quad (2.21)$$

Costul total aferent clientului i este:

$$U_i = \sum_{j=1}^8 y_{ij} \quad (2.22)$$

Simularea ABC

Modelarea ABC, implementată în mediul Anylogic, permite elaborarea a două module:

- simularea Activity Based Costing;
- analiza și optimizarea Activity Based Costing.

Aplicația conține un model simplist de shopfloor, unde costurile asociate cu procesarea produsului sunt calculate și analizate folosind ABC. Fiecărui produs i se alocă anumite resurse, este procesat de o mașină, transportat și eliberează resursele. Ori de câte ori produsul este în sistem, se aplică costul existenței. În timp ce o unitate de resurse este consumată de produs, costul aferent este alocat produsului, altfel se aplică costul inactiv.

Prelucrarea la mașină și transportul au costuri fixe directe, care sunt diferite pentru echipamente cu performanțe diferite. Costurile acumulate de un produs sunt defalcate în mai multe categorii pentru analiză și optimizare. Parametrii shopfloor pot fi setați manual.

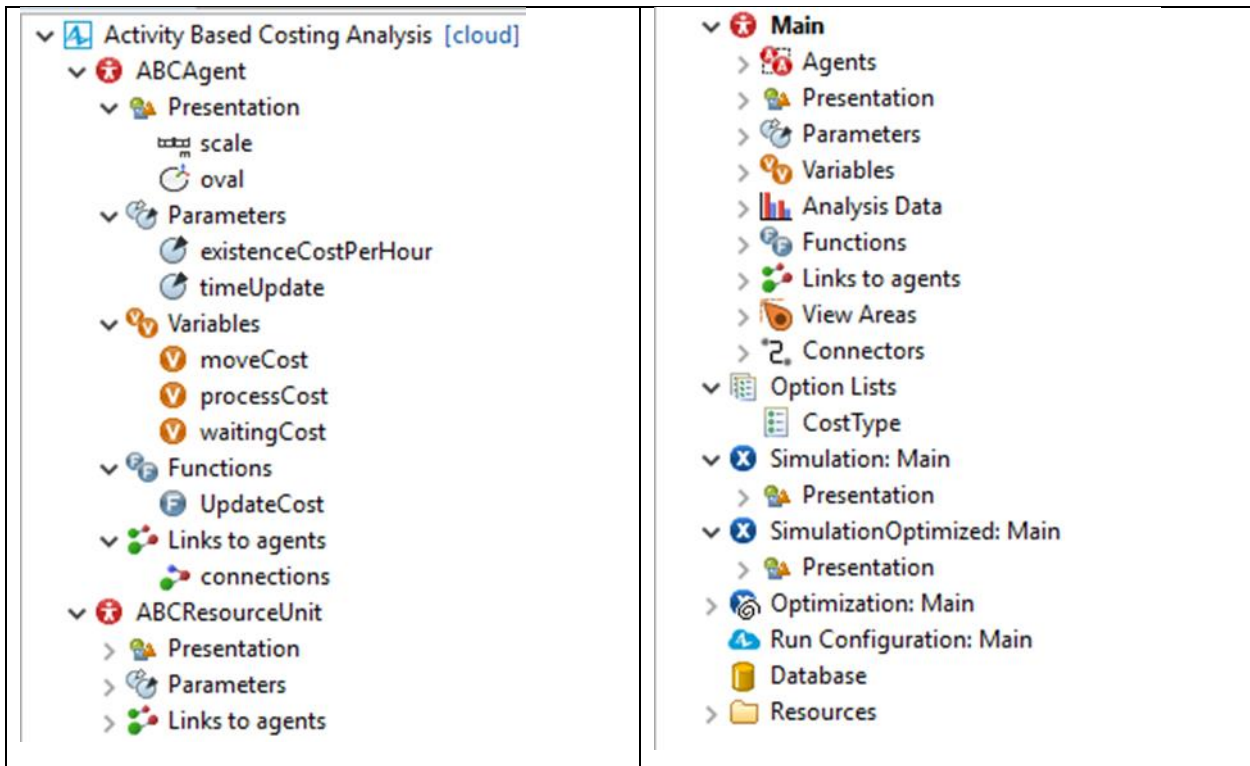


Fig. 48 Definirea agenților, a parametrilor și a variabilelor

Figura 48 reprezintă meniul de proiectare al aplicației. Cele două facilități vor fi dezvoltate plecând de la modelul anterior.

Cele trei elemente de cost, respectiv costurile de mișcare, de proces și de așteptare sunt definite ca variabile ale sistemului. Parametrii de intrare sunt reprezentați de timp și de costul orar.

Definirea unei funcții specifice care realizează actualizarea costului a fost prevăzută în faza de proiectare a aplicației.

Figura 49 descrie definirea proprietăților specifice modelului, respectiv caracteristicile metodelor numerice ce vor fi aplicate pentru sistemul dat.

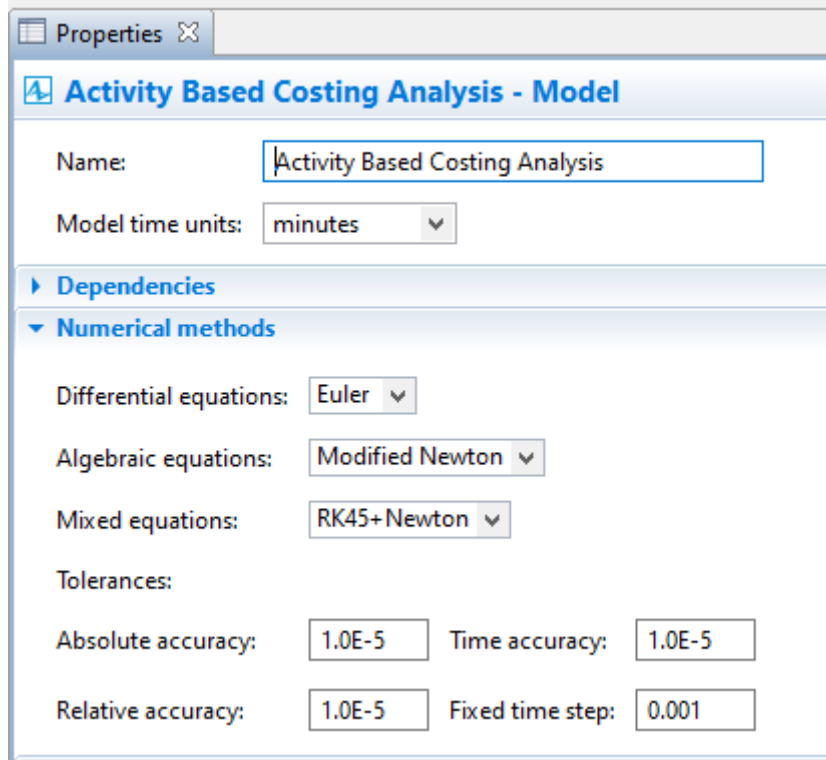


Fig. 49 Alegerea opțiunilor privind metodele numerice

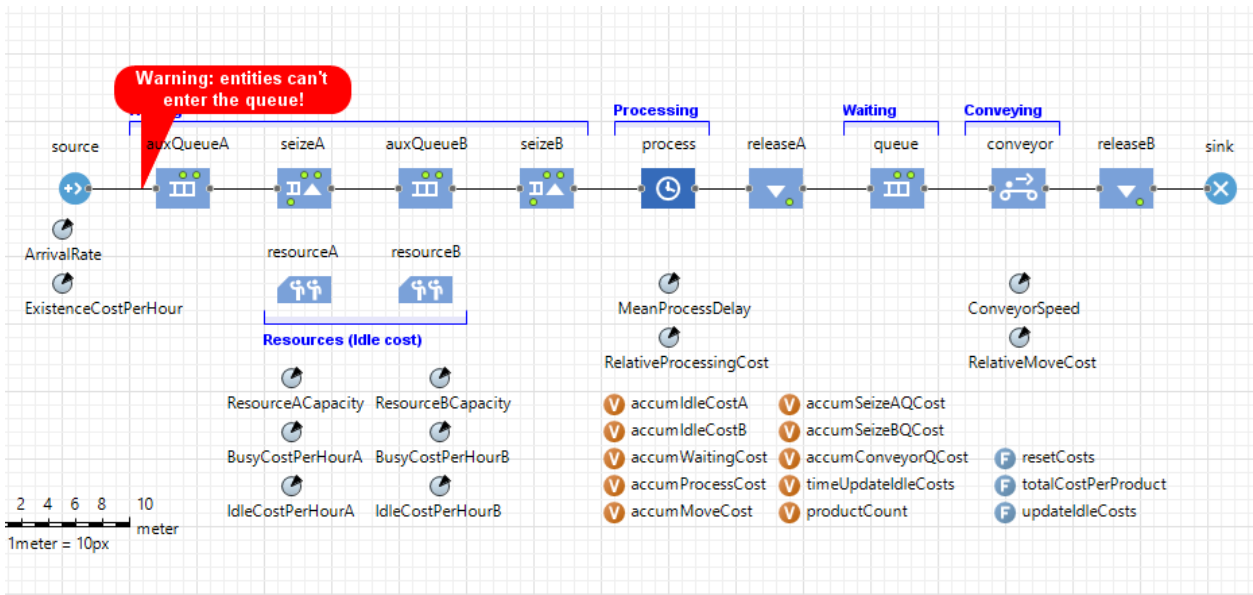


Fig. 50 Modelarea procesului de fabricație

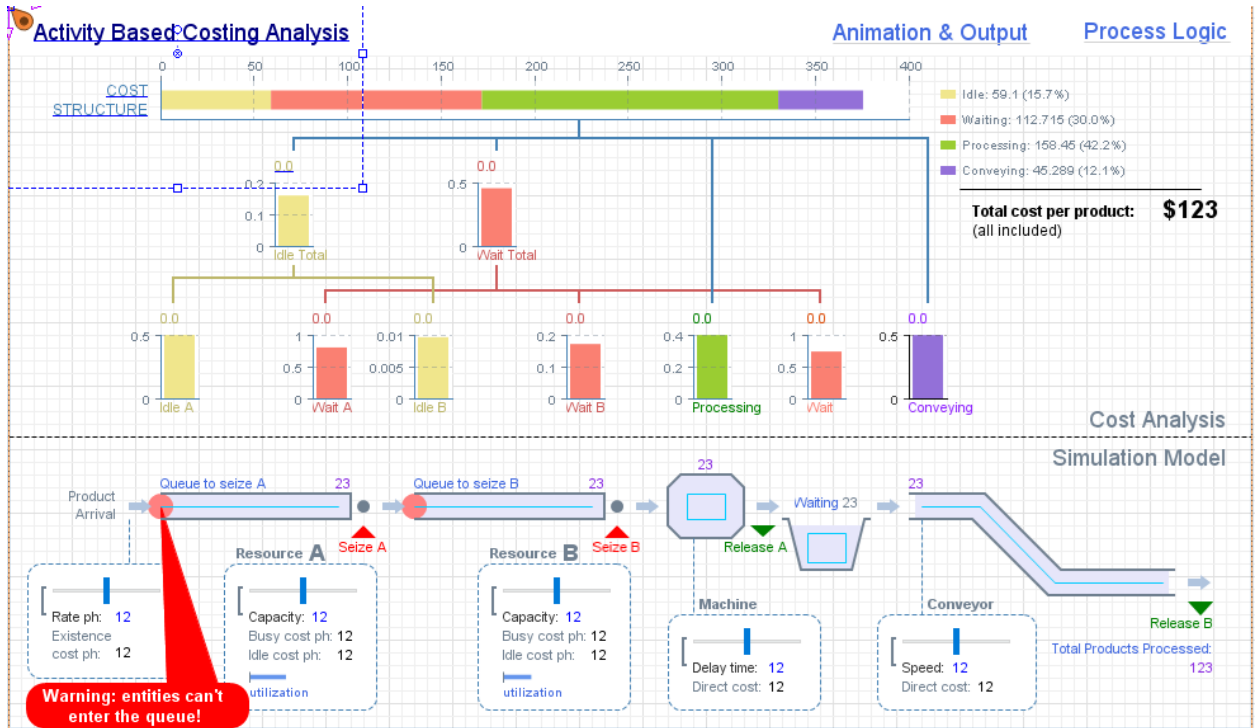


Fig. 51 Adăugarea opțiunilor

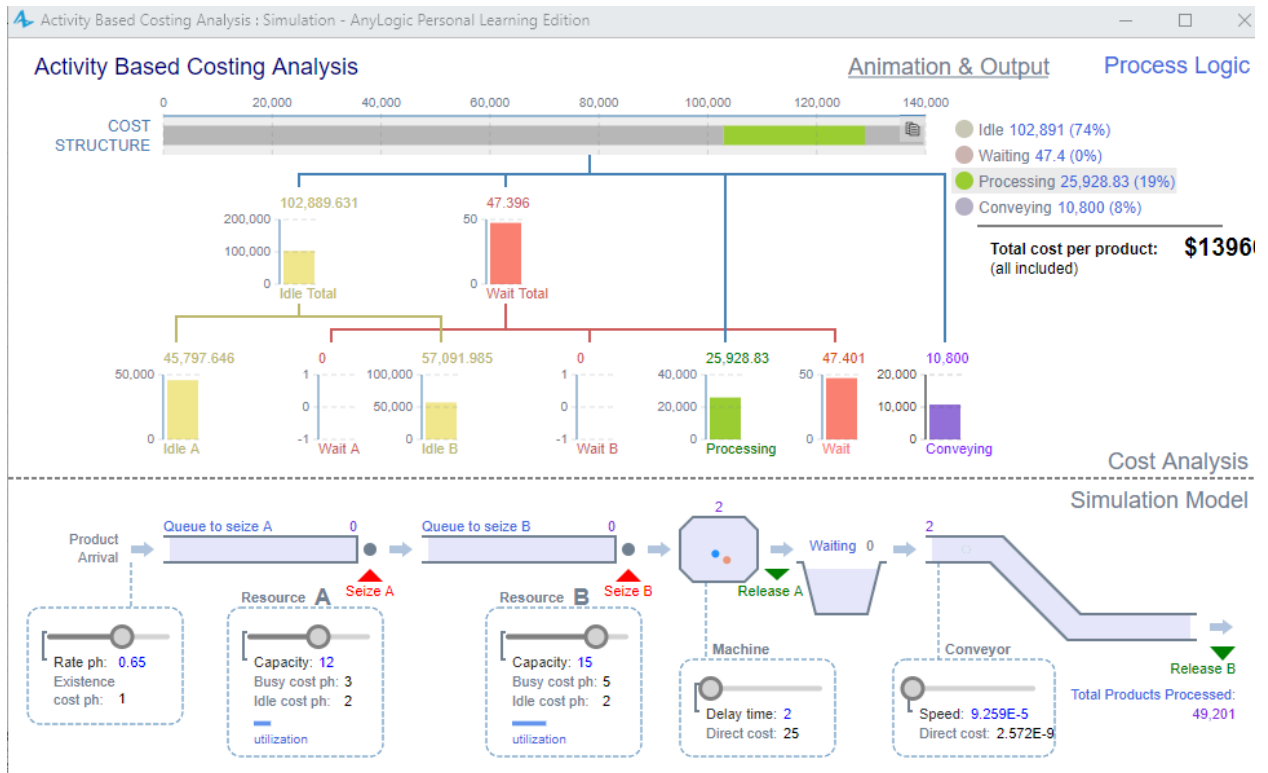


Fig. 52 Rularea simulării – Animation-Output

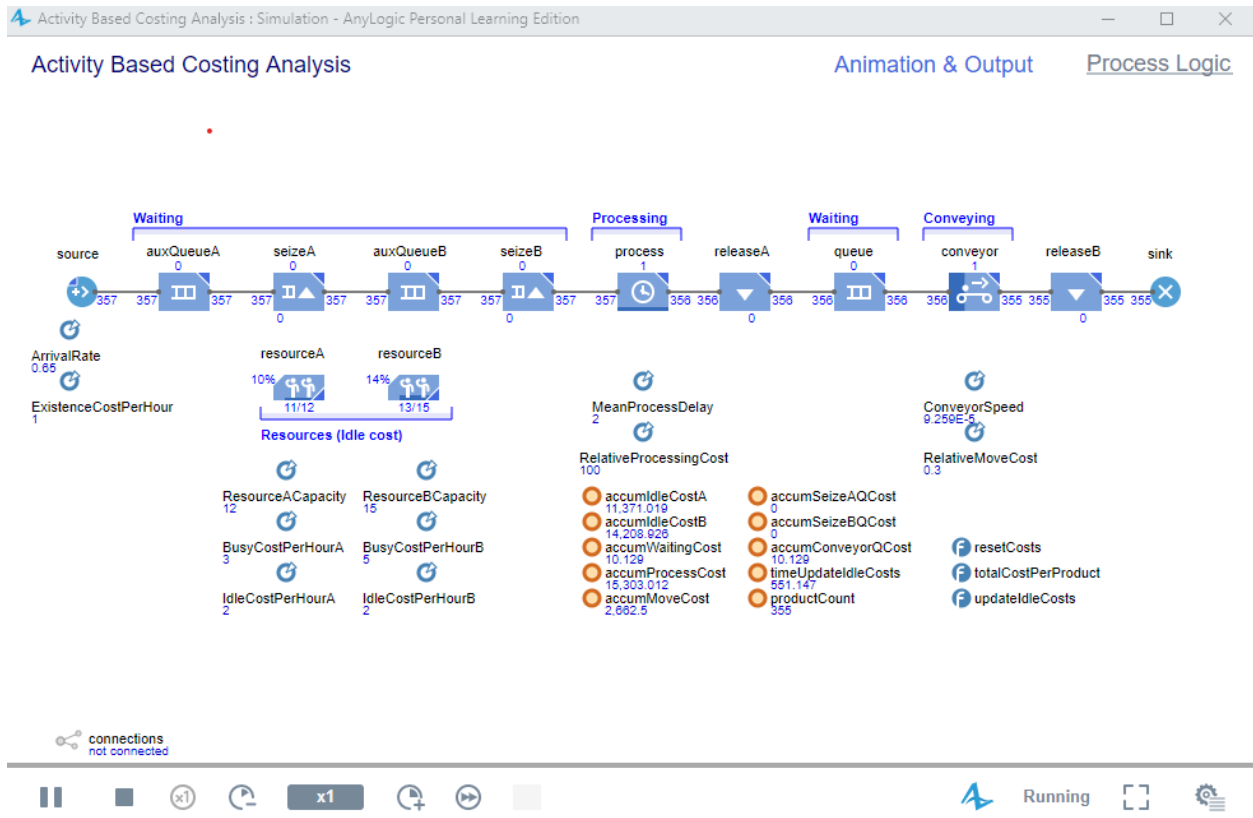


Fig. 53 Rularea simulării - proces

Ca rezultat al simulării, în faza de analiză/optimizare se generează fișiere EXCEL, ce conțin informații despre parametrii de intrare și ieșire ai procesului.

Metoda Monte Carlo (MC) este definită ca ansamblul procedurilor care permit rezolvarea unei probleme prin experiment/simulare statistică.

În principiu, metoda MC realizează înlocuirea valorilor variabilelor aleatoare cu o mulțime finită de valori cu aceleași proprietăți statistice, analiza sistemului se efectuează prin simulare.

Aplicarea metodei MC necesită rezolvarea a două probleme de bază:

1. Stabilirea funcțiilor de repartiție pentru variabilele aleatoare luate în considerare la modelarea fenomenului.
2. Folosirea unei surse de numere aleatoare.

Generarea numerelor aleatoare obținute cu ajutorul calculatorului este imposibilă deoarece utilizează algoritmi care nu pot asigura o corelație nulă, însă pentru cele mai multe aplicații se pot obține numere pseudoaleatoare de calitate foarte bună.

Activity Based Costing Analysis - Optimization

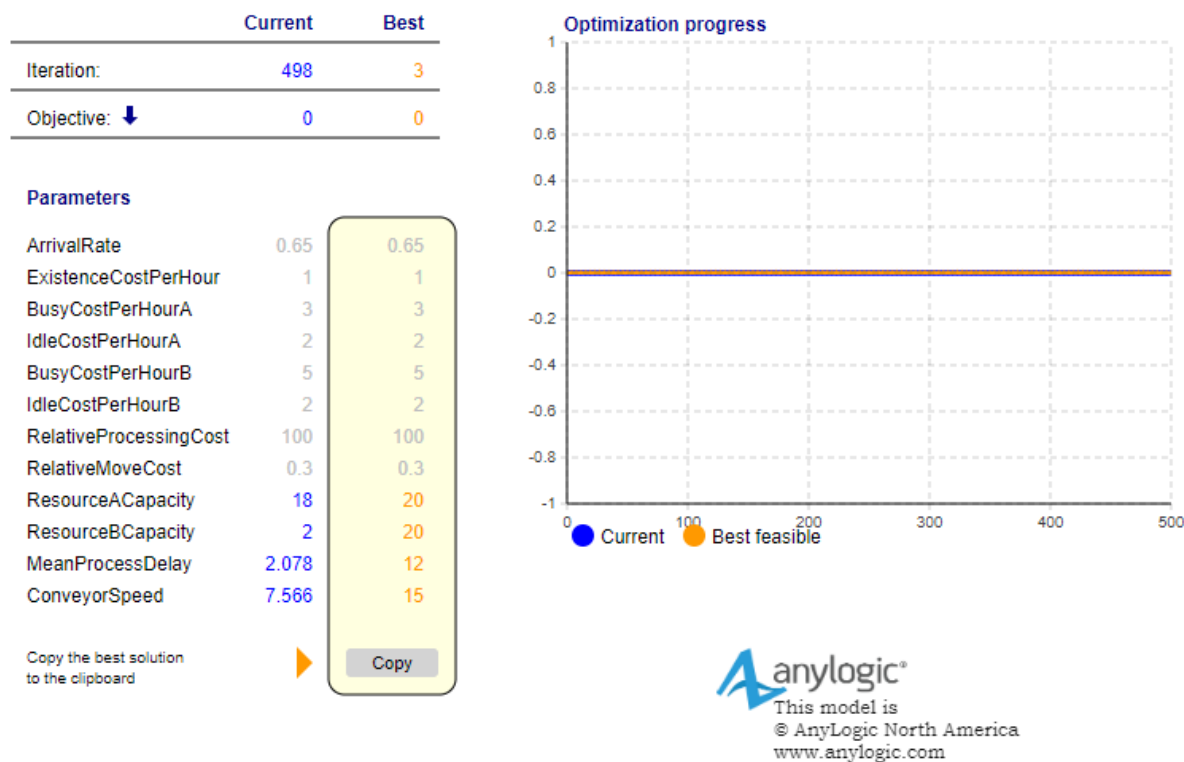


Fig. 54 Opțiunea de optimizare

Condițiile generării numerelor pseudoaleatoare cu repartiție uniformă sunt:

- funcția de repartiție nu trebuie să difere semnificativ de:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{pentru } x \leq 0 \\ x, & \text{pentru } x \in [0,1] \\ 1, & \text{pentru } x \geq 1 \end{cases} \quad (2.23)$$

- repartiție statistic independentă;
- seria de numere pseudoaleatoare trebuie să fie reproductibilă;
- repartiție stabilă;
- perioadă de repetiție mare și predeterminabilă a numerelor

- pseudoaleatoare;
- viteză mare de generare, să necesite resurse de memorie reduse.

Având în vedere opțiunile de simulare alese, vor rezulta datele de ieșire, pe care sistemul le centralizează în fișiere EXCEL.

Cele patru fișiere generate conțin următoarele informații:

- a) Simulare:

Experiment

Parametrii de intrare:

2. Parametrii de intrare pentru modelul de simulare

Denumire	Valoare	u.m.
Parametrii de cost		
Cost/orar, valoare existentă	1	
Cost de procesare relativ, u.m.	100	
Cost de mutare relativ, u.m.	0,3	
Parametrii de fabricație		
Rata de sosire, per zi	0,65	zilnic
Capacitatea resursei A	14	
Capacitatea resursei B	15	
Timp mediu de procesare	2	zile
Parametrii experimentului		
Număr de replici	3	
Random	1	
Mod de oprire	La momentul specificat	
Timp de start	0	zile
Data de start	14.04.2019 10:23:17	
Timpul de oprire	2000	zile
Data de oprire	05.10.2024 10:23:17	

Un element important este consumul de resurse de memorie. Sistemul evidențiază un consum de memorie scăzut. Acesta este raportat în fiecare tabel cu parametri de ieșire.

Parametrii de intrare prezentați anterior vor conduce, după simulare, la următorii parametri de ieșire (tabelul 17).

3. Parametrii de ieșire

Output cost total per produs			
De la	Hits	PDF	CDF
126	1	0,3333333333	0,3333333333
126,100044	0	0	0,3333333333
126,200088	0	0	0,3333333333
126,300132	0	0	0,3333333333
126,400176	0	0	0,3333333333
126,50022	0	0	0,3333333333
126,600264	0	0	0,3333333333
126,700308	0	0	0,3333333333
126,800352	0	0	0,3333333333
126,900396	1	0,3333333333	0,6666666667
127,00044	0	0	0,6666666667
127,100484	0	0	0,6666666667
127,200528	0	0	0,6666666667
127,300572	0	0	0,6666666667
127,400616	0	0	0,6666666667
127,50066	0	0	0,6666666667
127,600704	0	0	0,6666666667
127,700748	0	0	0,6666666667
127,800792	0	0	0,6666666667
127,900836	1	0,3333333333	1
Parametrii statistici			
Count	3		
Mean	127		
Min	126		
Max	128		
Deviation	1		
Mean confidence	1,602724347		
Sum	381		

Fișierul EXCEL rezultat va conține următoarele informații privind structura de cost și starea produsului.

4. Structura de cost a produsului

Structura de cost		Starea produsului	
Nume	Valoare	Nume	Valoare
Idle	74.33	Idle Total	74.33
Waiting	0.024	Total waiting state Wait Total	0.024
Processing	43.04	Total processing state Processing Total	43.04
Conveying	7.500	Total conveying state Conveying Total	7.50

b) Simulare Monte Carlo de ordinul I

Denumire	Valoare	u.m.
Parametrii de cost		
Cost orar	1	
Cost relative de procesare	100	
Cost relativ de mișcare	0.3	
Parametrii de fabricație		
Rata sosirii	0.65	zilnic
Capacitatea resursei A	12	
Capacitatea resursei B	15	
Timp mediu de procesare	2	zile
Parametrii experimentului		
Număr de replici	3	
Random seed	1	
Modul de oprire	La timpul specificat	
Timpul de start	0	Days
Data de start	14.04.2018 10:23:17	
Timpul de stop	2000	Days
Data de stop	05.10.2023 10:23:17	

Output total cost per produs			
De la	Hits	PDF	CDF
122.997956	1	0.333333333	0.333333333
123.098148	0	0	0.333333333
123.19834	0	0	0.333333333
123.298532	0	0	0.333333333
123.398724	0	0	0.333333333
123.498916	0	0	0.333333333
123.599108	0	0	0.333333333
123.6993	0	0	0.333333333
123.799492	0	0	0.333333333

123.899684	0	0	0.333333333
123.999876	1	0.333333333	0.666666667
124.100068	0	0	0.666666667
124.20026	0	0	0.666666667
124.300452	0	0	0.666666667
124.400644	0	0	0.666666667
124.500836	0	0	0.666666667
124.601028	0	0	0.666666667
124.70122	0	0	0.666666667
124.801412	0	0	0.666666667
124.901604	1	0.333333333	1
Parametrii statistici			
Count			3
Mean			124
Min			123
Max			125
Deviation			1
Mean confidence			1.602724347
Sum			372

c) Simulare Monte Carlo de ordinul II

Nume	Valoare	Tip	Min	Max
Cost orar	1	Fix		
Cost relative de procesare	100	Fix		
Cost relativ de mișcare	0.3	Fix		
Rata sosirii	0.65	Fix		
Capacitatea resursei A		Uniform discret	10	14
Capacitatea resursei B		Uniform discret	13	17
Timp mediu de procesare	2	Fix		
Număr de iterații	10	Fix		
Număr de replici	3	Fix		
Random seed	1	Fix		
Modul de oprire	La momentul specificat			
Timpul de start	0	Fix		
Data de start	14.04.2018 10:23:17	Fix		
Timpul de stop	2000	Fix		
Data de stop	05.10.2023 10:23:17	Fix		

Output total cost per produs			
From	Hits	PDF	CDF
108.994864	1	0.04	0.04
109.995292	0	0	0.04
110.99572	1	0.04	0.08
111.996148	0	0	0.08
112.996576	0	0	0.08
113.997004	3	0.12	0.2
114.997432	2	0.08	0.28
115.99786	2	0.08	0.36
116.998288	0	0	0.36
117.998716	0	0	0.36
118.999144	0	0	0.36
119.999572	0	0	0.36
121	1	0.04	0.4
122.000428	3	0.12	0.52
123.000856	2	0.08	0.6
124.001284	2	0.08	0.68
125.001712	4	0.16	0.84
126.00214	2	0.08	0.92
127.002568	2	0.08	1
128.002996	0	0	1
Parametrii statistici			
Count	25		
Mean	121.04		
Min	109		
Max	128		
Deviation	5.933520596		
Mean confidence	2.444610486		
Sum	3026		

d) Modificarea capacității resurselor

Denumire	Valoare	Tip	Min	Max	Step
Cost orar actual	1	Fix			
Cost relative de procesare	100	Fix			
Cost relativ de mișcare	0.3	Fix			
Rata de aprovizionare, zilnic	0.65	Fix			
Resource A capacity		Interval fix	12	20	1
Resource B capacity		Interval fix	7	20	1
Timp mediu de procesare	2	Fix			

Random seed	1	Fix			
Mod de stop	La momentul specificat				
Timp de start	0	Fix			
Data de start	14.04.2018 10:23:17	Fix			
Timp de stop	2000	Fix			
Data de stop	05.10.2023 10:23:17	Fix			

Total cost per produs în funcție de capacitatea resursei A									
Capacitatea resursei A	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Minimum	98	98	102	104	109	109	114	116	121
First quartile	104	109	112	114	116	121	124	126	128
Median	115	118.5	122.5	125	127	130.5	135	137.5	139
Third quartile	126	128	133	137	138	140	145	150	150
Maximum	137	138	140	150	150	150	151	163	163

Input		Cost total al produsului
Resursa A	Resursa B	Output Cost total al produsului
12	7	99
12	8	98
12	9	102
12	10	104
12	11	112
12	12	109
12	13	114

2.2.2 Sisteme de fabricație sustenabilă. Optimizare multiobiectiv

Conceptul de fabricație LEAN nu include și considerente de mediu, respectiv consumul de energie și emisiile de dioxid de carbon. Pentru dezvoltarea dezvoltarea unui sistem de fabricație sustenabil (sustainable manufacturing system SMS) vor fi luați în considerare și acești factori de mediu. În acest context, se impune abordarea multiobiect a modelării unui SMS, respectiv evaluarea consumului de energie și a emisiilor de CO₂ în raport cu costul total [NUJ 19, TRU 18].

MOO ce va fi prezentat în continuare dezvoltă un SMS considerând ca variabile sunt furnizorii, s, fabrica f și depozitul w. Modelul MOO are ca scop determinarea soluției optime luând în considerare cele trei

funcții obiectiv, respectiv costul investiției necesare pentru configurarea sistemului de fabricație, consumul total de energie al sistemului de fabricație și emisiile totale de CO₂.

Modelul dezvoltat MOO poate fi utilizat pentru obținerea unui optim în configurarea SMS-urilor ținând cont atât de criteriile economice, cât și de responsabilitățile legate de mediu, reflectate în minimizarea costului total, al consumului total de energie și al emisiilor de CO₂.

Abordarea costurilor din perspectiva LEAN va fi prezentată ca optimizare multiobiectiv [NUJ 19, VET 19], astfel:

1. Optimizarea costurilor are în vedere definirea funcției obiectiv de minimizare și a condițiilor de existență

$$\text{Min}Z_1 = C_s^{es} + C_f^{es} + C_{ws}^{es} + C_s^{ma} + C_f^{ma} + C_s^{ir} + C_f^{ir} + C_w^{ir} + C_s^{il} + C_f^{il} + C_w^{il} + C_{sf}^r + C_{sfw}^{mp} + C_{sf}^t + C_{fw}^t + C_l^t \quad (2.24)$$

în care:

Z_1 – costul total al produsului

C_s^{es} – costurile generate de alegerea furnizorilor

C_f^{es} – costurile generate de alegerea fabricilor

C_{ws}^{es} – costurile generate de alegerea depozitelor

C_s^{ma} – costul mașinilor, implicate în procesul j la furnizorul s

C_f^{ma} – costul mașinilor, implicate în procesul i la fabrica f

C_f^{ir} – costul cu răcirea/încălzirea, implicate în procesul i la fabrica f

C_s^{ir} – costul iluminării, implicate în procesul i la furnizorul s

C_w^{ir} – costul iluminării, implicate în procesul i la depozitul w

C_f^{il} – costul iluminării, implicate în procesul i la fabrica f

C_s^{il} – costul iluminării, implicate în procesul i la furnizorul s

C_w^{il} – costul iluminării, implicate în procesul i la depozitul w

C_{sf}^r – costul total cu materiile prime la furnizorul s

C_{sfw}^{mp} – costul total de fabricație în fabrica f

C_{sf}^t – costul total de transport al materiei prime, pe km, între s și f

C_{fw}^t – costul total de transport al produselor finite, pe km, definind resursa ca depinzând de f și w

C_l^t – costul total de transport al produselor, pe km, definind resursa l ca depinzând de s , f și w

Pentru dezvoltarea ecuației 2.24 [NUJ 19], se consideră formulele privind costurile implicate pentru stabilirea furnizorilor, s , fabricilor f și depozitelor w , respectiv C_s^{es} , C_f^{es} și C_w^{es} , astfel:

$$C_s^{es} = C_s^{teren} + C_s^{construcții} + C_s^{echipamente} + C_s^{servicii} + C_s^{salarii} \quad (2.25)$$

$$C_f^{es} = C_f^{teren} + C_f^{construcții} + C_f^{echipamente} + C_f^{servicii} + C_f^{salarii} \quad (2.26)$$

$$C_w^{es} = C_w^{teren} + C_w^{construcții} + C_w^{echipamente} + C_w^{servicii} + C_w^{salarii} \quad (2.27)$$

Costul mașinilor, C_s^{ma} și C_f^{ma} implicate în procesul j la furnizorul s , în procesul i la fabrica f și la depozitul w este definit astfel:

$$C_s^{ma} = \sum_{j=1}^{\Pi s} C_{sj}^{ma} n_{sj}^{mașină} \quad (2.28)$$

$$C_f^{ma} = \sum_{i=1}^{\Pi f} C_{fi}^{ma} n_{fi}^{mașină} \quad (2.29)$$

Costurile necesare cu încălzirea/răcirea sunt C_s^{ir} , C_f^{ir} și C_w^{ir} implicate în procesul j la furnizorul s , în procesul i la fabrica f și la depozitul w :

$$C_s^{ir} = \sum_{j=1}^{\Pi s} C_{sj}^{ir} n_{sj}^{ir} \quad (2.30)$$

$$C_f^{ir} = \sum_{i=1}^{\Pi f} C_{fi}^{ir} n_{fi}^{ir} \quad (2.31)$$

$$C_w^{ir} = \sum_{w=1}^{\Pi w} C_w^{ir} n_w^{ir} \quad (2.32)$$

Costurile necesare cu iluminarea sunt C_s^{il} , C_f^{il} și C_w^{il} implicate în procesul j la furnizorul s , în procesul i la fabrica f și la depozitul w :

$$C_s^{il} = \sum_{j=1}^{\Pi s} C_{sj}^{bulp} n_{sj}^{bulp} \quad (2.33)$$

$$C_f^{il} = \sum_{i=1}^{\Pi f} C_{fj}^{bulp} n_{fj}^{bulp} \quad (2.34)$$

$$C_w^{il} = \sum_{w=1}^W C_w^{bulp} n_w^{bulp} \quad (2.35)$$

Costul total cu materiile prime la furnizorul s , C_{sf}^r va fi calculat astfel:

$$C_{sf}^r = \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^F C_s^r q_{sf}^r \quad (2.36)$$

Costul total de fabricație în fabrica f , C_{fw}^{mp} este determinat astfel:

$$C_{fw}^{mp} = \sum_{f=1}^F \sum_{w=1}^W C_j^{mp} q_{fw}^{mp} \quad (2.37)$$

Costul total de transport al materiei prime, C_{sf}^t pe km, între s și f este:

$$C_{sf}^t = \sum_{s=1}^S \sum_{f=1}^F C_{sf}^t \frac{q_{sf}^r}{V} T_{sf} \quad (2.38)$$

Costul total de transport al produselor finite, C_{fw}^t pe km, definind resursa ca depinzând de f și w

$$C_{fw}^t = \sum_{f=1}^F \sum_{w=1}^W C_{fw}^t \frac{q_{fw}^{mp}}{V} T_{fw} \quad (2.39)$$

Costul total de transport al produselor, C_l^t pe km, definind resursa l ca depinzând de s , f și w

$$C_l^t = \sum_{s=1}^S \sum_{f=1}^F C_{sf}^t \frac{q_{sf}^r}{V} T_{sf} + \sum_{f=1}^F \sum_{w=1}^W C_{fw}^t \frac{q_{fw}^{mp}}{V} T_{fw} \quad (2.40)$$

în care $l \in \{s, f, w\}$

Costul total cu stocurile C_{fw}^l în depozitul w se determină astfel:

$$C_{fw}^l = \sum_{f=1}^F \sum_{w=1}^W C_w^l q_{fw}^{mp} \quad (2.41)$$

Problema de programare liniară va fi definită exprimând funcția obiectiv și condițiile de existență [NUJ 19]. Funcția obiectiv este o funcție de minimizarea a costurilor totale, astfel:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_1 = & C_s^{\text{teren}} + C_s^{\text{construcții}} + C_s^{\text{echipamente}} + C_s^{\text{servicii}} + C_s^{\text{salarii}} + C_f^{\text{teren}} + C_f^{\text{construcții}} + \\ & C_f^{\text{echipamente}} + C_f^{\text{servicii}} + C_f^{\text{salarii}} + C_w^{\text{teren}} + C_w^{\text{construcții}} + C_w^{\text{echipamente}} + C_w^{\text{servicii}} + \\ & C_w^{\text{salarii}} C_s^{\text{mach}} + \sum_{j=1}^{\Pi s} C_{sj}^{\text{ma}} n_{sj}^{\text{mașină}} + \sum_{i=1}^{\Pi f} C_{fi}^{\text{ma}} n_{fi}^{\text{mașină}} + \sum_{j=1}^{\Pi s} C_{sj}^{\text{ir}} n_{sj}^{\text{ir}} + \sum_{i=1}^{\Pi f} C_{fi}^{\text{ir}} n_{fi}^{\text{ir}} + \\ & \sum_{w=1}^W C_w^{\text{ir}} n_w^{\text{ir}} C_s^{\text{il}} + \sum_{j=1}^{\Pi s} C_{sj}^{\text{il}} n_{sj}^{\text{il}} + \sum_{i=1}^{\Pi f} C_{fi}^{\text{il}} n_{fi}^{\text{il}} + \sum_{w=1}^W C_w^{\text{il}} n_w^{\text{il}} + \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^F C_s^r q_{sf}^r + \\ & \sum_{f=1}^F \sum_{w=1}^W C_j^{\text{mp}} q_{fw}^{\text{mp}} + \sum_{s=1}^S \sum_{f=1}^F C_{sf}^t \frac{q_{sf}^r}{V} T_{sf} + \sum_{f=1}^F \sum_{w=1}^W C_{fw}^t \frac{q_{fw}^{\text{mp}}}{V} T_{fw} \quad (2.42) \end{aligned}$$

În condițiile de nenegativitate a cantităților de materiale q pentru facilitatea /

$$\begin{cases} q_{sj}^r \geq 0 \\ q_{sf}^r \geq 0 \\ q_{fi}^r \geq 0 \\ q_{fw}^{mp} \geq 0 \end{cases} \quad (2.43)$$

Având în vedere analiza atributului de sustenabilitate a procesului de producție, propunem definirea funcțiilor obiectiv pentru minimizarea energiei consumate, Z_2 , și pentru minimizarea emisiilor de dioxid de carbon, Z_3 .

- Definirea problemei de programare linară pentru optimizarea consumului de energie electrică presupune construirea funcției obiect

$$\text{Min } Z_2 = \sum_{j=1}^{\Pi s} E_{sj}^{ma} + E_{sj}^{ir} + E_{sj}^{il} + E_{sj}^{comp} + \sum_{i=1}^{\Pi sf} (E_{fi}^{mach} + E_{fi}^{ir} + E_{fi}^{il} + E_{fi}^{comp}) + E_w^{ir} + E_w^{il} \quad (2.44)$$

Condițiile în care va fi rezolvată funcția obiectiv, de minim, se referă la rata de fabricație k pentru operația j și i la furnizorul s și fabrica f care trebuie să fie mai mare sau egală cu cantitatea de material necesară pentru următoarea operație, $(j+1)$ și $(i+1)$ la furnizorul s și fabrica f .

Acestea vor fi de forma:

$$\begin{cases} k_{sj} n_{sj}^{masina} \geq q_{s(i+1)}^r \\ k_{fj} n_{fj}^{masina} \geq q_{f(i+1)}^r \end{cases} \quad (2.45)$$

în care:

E_{sj}^{ma} - energia consumată pentru mașini pentru procesul j la furnizorul s .

E_{sj}^{ir} - energia consumată pentru încălzire/răcire pentru procesul j la furnizorul s .

E_{sj}^{il} - energia consumată pentru iluminare pentru procesul j la furnizorul s .

3. Definirea problemei de programare linară pentru optimizarea emisiei de CO₂

$$\text{Min } Z_3 = \sum_{j=1}^{\Pi s} (e_{sj}^{ma} + e_{sj}^{ir} + e_{sj}^{il} + e_{sj}^{comp}) + e_{sf}^l + e_{fw}^t + \sum_{i=1}^{\Pi f} (e_{fi}^{ma} + e_{fi}^{ir} + e_{fi}^{il} + e_{fi}^{comp}) + e_w \quad (2.46)$$

În condițiile:

$$\begin{cases} k_{sj} n_{sj}^{masina} \geq q_{s(i+1)}^r \\ k_{fj} n_{fj}^{masina} \geq q_{f(i+1)} \end{cases} \quad (2.47)$$

în care:

Z_3 - emisiile totale de carbon

e_{sj}^{ma} - emisiile determinate de funcționarea mașinilor pentru procesul j la furnizorul s .

e_{sj}^{ir} - emisiile determinate de încălzire/răcire pentru procesul j la furnizorul s .

e_{sj}^{il} - emisiile determinate de iluminare pentru procesul j la furnizorul s .

e_{sf}^l - emisiile cauzate de transport pentru procesul j și furnizorul s .

e_{fw}^t - emisiile cauzate de transport pentru procesul j și furnizorul s .

Analizând MOO propus, se poate concluziona că, în condițiile proiectării unui sistem de fabricație sustenabilă, soluțiile obținute vor avea următoarele caracteristici:

- atât costul total al produsului, cât și consumul de energie și emisiile de CO₂ sunt luate în considerare;
- determinarea numărului optim de mașini;
- determinarea fluxului optim de materiale din sistemul de fabricație.

Implementarea modelului matematic descris va fi realizată cu ajutorul unui mediu specializat în acest tip de problemă.

Concluzii

Rezultatele cercetărilor teoretice, experimentale și prin simulare numerică, ulterioare susținerii tezei de doctorat, care au stat la baza elaborării prezentei teze de abilitare, permit evidențierea următoarelor contribuții ale autoarei:

- Analiza metodologiei LEAN manufacturing și a instrumentelor de proiectare și analiză a fluxului de materiale și informații au creat cadrul propunerii unui nou model de simulare a VSM. Modelul introduce doi pași suplimentari, respectiv simularea VSA și simularea VSD [PAR 16a], [PAR 16c], [PAR 18a], [STA 18a].
- Modelarea VSD este proiectată după metodologia ABM. Sunt evidențiate astfel avantajele acestui tip de modelare, comparativ cu evenimentele discrete și sistemele dinamice [PAR 15b], [PAR 19a], [VET 19].
- Aplicarea modelului în mediul Anylogic și proiectarea simulării, cu metodele aferente, are ca rezultat construirea modelului de simulare. [PAR 15a], [PAR 19a].
- Validarea modelului de simulare prin două aplicații în mediu industrial [PAR 17b], [PAR 19b].
- Definirea și determinarea indicatorilor de performanță pentru sistemul propus [PAR 16a], [PAR 17b].
- Definirea, pentru modelul de simulare din industria electronică, a parametrilor statistici, în sistem Adaptiv [PAR 18b].
- Definirea parametrilor este urmată de simulare și de calculul indicatorilor de performanță [PAR 16b].
- Analiza MFCA în context LEAN manufacturing. Identificarea avantajelor integrării celor două metodologii [STA 18a], [STA 18b].
- Dezvoltarea metodologiei PDCA pentru MFCA [STA 18a], [VET 19].
- Utilizarea, ca metodă de calcul a costurilor unui produs, a Activity Based Costing [PAR 15a], [PAR 15b].
- Descrierea modelului matematic pentru ABC [PAR 15a], [PAR 15b].
- Crearea modelului de simulare ABC pe platforma Anylogic [PAR 18b], [PAR 19a].
- Definirea parametrilor de intrare și calculul parametrilor de ieșire ai ABC, prin simulare Monte Carlo, de nivelul I și nivelul II [PAR 17a], [PAR 17b].
- Definirea unui model de optimizare multiobiectiv pentru sistemele de fabricație sustenabilă, prin introducerea, pe lângă optimizarea costurilor, a optimizării consumului de energie și a emisiei de dioxid de carbon [STA 18a], [STA 1b], [VET 19].

- Integrarea LEAN manufacturing și MFCA și identificarea unor noi direcții de cercetare.

Direcții viitoare de cercetare

Sinteza temelor de cercetare științifică prezentate în teza de abilitare generează un portofoliu de teme ce pot constitui viitoare subiecte de cercetare prin programul de doctorat. În contextul noilor provocări la care trebuie să răspundă organizațiile, rolul sistemului informațional a devenit unul strategic. Cercetările privind noi instrumente de integrare și prelucrare a schimbului de date vor reprezenta un domeniu de mare interes pentru societate.

Astfel, în contextul LEAN, din perspectivă LEAN 4.0, se pot defini teme ca:

- Modelare și simularea comparativă a entităților VSM, ABC și MFCA, utilizând DE, SD, ABM;
- Integrarea VSM și MFCA în contextul LEAN;
- Evaluarea instrumentelor LEAN.

(B-ii) Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

Activitatea profesională din ultimii cincisprezece ani am desfășurat-o la Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Inginerie tehnologică și management industrial, Departamentul de Ingineria fabricației.

Dezvoltarea în domeniul Ingineriei industriale, specific colectivului departamentului din care fac parte, precum și colaborările cu universități și companii din țară și din străinătate mi-au permis un parcurs profesional complex.

În următorii ani intenționez să îmi desfășor activitatea în cadrul aceluiași colectiv, dezvoltând activitățile în care sunt deja angrenată și inițiind altele noi.

1. Sinteza activității profesionale

Direcția de dezvoltare a carierei universitare reiese din premisele activității didactice și științifice desfășurate până la acest moment.

1.1. Studii

- 1988-2003: Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Mecanică, profilul Mecanic, specializarea Mecanică fină, direcția de aprofundare Echipamente periferice de calculatoare și aparatură biomedicală Universității Transilvania din Brașov, cu media anilor de studii 9,66 și 10 la examenul de diplomă – titlul obținut: inginer diplomat (Diploma Seria L Nr. 8948);
- 1997-2001: Universitatea George Barițiu din Brașov, Facultatea de Științe economice, profilul Economic, specializarea Contabilitate și Informatică, cu media anilor de studii 9,57 și 9,32 la examenul de licență (am susținut licența la Academia de Studii economice București, la Facultatea de Informatică și Contabilitate de Gestiune) – titlul obținut: economist licențiat (Diploma Seria T Nr.0049356);
- 2002-2008: Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Inginerie tehnologică și management industrial, studii de doctorat, titlul tezei : Managementul datelor în ingineria simultană, conducător de doctorat prof.dr.ing. Nouraș Barbu Lupulescu – titlul obținut – doctor în domeniul Inginerie Industrială (Diploma Seria F Nr.0007468).

Pregătirea a fost completată cu studii postuniversitare de specializare și de perfecționare, în aria de interes profesional.

Astfel:

- 8-15 iunie 2007: Universitatea Transilvania din Brașov – proiect pilot RO/04/B/F/PP-175016 Leonardo da Vinci – training în Interactive Methods for Teaching-Learning-Evaluation Process – Certificat de participare nr. 136/15.06.2007;
- iunie 2007- decembrie 2007: Universitatea Transilvania din Brașov – Studii postuniversitare de perfecționare Interactive Methods for Teaching-Learning-Evaluation Process – Certificat de absolvire Seria G nr. 003452;
- octombrie 2009- septembrie 2010: Universitatea Transilvania din Brașov și Associazione Italiana di Logistica e di Supply Chain AILOG – Studii postuniversitare de specializare în Antreprenariat și Supply Chain Management ; stagiul de specializare extern (Italia) – Diplomă de studii postuniversitare de specializare Seria H Nr. 0003052;
- noiembrie 2013: Universitatea Spiru Haret, Academia Comercială din Satu Mare și TUV Austria- Program de formare și conștientizare în asigurarea calității în Învățământul la Distanță – ID – Certificat de absolvire;
- mai 2016 - Program de formare în Using collaborative benchmarking to boost performance și The fundamentals of building a strategic internationalisation plan, European Association in International Education;
- mai-iunie 2017: mobilitate de cercetare în LEAN management la University of Bradford, UK;
- noiembrie 2018: workshop Club for Business Collaboration la University of Helsinki, Finlanda.

O altă componentă a pregătirii profesionale este strâns legată de colaborarea cu universități din țări francofone, reprezentate de Agence Universitaire de la Francophonie (AUF).

Instruirile la care am participat au vizat perfecționarea în:

- Managementul Proiectelor - participare la formare în perioada 16-17 mai 2011- Bureau Europe Centrale et Orientale AUF, București;
- Animare Centre de Reussite Universitaire, utilizare Moodle, utilizare TBI – Școala de vară 8-12 iunie 2013, Budapesta;
- Tehnologia Informației și Comunicare - participare la formare în perioada 20-21 mai 2013- Bureau Europe Centrale et Orientale AUF, București;
- Strategii de comunicare și Tehnici de realizare MOOC – Școala de vară 8-10 septembrie 2014, Bureau Europe Centrale et Orientale AUF, București;
- Sinergia proiectelor CRU – octombrie 2017.

1.2. Experiență profesională

Studiile urmate au fost valorificate la locurile de muncă unde mi-am desfășurat activitatea:

- august 1993- februarie 2002: inginer programator la Societatea Comercială Bârsa S.A. , responsabil cu activitatea de informatizare a problemelor specifice societății;
- februarie 2002-februarie 2003 – asistent universitar, martie 2004- septembrie 2004: lector universitar la Facultatea de Științe Economice a Universității George Barițiu din Brașov, posturi ocupate prin concurs;
- octombrie 2004- februarie 2006: asistent universitar la catedra T.C.M. a Universității Transilvania din Brașov;
- martie 2006- septembrie 2015: șef de lucrări;
- octombrie 2015-prezent: conferențiar în cadrul aceleiași structuri, Departamentul de Ingineria Fabricației.

Activitatea didactică

Activitatea didactică s-a concretizat în ore de curs și aplicații practice la disciplinele:

- Programarea calculatoarelor și limbaje de programare;
- Metode numerice în inginerie;
- Managementul producției;
- Sisteme informatice de asistare a deciziei;
- Management organizațional;
- Simularea proceselor de producție;
- Shopfloor management (lb. engleză).

Activitatea didactică și de cercetare sunt strâns legate de strategia de internaționalizare a universității.

- coordonare Erasmus la nivelul Facultății de Inginerie Tehnologică și Management Industrial (din 2010 până în prezent)– cu responsabilități în managementul Acordurilor Inter-Instituționale și al mobilităților;
- coordonare Centre de Reussite Universitaire – cu responsabilități în managementul acordurilor particulare cu țările francofone;
- responsabil relația cu AUF la nivelul universității;
- participare la stagii externe în Franța, Italia, Germania, Ungaria, Spania, China, Finlanda, Cehia, Marea Britanie, Serbia, Croația, Albania, Republica Moldova.

Ca aspect particular al activității didactice, se poate remarca implicarea mea în procesul de informare, selecție și tutoriat a studenților ce fac parte din programul de dublă diplomă desfășurat de Universitatea Transilvania din Brașov cu Arts et Metiers Paris Tech, Centre de Cluny, Franța.

Componenta legată de calitatea în învățământul superior s-a materializat în rezolvarea sarcinilor legate de asigurarea calității la nivelul Departamentului de Ingineria Fabricației (2012-2015), precum și de implementarea Sistemului de Management (2012- prezent).

Cea mai importantă componentă managerială a activității pe care am desfășurat-o în cadrul universității este legată de îndeplinirea atribuțiilor în calitate de coordonator al Biroului de relații cu mediul economic.

Proiectele dezvoltate în această calitate sunt: Podiumul companiilor, organizarea a șapte ediții ale Conferinței Absolvenții în fața companiilor AFCO, constituirea Consiliului partenerilor din mediul economic.

Participarea ca membru în echipele de implementare a șapte proiecte FDI au creat premisele implicării în activități pentru studenți dezvoltate în colaborare cu mediul economic.

Activitatea de cercetare

Activitatea științifică se desfășoară în cadrul grupului de cercetare Tehnologii Inovative de Fabricație și poate fi cuantificată prin prisma punctajului de realizat conform OMENCS 6129/2016,

Anexa 16 – Comisia Inginerie Industrială și Management. Aceasta este sintetizată conform tabelului:

Criteriul	Punctaj de realizat	Punctaj obținut
A1. Activitatea didactică și profesională	130	245
A2. Activitatea de cercetare	300	587
A3. Recunoașterea și impactul activității	100	431
TOTAL	530	1263

Condițiile sunt îndeplinite și la nivelul criteriilor intermediare, astfel:

Criteriul	Valoare minimă	Valoare realizată
1.1.1 Cărți/ manuale/monografii/ capitole ca autor Profesor: minim 2 ca prim autor	2	3

2.1 Articole în Reviste cotate ISI Thomson Reuters și în volume indexate ISI Proceedings Minim 8 articole pentru Profesor din care 3 în reviste, minim 3 ca autor principal	8/3/3	9/4/4
2.5 Granturi/proiecte câștigate prin competiție 2.5.1 Director/ Responsabil Minim 2D sau 4R pentru Profesor	2D sau 4R	2D și 3R

Conectarea la activitatea științifică din domeniul de competență la nivel internațional se realizează prin:

- implicarea ca review-er pentru jurnale ca Journal of Cleaner Production (IF 5,14), International Journal of Production Research (IF 3,199) , Sustainability (IF 2,593);
- membru în comitete științifice ale unor conferințe de prestigiu;
- managementul proiectelor cu finanțare internațională (AUF, Visegrad Grants) – 4 proiecte, respectiv activitatea în calitate de membru al echipei de proiect (Erasmus + KA 107, Capacity Building), programul 111 inițiat de Ministerul cercetării din China – Joint laboratory.

2. Dezvoltarea carierei universitare viitoare

Dezvoltarea carierei universitare vizează toate componentele activității mele profesionale.

Planul de dezvoltare a carierei este subscris Planului strategic al Departamentului de Ingineria fabricației, dezvoltat în Plan operațional.

O parte semnificativă a activităților viitoare sunt conectate cu proiectele începute în 2019, respectiv

- AUF (2019-2020) Renforcement de l'employabilité et de l'insertion professionnelle en Roumanie et en République de Moldova. Coordonator USAMV București- Director proiect Cristian Cosmin . Partener Universitatea Transilvania din Brașov. Responsabil UniTBv Pârv, A.L., valoare proiect 15.000 euro
- ERASMUS+ CBHE TEAL2.0:Improving Access to Science and Technology Higher Education in Resource- Poor Institutions through an Open Platform for Technology Enabled Active Learning Environment'. Director proiect prof.dr. Gheorghe Oancea

Plecând de la temele proiectelor, activitățile în care voi fi implicată vor viza atât activitatea didactică, cât și activitatea de cercetare.

Obiectiv general

- Construirea carierei (menținere).

Obiective specifice

- Oferirea de contribuții independente universității ;
- Atragerea mai multor responsabilități.

Strategii

Pentru activitatea didactică :

Parcurgerea unor module de formare profesională privind metodele moderne de învățare-predare-evaluare:

- participarea la acțiunile/programele de formare continuă a cadrelor didactice ce se vor desfășura în cadrul Universității Transilvania – minim un program de formare la trei ani.
- participarea la stagii de formare externă – minim un program de formare la trei ani.
- parcurgerea unor module de formare profesională : Parcurgerea unui curs de specializare postuniversitară în KAIZEN.
- îmbunătățirea continuă a conținuturilor cursurilor. În mod particular, cursurile pentru programele de studii de master, respectiv Managementul organizației, Simularea proceselor de producție și Shopfloor management vor fi direcționate de cerințele celor nouă companii implicate în proiect;
- specificul disciplinelor predate, strâns legate de utilizarea instrumentelor informatice, impune o viteză mare de actualizarea a conținuturilor .

Activitățile desfășurate la cursurile de la programele de master vor crea premisele colaborării cu studenții și în cadrul pregătirii prin doctorat.

Implicarea decidenților din mediul industrial în dezvoltarea de noi laboratoare:

- în contextul general al cursului de Managementul producției, am identificat noi direcții pentru implementarea LM. Există interes manifestat de companii pentru implicarea în acest domeniu.

Îmbunătățirea activității didactice prin experiență internațională :

- continuarea dezvoltării Programului de Dublă Diplomă cu ENSAM Cluny, pe noi componente : extinderea programului și la studiile de master și doctorat ; extinderea programului și cu alți parteneri dintre cei implicați;

- participarea la stagii de training la universitățile partenere din UE ; identificarea de noi universități din zona non-UE pentru parteneriate strategice;
- creșterea cu 20 % a numărului de studenți ce participă la mobilități de studii și stagii de practică prin programele Erasmus și AUF;
- implicarea în proiecte Visegrad cu colaboratori din Serbia, Polonia, Slovacia.

Pentru activitatea științifică:

Corelarea parcursului profesional personal cu temele generale de interes de la nivelul departamentului:

- desfășurarea activității științifice, construirea modelelor teoretice și a aplicațiilor practice are loc în cadrul general aferent Centrului de cercetare CO5 Tehnologii și sisteme avansate de fabricație, de la Institutul de Cercetare-Dezvoltare al Universității Transilvania din Brașov.

Atragerea de studenți la programele de doctorat:

- în domeniul de interes Produse și procese inovative, vizez aprofundarea temei Îmbunătățirea continuă a proceselor;

Valorificarea experienței de relații internaționale :

- aprofundarea temei propuse prin stagii de pregătire în străinătate ;
- valorificarea oportunităților de colaborare internațională în zona de cercetare-dezvoltare;
- continuarea activității de review pentru lucrări trimise spre publicare;
- redactarea a unei propuneri de proiect de cercetare științifică pe an, pe teme comune de interes cu colaboratorii de la universitățile din țară și/sau din străinătate ;
- publicarea a minim unui articol pe an într-o revistă indexată Thomson Reuters ;
- publicarea a minim două articole pe an în volumele conferințelor internaționale de profil;
- participarea la minim două conferințe de profil pe an, în țară și/sau în străinătate, pentru a obține feed-back asupra rezultatelor cercetării;
- publicarea unei cărți de specialitate într-o editură națională.

Valorificarea experienței de relații cu mediul economic :

- depunerea unei propuneri de contract de cercetare cu terții;
- diseminarea rezultatelor cercetării în cadrul organizațiilor.

Implicarea în activitatea de organizare a conferințelor internaționale gestionate de Departamentul de Ingineria Fabricației :

- participarea ca membru în Comitetul științific al COSME .

Pentru activitatea de management universitar:

Îmbunătățirea relațiilor Universității Transilvania cu mediul economic și socio-cultural național și internațional :

- creșterea numărului de acorduri de parteneriat cu entități economice având ca obiect de activitate ingineria industrială cu 5 % anual ;
- creșterea numărului de locuri de practică pentru studenții de la programele de studii gestionate de departament cu 10 % anual, pentru acoperirea, într-un interval de trei ani, a tuturor locurilor de practică de vară prin oferta universității ;
- creșterea numărului de stagii de practică externe finanțate Erasmus și AUF cu 10 % anual ;
- asigurarea unui portofoliu de 20 de teme anual pentru proiectele de diplomă pe subiecte propuse de companii ;
- implicarea, anual, a unui număr de 10 studenți ai departamentului în competițiile pentru studenți lansate la nivelul universității ;
- participarea anuală, ca membru în Comitetul științific al Conferinței Absolvenților în fața companiilor AFCO ;
- identificarea potențialilor doctoranzi, actuali angajați în companii;
- propunerea de teme de cercetare prin doctorat, în limita competențelor viitorului coordonator, în colaborare cu reprezentanți ai mediului economic.

Având în vedere obiectivul general propus, obiectivele specifice, precum și strategiile de dezvoltare enumerate pentru fiecare componentă a activității mele profesionale, îmi exprim convingerea că planul meu de carieră se înscrie cu succes în tendința generală de dezvoltare a Departamentului de Ingineria fabricației, a Facultății de Inginerie tehnologică și management industrial, a Universității Transilvania din Brașov .

Contez în acest demers de dezvoltare profesională pe relațiile de colegialitate ce funcționează în cadrul colectivului în care îmi desfășor activitatea.

(B-iii) Bibliografie

- [ADE 19] Adedirana, T.M., Al-Bazia, A., dos Santos, L., E. (2019) Agent-based modelling and heuristic approach for solving complex OEM flow-shop productions under customer disruptions. *Computers & Industrial Engineering* 133:29. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.04.054>
- [AME 19] Ameri, F., Stecke, K. E., von Cieminski, G., Kiritsis, D. (Eds.). (2019). *Advances in Production Management Systems. Production Management for the Factory of the Future. IFIP Advances in Information and Communication Technology*. doi:10.1007/978-3-030-30000-5
- [AMI 13] Amin M.A., Karim A. (2013) A time-based quantitative approach for selecting LEAN strategies for manufacturing organizations. *International Journal of Production Research*. 51:4. DOI: 10.1080/00207543.2012.693639
- [AND 17] Andreadis, E., Garza-Reyes, J., Kumar, V. (2017). Towards a conceptual framework for value stream mapping (VSM) implementation: an investigation of managerial factors. *International Journal of Production Research*. DOI:10.1080/00207543.2017.1347302
- [AYD 16] Aydin, M., Haktanirlar Ulutas B. (2016) A new methodology to cluster derivative product modules: an application. *International Journal of Production Research*, 54(23):7091–7099. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2016.1143133>
- [AZI 15] Azizia, A., Manoharan, T. (2015) Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time using SMED-A Case Study. *Procedia Manufacturing* 2:153 – 158
- [BAR 06] Braglia, M.; Carmignani, G.; Zammori, F. (2006) A new value stream mapping approach for complex production systems. *Int. J. Prod. Res.* 44:3929
- [BEH 19] A. Behnami (2019) Integrating data reconciliation into material flow cost accounting: The case of a petrochemical wastewater treatment plant. *Journal of Cleaner Production*, 218. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.218>
0959-6526
- [BHA 15] Bhasin, S. (2015). *LEAN Management Beyond Manufacturing*. New York: Springer International Publishing

- [BOR 04] Borshchev, A., Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. The 22nd International Conference of the System Dynamics Society, Oxford, England
- [BOR 13] Borshchev, A . (2013) The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 6, ISBN: 978-0-9895731-7-7
- [BUE 19] Buer, S.V., Strandhagen, J.O, Chan, F. (2018) The link between Industry 4.0 and LEAN manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. International Journal of Production Research. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- [CAR 17] Carmignani, G. (2017) Scrap value stream mapping (S-VSM): a new approach to improve the supply scrap management process. International Journal of Production Research, 55:12, 3559-3576, DOI: 10.1080/00207543.2017.1308574
- [CHA 18] Chattinnawat, W., Suriya, W., & Jindapanpisan, P. (2018). Application of MFCA with LEAN to Improve Pajama Production Process: A Case Study of Confederate International Co., Ltd. Eco-Efficiency in Industry and Science. 209–235. doi:10.1007/978-3-319-70899-7_9
- [CHA 15] Chattinnawat W, Teeratanasombut M, Kammoon C (2015) Development of analysis method of material flow cost accounting using LEAN technique in food production: a case study of Universal Food Public (UFC) Co., Ltd. KKU Eng J 42(2):155–172
- [CHO 15] Chompu-inwai R, Jaimjit B, Premsurayanunt P (2015) A combination of material flow cost accounting and design of experiments techniques in an SME: the case of a wood products manufacturing company in northern Thailand. J Clean Prod 108(Part B):1352–1364
- [CHR 15] Christ KL, Burrirt RL (2015) Material flow cost accounting: a review and agenda for future research. J Clean Prod 108(Part B):1378–1389
- [CHE 16] Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., Benhida, K. (2016). The integration of LEAN manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model, Journal of CLEANer Production, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>.
- [DAO 16] Dao, Y., Ming, X. (2016). A Modular Approach for LEAN Product Development (LPD) Based on System Engineering, IFIP International Federation for Information Processing .Springer International Publishing AG.
- [DAN 05] Danilovic, M. , Sandkull, B. (2005) The use of dependence structure matrix and domain mapping matrix in managing uncertainty in multiple project situations.

- International Journal of Project Management, 23, 193-203.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.11.001>
- [DAN 14] Danilovic, M., Winroth, M. (2014) Managing Dynamics in Corporate Networks. World Journal of Engineering and Technology, 2, 32-40.
<http://dx.doi.org/10.4236/wjet.2014.21004>
- [DEA 18] Deaky, B., **Pârv, L.** (2018) Virtual Reality for Real Estate – a case study. 3rd China-Romania Science and Technology Seminar (CRSTS 2018), IOP Conference Series-Materials Science and Engineering, Vol. 399, Articol Nr. UNSP 012013
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/399/1/012013/pdf>
- [DEA 17] Deaky, B., **Pârv, L.** (2017). Virtual Reality for Real Estate. Its evolution in Bluemind Software. Proceedings of 2017 4th Experiment@International Conference (EXP.AT'17) Book Series: Experiment at International Conference, 83-86
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?reload=true&isnumber=7984334&filter%3DAND%28p_IS_Number%3A7984334%29%26pageNumber%3D2&pageNumber=4
- [DEA 16] Deaky, B., **Pârv, L.** (2016). ERP system for 3D printing industry. 4th International Conference on Computing and Solutions in Manufacturing Engineering 2016 - COSME'16 Book Series: MATEC Web of Conferences. 94:06005
https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=D5gRMAtzXQc4L4wzTsB&page=1&doc=4
- [DUN 18] Dunuwilaa, P., Rodrigo, VHL., Goto, N. (2018). Financial and environmental sustainability in manufacturing of crepe rubber in terms of material flow analysis, material flow cost accounting and life cycle assessment. Journal of CLEANer Production, 182, 587-599
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.202>
- [FLA 16] Flatscher, M., Riel A. (2016) Stakeholder integration for the successful product-process co-design for next-generation manufacturing technologies CIRP Annals - Manufacturing Technology 65:181–184
- [GEI 16] Geissdoerfer M., Nancy M.P. Bocken, Erik Jan Hultink, Design thinking to enhance the sustainable business modelling process – A workshop based on a value mapping process, Journal of Cleaner Production, 135, 1218-1232,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.020>
- [HAR 16] Harik, R. (Eds.): PLM (2016), IFIP AICT 492, 171–182. doi: 10.1007/978-3-319-54660-5_16

- [HIN 97] Hines, P., Rich, N., (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations and Production Management*, 17(1):46–64
- [IRN 19] Iranmanes , M., Zailani, S,, Sean Hyun, S., Mohd Helm, a., Kwangyong Kim , K., (2019) Impact of Lean Manufacturing Practices on Firms' Sustainable Performance: Lean Culture as a Moderator. *Sustainability*. 11:1112; doi:10.3390/su11041112
- [ISO 11] ISO 14051 (2011) Environmental management – material flow cost accounting – general framework. ISO, Geneva
- [IVA 17] Ivanov, D. (2017). Supply chain simulation and optimization with anyLogistix: Teaching notes. Berlin School of Economics and Law.
- [KOR 10] Koren, Y., (2010). The global manufacturing revolution: product-process-business integration and reconfigurable systems (Vol. 80). John Wiley & Sons.
- [KCT 19] <http://www.kcts.co.uk/resourceassets/Measures-of-performance-in-LEAN.pdf>
- [LIA 07] Lian Y.H., Van Landeghem, H. (2007) Analysing the effects of LEAN manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator, *International Journal of Production Research*, 45:13, 3037-3058
- [LUP 05] Lupulescu, N.B., Barna, A., Folea, M., **Pârv, A.L.** (2005). *Methodes et outils pour la gestion industrielle*, Braşov : Editura Universităţii Transilvania din Braşov. 160 p. ISBN 973-635-526-8
- [JAS 15] Jasti, N. V. K., R. Kodali. (2015). LEAN Production: Literature Review and Trends. *International Journal of Production Research* 53 (3): 867–885
- [KHA 14] Khalid, A., Hashim, Y. B, Mohd, Salleh, R. (2014). On Value Stream Mapping and Its Industrial Significance. *Journal of Industrial and Intelligent Information* 2(2)
- [MAL 15] Malte S., Herrmann, C., Greschke, P., Thiede, S. (2015) Simulation of matrix-structured manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*. 37:104–112
- [MAR 13] Marodin, G.A., Saurin T.A. (2013). Implementing LEAN production systems: research areas and opportunities for future studies. *International Journal of Production Research* 51(22)
- [MCD 02] McDonald, T., Van Aken , M., Rentes, A.M. (2002). Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application. *International Journal of Logistics Research and Applications* 5(2)

- [MOU14] Mourtzis, D., Doukas, M., Bernidaki, D. (2014). Simulation in Manufacturing: Review and Challenges. *Procedia CIRP* 25:213 – 229
- [MEU 17] Meudt, T. Metternich, J, Abele, J. (2017) Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 66(1), 413-416 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.005>
- [MEU 16] Meudt,T., Rößler M., Böllhoff,J. and Metternich J. (2016) Value Stream Mapping 4.0,ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 111, 6, 319-323 <https://doi.org/10.3139/104.111533>
- [NAK 15] Nakajima, M., Kimura, A., Wagner, B., (2015). Introduction of Material Flow Cost Accounting (MFCA) to the supply chain: a questionnaire study on the challenges of constructing a low-carbon supply chain to promote resource efficiency. *J. CLEAN. Prod.* 108:1302-1309
- [NEG 14] Negahban A, Smith JS. (2014) Simulation for manufacturing system design and operation: literature review and analysis. *J Manuf Syst*; 33(2):241–61,<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2013.12.007>.
- [NUJ 19] Nujoom, R., Mohammed, A., Wang, Q. (2019) Drafting a cost-effective approach towards a sustainable manufacturing system design. *Computers & Industrial Engineering* 133:317–330
- [OAN 08] Oancea, Gh., Folea, M., Chicoș, L., **Pârv, A, L.** , Morariu, C., Lancea, C. Filip, Al. (2008). Estimarea costurilor de prelucrare a produselor industriale, Brașov: Editura Universității Transilvania din Brașov . 193p. ISBN 978-973-598-243-0
- [PAR 12] Parthanadee, P., Buddhakulsomsiri, J. (2012). Production efficiency improvement in batch production system using value stream mapping and simulation: a case study of the roasted and ground coffee industry, *Production Planning & Control: The Management of Operations*, DOI:10.1080/09537287.2012.702866
- [PAR 19a] **Pârv, L.**, Deaky, B., Nasulea, M.D., Oancea, G. (2019). Agent-Based Simulation of Value Flow in an Industrial Production Process. *Processes*, 7(2), 82, zona Q2, FI 1,963 <https://doi.org/10.3390/pr702008242,79>
- [PAR 19] **Pârv, L.** (2019) Quality assurance in HEIs. A student engagement evaluation case study. *Proceeding Of the 20th International Symposium on Quality, Histria, Croația.*181-193.
<http://www.hdmk.hr/20-simpozij.php>
<https://www.ebsco.com/products/research-databases/econlit-full-text>

- [PAR 18a] **Pârv, L.** (2018). A LEAN management approach in lighting technology, XIV International May Conference on Strategic Management, Book Series: IMCSM Proceedings, 14(1):424-431.
https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=E4GaSCgbEDRi8zTsCcb&page=1&doc=3
- [PAR 18b] **Pârv, L., Deaky, B., Stasiak-Betlejewska, R., Stawicka, J.** A customization-oriented framework for product development. Case study- energy-efficient windows. 3rd China-Romania Science and Technology Seminar (CRSTS 2018), IOP Conference Series-Materials Science and Engineering, 399:012041.
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/399/1/012041/pdf>
- [PAR 17a] **Pârv, L.** (2017). Cost management using ABC methodology. Proceedings of International May Conference on Strategic Management 2017, 483-490.
http://mksm.sjm06.com/?page_id=959
- [PAR 17b] **Pârv, L.** (2017) Cost management as a strategic business. Proceeding of the 18th International Symposium on Quality Vodice, Croatia, 181-193. Papers published in this Proceedings book indexed in secondary publication: JEL – Journal of Economics Literature, EconLit, Pittsburg, USA
[http://www.hdmk.hr/dokumenti/Zbornik%20radova%20\(Proceedings%20book\)%2018th%20Symposium.pdf](http://www.hdmk.hr/dokumenti/Zbornik%20radova%20(Proceedings%20book)%2018th%20Symposium.pdf)
- [PAR 16a] **Pârv, L., Munteanu, D., Micu, C.** (2016). Designing LEAN Management in a higher education institution: a case study. Proceeding of The 17th International Symposium on Quality Zadar, Croatia. 181-193. Papers published in this Proceedings book indexed in secondary publication: JEL – Journal of Economics Literature, EconLit, Pittsburg, USA
[http://www.hdmk.hr/dokumenti/Zbornik%20radova%20\(Proceedings%20book\)%2017th%20Symposium.pdf](http://www.hdmk.hr/dokumenti/Zbornik%20radova%20(Proceedings%20book)%2017th%20Symposium.pdf) <https://www.ebsco.com/products/research-databases/econlit-full-text/1753747>
- [PAR 16b] **Pârv, L.** (2016). Cost of product functions using analysis of value. Production Engineering Archives Vol. 12, No. 3 DOI: 10.30657/pea.2016.12.04
<http://www.qpij.pl/production-engineering-archives>
- [PAR 16c] **Pârv, L., Deaky, B.** (2016) Continuous improvement processes using LEAN Management tools. A case study. 4th International Conference on Computing and Solutions in Manufacturing Engineering 2016 - COSME'16 Book Series: MATEC Web of Conferences. 94:06016
https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=D5gRMAtzXQc4L4wzTsB&page=1&doc=5

- [PAR 15a] **Pârv, A. L.** (2015). Managementul datelor în ingineria inovativă, Brașov : Editura Universității Transilvania din Brașov. 186 p. ISBN 978-606-19-0568-3
- [PAR 15b] **Pârv, A. L.** (2015). Managementul producției. Teorie și aplicații ERP, Brașov : Editura Universității Transilvania din Brașov. 175 p. ISBN 978-606-19-0553-9
- [PUC 19] Puche, J., Costas, J., Ponte, B. (2019) Effect of supply chain noise on the financial performance of Kanban and Drum-Buffer-Rope: An agent-based perspective, Expert Systems With Applications. 120:87–102
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.009>
- [RAH 12] Rahani AR, Muhammad al-Ashraf, (2012) Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A LEAN Manufacturing Process Case Study. Procedia Engineering 41 :1727 – 1734
- [RIE 15] R. Rieckhof, A. Bergmann, E. Guenther (2015) Interrelating material flow cost accounting with management control systems to introduce resource efficiency into strategy. J. CLEAN. Prod., 108: 1262-1278
- [ROH 19] Roh, P., Kunz, A., Wegener, K. (2019) Information stream mapping: Mapping, analysing and improving the efficiency of information streams in manufacturing value streams, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology 25 (2019) 1–13, <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2019.04.004>
- [ROT 09] Rother, M., Shook, J. (2009) Learning to See: Value-stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda, Version 1.4 ed., LEAN Enterprise Inst, Cambridge, MA
- [SCH 13] Schmidt, M., Nakajima, M. (2013) Material Flow Cost Accounting as an Approach to Improve Resource Efficiency in Manufacturing Companies, Resources, 2, 358-369; doi:10.3390/resources2030358
- [STA 18a] Stasiak-Betlejewska, R., **Pârv, L.**, Karolczyk, J. (2018). Technological Resources Evaluation in the context of the micro-enterprise development, MATEC Web of Conferences, 183: 01015. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201818301015>
- [STA 18b] Stasiak-Betlejewska, R.; **Pârv, L.**; Gliń, W. (2018). The Influence of Industry 4.0 on the Enterprise Competitiveness. Multidisciplinary Aspects of Production Engineering, 1(1): 641-648, <https://doi.org/10.2478/mape-2018-0081>
- [SUH 15] Suhadak, S., Amit, N., Ali, M.N. (2015). Facility Layout for SME Food Industry via Value Stream Mapping and Simulation. Procedia Economics and Finance. 31: 797 – 802
- [STR 17] Stricker N., Minguillon, F., E., Lanza, G. (2017) Selecting key performance indicators for production with a linear programming approach, International

- Journal of Production Research, 55:19, 5537-5549, <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2017.1287444>
- [SET 05] Seth, D., Gupta, V. (2005): Application of value stream mapping for LEAN operations and cycle time reduction: an Indian case study, *Production Planning & Control: The Management of Operations*, 16:1, 44-59 <http://dx.doi.org/10.1080/09537280512331325281>
- [SET 17] Seth, D., Seth, N. Dhariwal, P. (2017): Application of value stream mapping (VSM) for LEAN and cycle time reduction in complex production environments: a case study, *Production Planning & Control*, DOI: 10.1080/09537287.2017.1300352
- [SET 06] Seth, D., Tripathi, D. (2006). A Critical Study of TQM and TPM Approaches on Business Performance of Indian Manufacturing Industry. *Total Quality Management & Business Excellence* 17 (7): 811–824
- [SIE 19] Siemens (2019) Documentație Tecnomatix. www.siemens.com/tecnomatix
- [SHA 07] Shah, R., Ward, P.T. (2007). Defining and Developing Measures of LEAN Production. *Journal of Operations Management* 25 (4): 785–805
- [SHO 17] Shou, W., J. Wang, P. Wu, X. Wang, Chong, H.P. (2017). A Cross-sector Review on the Use of Value Stream Mapping. *International Journal of Production Research* 55 (13): 3906–3928 DOI: 10.1080/00207543.2017.1311031
- [STA 17] Stadnicka D., Chandima R.M. (2017). Enhancing performance in service organisations: a case study based on value stream analysis in the telecommunications industry. *International Journal of Production Research*, DOI:10.1080/00207543.2017.1346318
- [SCH 16] Schönemann M, Schmidt C., Herrmann C., Thiede S. (2016). Multi-level modelling and simulation of manufacturing systems for lightweight automotive components. *Procedia CIRP* 41: 1049 – 1054
- [TAY 19] Tayyab, M., Sarkar, M., Ullah, M., (2019) Sustainable Lot Size in a Multistage Lean-Green Manufacturing Process under Uncertainty. *Mathematics*. 7: 20; doi:10.3390/math7010020
- [TOI 16] Toivonen, T., Siitonen, J. (2016). Value stream analysis for complex processes and systems. *Procedia CIRP* 39: 9 – 15
- [TRU 18] Truța, C.; Pârv, L.; Topala, I. (2018). Academic Engagement and Intention to Drop Out: Levers for Sustainability in Higher Education. *Sustainability*, 10(12): 4637, <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/12/4637>

-
- [YAG 18] Yagia, M., Kokubub, K. (2018) Corporate material flow management in Thailand: The way to material flow cost accounting. *Journal of CLEANer Production*, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.007>
- [WOM 03] Womack, J.P., Jones, D.T. (2003). *LEAN Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, 2nd ed., Simon & Schuster, London, 15-90
- [WOM 06] Womack, J. P. (2006). Value Stream Mapping. *Manufacturing Engineering*. 136 (5): 145–156
- [ZHO 17] Zhou, Z., Zhao, W., Chen, X., Zeng, H. (2017) MFCA extension from a circular economy perspective: Model modifications and case study. *Journal of CLEANer Production* 149:110-129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.049>
- [ZHU 18] Zhuang C, Liu J, Xiong H (2018) Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shop-floor. *Int J Adv Manuf Technol* 96(1):1149-1163