



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI,  
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI  
PERSOANELOR VÂRSTNICE  
AMPOSDRU



Fondul Social European  
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
NAȚIONALE  
OIPOSDRU



Universitatea  
"Lucian Blaga"  
din Sibiu

### Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Axa prioritară: nr. 1: "Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere"

Domeniul major de intervenție: 1.5.: "Programe doctorale și post-doctorale în sprijinul cercetării"

Titlul proiectului: "Armonizarea valențelor academice românești cu cele ale Comunității Europene"

Cod contract: POSDRU/CPP107/DMI1.5/S/76851

Beneficiar: Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu

## REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

# „ÎMBUNĂTĂȚIREA CALITĂȚII UTILIZÂND SISTEMELE POKA YOKE”

Conducător științific:

**Prof.univ.dr.DHC ing. OPREAN Constantin**

Comisia de îndrumare:

**Prof.univ.dr.ing. KIFOR Claudiu Vasile**

**Prof.univ.dr.ing. DUMITRAȘCU Dănuț**

**Prof.univ.dr.ing.dr.ec. ȚÎȚU Mihail Aurel**

**Drd.ing. MĂGDOIU Alex**

SIBIU 2014

# Cuprins

<b>1</b>	<b>Introducere .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Dezvoltarea conceptului „calitate” .....</b>	<b>10</b>
2.1	<i>Definirea calității.....</i>	<i>10</i>
2.2	<i>Abordări actuale în definirea calității.....</i>	<i>13</i>
2.3	<i>Evoluția în timp a conceptului de calitate .....</i>	<i>15</i>
2.4	<b>Managementul Calității Totale .....</b>	<b>24</b>
2.4.1	Abordări ale Managementului Calității Totale .....	24
2.4.2	Aspectele MCT.....	36
2.5	<b>Standardizarea și managementul calității .....</b>	<b>39</b>
2.5.1	ISO 9000.....	40
2.5.2	ISO/TS 16949 .....	41
<b>3</b>	<b>Modelul îmbunătățirii calității de-a lungul ciclului de viață al produsului.....</b>	<b>43</b>
3.1	<b>Faza de identificare a cerințelor .....</b>	<b>48</b>
3.1.1	Cercetarea de piață.....	50
3.1.2	Benchmarking.....	50
3.1.3	Dezvoltarea funcțiilor calității – QFD .....	52
3.2	<b>Faza de planificare și dezvoltare .....</b>	<b>55</b>
3.2.1	Modelul Juran pentru planificarea și dezvoltarea calității .....	56
3.2.1.1	Stabilirea proiectului .....	56
3.2.1.2	Dezvoltarea produsului .....	56
3.2.1.3	Dezvoltarea proceselor .....	57
3.2.1.4	Dezvoltarea elementelor de control.....	58
3.2.2	Brainstorming .....	59
3.2.3	Analiza Modurilor de Defectare, a Efectelor și Criticității lor – AMDEC .....	60
3.2.4	APQP.....	63
3.3	<b>Faza de realizare a produsului.....</b>	<b>66</b>
3.3.1	Instrumente de bază ale calității.....	67
3.3.1.1	Fișe și formulare de înregistrare.....	67
3.3.1.2	Diagrama Pareto.....	68

3.3.1.3	Diagrama Cauză – Efect.....	70
3.3.1.4	Diagrama Flux.....	72
3.3.1.5	Diagrama de dispersie.....	72
3.3.1.6	Histograma.....	74
3.3.1.7	Graficul de control.....	75
3.3.2	Tehnici și instrumente moderne ale managementului calității.....	76
3.3.2.1	Diagrama afinităților.....	77
3.3.2.2	Diagrama relațiilor.....	77
3.3.2.3	Diagrama arbore.....	78
3.3.2.4	Diagrama matriceală.....	80
3.3.2.5	Diagrama PERT.....	81
3.3.2.6	Diagrama deciziilor.....	82
3.3.3	Metoda 5S.....	83
3.3.4	Poka yoke.....	85
3.3.5	Metoda „Cei 5 de ce?”.....	88
<b>3.4</b>	<b><i>Faza de utilizare, retragere și reciclare .....</i></b>	<b>89</b>
<b>3.5</b>	<b><i>Instrumente suplimentare utilizate în industria auto.....</i></b>	<b>90</b>
3.5.1	Metoda 8D.....	91
3.5.2	KAIZEN.....	95
3.5.3	Six Sigma.....	97
<b>4</b>	<b>Teoria prevenirii erorilor.....</b>	<b>99</b>
4.1.1	Poka yoke – baza teoriei „zero defecte”.....	100
4.1.2	Teoria Zero defecte - ZQC.....	109
<b>5</b>	<b>Considerente originale asupra sistemelor poka yoke .....</b>	<b>111</b>
<b>5.1</b>	<b><i>Modelarea sistemelor poka yoke .....</i></b>	<b>111</b>
5.1.1	Funcția „Citire”.....	113
5.1.2	Funcția „Algoritm”.....	114
5.1.3	Funcția „Informare”.....	115
5.1.4	Funcția „Blocare”.....	115
5.1.5	Modelarea matematică a probabilității de detecție.....	116
5.1.6	Studiu de caz.....	118
<b>5.2</b>	<b><i>Modelarea eficienței economice a sistemelor poka yoke .....</i></b>	<b>123</b>
5.2.1	Model de calcul dinamic.....	124
5.2.2	Studiu de caz.....	127
<b>5.3</b>	<b><i>Îndepărtarea erorilor de design a sistemelor poka yoke .....</i></b>	<b>129</b>
5.3.1	Efectele secundare ale sistemelor poka yoke.....	130

5.3.2	Factorul uman mai puternic decât sistemul poka yoke .....	134
5.3.3	Rezolvarea problemei specifice nu este întotdeauna suficientă.....	136
5.3.4	Scăderea capacității de producție ca efect secundar al utilizării sistemelor poka yoke .....	138
<b>5.4</b>	<b><i>Lărgirea conceptului poka yoke.....</i></b>	<b>141</b>
5.4.1	Management .....	143
5.4.2	Logistică .....	144
5.4.3	Activități cotidiene .....	146
5.4.4	Servicii.....	148
5.4.5	Sisteme de asistență a șoferilor.....	149
5.4.5.1	Sisteme pasive.....	149
5.4.5.2	Sisteme active .....	151
<b>6</b>	<b>Sistemele poka yoke în industria auto .....</b>	<b>153</b>
<b>6.1</b>	<b><i>Industria auto de la Otto la Six Sigma.....</i></b>	<b>153</b>
6.1.1	Sistemul de producție Toyota (TPS).....	155
6.1.2	Lean Management .....	161
6.1.3	Six Sigma.....	163
<b>6.2</b>	<b><i>Abordări actuale ale sistemelor poka yoke în industria auto.....</i></b>	<b>166</b>
<b>6.3</b>	<b><i>Producția sistemelor de control electronic pentru industria auto .....</i></b>	<b>168</b>
<b>6.4</b>	<b><i>Aplicații poka yoke în producția de componente electronice.....</i></b>	<b>176</b>
6.4.1	Poka yoke în zona de recepție marfă .....	176
6.4.2	Poka yoke în zona de stocare a componentelor .....	178
6.4.3	Poka yoke la procesul de încărcare a plăcilor cu circuite integrate pe linia de producție .....	180
6.4.4	Poka yoke la procesul de marcarea cu laser a plăcilor cu circuite integrate.....	181
6.4.5	Poka yoke la procesul de imprimare a pastei de cositorit .....	182
6.4.6	Poka yoke la procesul de amplasare a componentelor SMD pe PCB-uri .....	183
6.4.7	Poka yoke la procesul de cositorire prin convecție "Reflow" .....	184
6.4.8	Poka yoke la procesul de inspecție automată optică și cu raze X .....	186
6.4.9	Poka yoke la procesul de descărcare a PCB-urilor .....	187
6.4.10	Poka yoke la stația de analiză și reparații.....	188
6.4.11	Poka yoke la procesul de separare PCB-uri .....	190
6.4.12	Poka yoke la procesul de cositorire prin val .....	192
6.4.13	Poka yoke la procesele de testare PCB .....	195
6.4.14	Poka yoke la procesul de inserare pini .....	197
6.4.15	Poka yoke la procesul de înșurubare.....	198
6.4.16	Poka yoke la procesul de marcarea cu laser a carcaselor.....	200
6.4.17	Poka yoke la procesul de carcasare.....	201
6.4.18	Poka yoke la stația de împachetare .....	203

<b>7</b>	<b>Concluzii .....</b>	<b>206</b>
7.1	<i>Concluzii generale .....</i>	<i>206</i>
7.2	<i>Contribuții originale .....</i>	<i>212</i>
7.3	<i>Direcții viitoare de cercetare .....</i>	<i>214</i>
	<b>Bibliografie .....</b>	<b>217</b>

## 1 Introducere

Într-o lume aflată în continuă mișcare în care capacitatea de a te afla cu un pas înaintea concurenței este crucială, calitatea capătă un rol primordial în strategia oricărei organizații. Iar când dezvoltarea continuă promovează globalizarea prin reducerea distanțelor și îndepărtarea frontierelor, iar consumatorii au acces la produsele destinate oricărei piețe, crește presiunea asupra organizațiilor din diferite domenii să-și diminueze costurile și să-și îmbunătățească produsele, serviciile și procesele astfel încât calitatea bunurilor sau serviciilor organizației să fie competitivă la scară mondială. Liderii fiecărei industrii au înțeles din timp aceste aspecte și s-au adaptat prin integrarea calității în toate activitățile direct sau indirect productive prin adoptarea și implementarea principiilor și instrumentelor Managementului Calității Totale. Unul dintre cele mai importante aspecte ale acestui concept și anume evitarea erorilor umane devine așadar un punct cheie, iar aceasta se poate realiza cu ajutorul unor tehnici relativ simple, care nu necesită investiții majore.

Această lucrare are ca scop realizarea unui studiu asupra conceptului de calitate și în principal asupra îmbunătățirii acesteia. Accentul va fi pus asupra uneia dintre cele mai cunoscute tehnici din acest domeniu și anume poka yoke, metodă dezvoltată de calitologul japonez Shingo Shigeo în anii '60, precum și asupra noilor perspective asupra acestei tehnici care a revoluționat sistemele calității în întreaga lume - pornind de la conceptul de bază creat de întemeietorul metodei - prin prezentarea dezavantajelor implementării necorespunzătoare a acestor tehnici în industria auto contemporană precum și prin lărgirea conceptului inițial către alte domenii și procese cum ar fi în medicină, servicii sau viața de zi cu zi. Datorită diversității acestui tip de sisteme, a răspândirii sale în industria auto și mai ales datorită noilor sale aplicații atât în acest domeniu cât și în alte industrii respectiv activități umane, tematica poka yoke a fascinat și a devenit astfel un subiect deosebit de interesant, care joacă rolul principal în prezenta lucrare.

**Obiectivul principal** al acestui studiu este:

- *realizarea unui model generic al sistemelor poka yoke.* În primul rând modelul trebuie să poată fi asociat oricărui sistem, indiferent de complexitatea sau zona de aplicare a acestuia. Prin asocierea modelului oricărui sistem poka yoke, s-ar realiza o analiză a eficienței implementării unui astfel de concept, ținându-se cont nu numai de funcționalitatea diferitelor componente ale complexului creat, ci și de factorii perturbatori care pot acționa asupra acestora.

**Obiectivele secundare** care derivă în acest caz sunt:

- *crearea unui model de îmbunătățire a calității de-a lungul ciclului de viață al produsului.* Prin stabilirea fazelor din ciclul de viață al unui produs relevante din punct de vedere al construcției calității și prin asocierea fiecăreia dintre acestea a diverse tehnici și instrumente din paleta dezvoltată de-a lungul deceniilor de diverși calitologi care ar avea cel mai mare impact, se poate crea un model de îmbunătățire a calității produselor și proceselor care să includă atât etapele incipiente din viața bunurilor cât și cea de service sau reciclare;
- *studierea diverselor sisteme poka yoke dezvoltate de-a lungul fluxului de producție în cadrul unui producător de componente electronice pentru industria auto.* Prezentarea acestor sisteme va susține obiectivul principal al acestei lucrări și va ajuta la derivarea altor contribuții și la evidențierea importanței tematicii poka yoke pentru era contemporană în general și industria auto în special.

Prin prezenta lucrare, realizată pe tema îmbunătățirii calității cu ajutorul sistemelor poka yoke s-a încercat pe de-o parte definirea conceptului de calitate, prezentarea dezvoltării acestuia din cele mai vechi timpuri până în era contemporană, accentuându-se apoi cea mai evoluată formă a acestui concept respectiv Managementul Calității Totale. Pe baza creată prin acest studiu s-a putut apoi contura modelul îmbunătățirii calității pentru o organizație cu ajutorul numeroaselor metode și tehnici de-a lungul ciclului de viață al produsului. Deoarece acest domeniu este destul de vast s-a restrâns acest studiu către tematica evitării erorilor în special asupra celei mai cunoscute metode a teoriei Zero

defecte și anume sistemele poka yoke. Prin dezvoltarea a diverse astfel de sisteme pentru industria auto s-au identificat alte noi direcții de studiu sau necesități de modelare care au fost tratate, respectiv realizate în această lucrare.

Lucrarea de față este rezultatul mai multor ani de studii și cercetări și se datorează într-o bună măsură celor care m-au sprijinit direct sau indirect în realizarea ei, precum și celor care au contribuit de-a lungul timpului la formarea mea profesională. Aceștia doresc să le aduc un cuvânt de mulțumire.

Respectul și mulțumirile mele se îndreaptă în primul rând către Domnul **Prof.univ.dr.DHC ing. Constantin Oprean**, conducătorul meu științific, pentru îndrumarea deosebit de meticuloasă, pentru consultanța științifică și nu în ultimul rând pentru rigurozitatea și exigența impuse acestei lucrări. Doresc să îi mulțumesc pentru încrederea acordată, pentru răbdarea și profesionalismul cu care m-a ghidat de-a lungul acestui demers științific.

Totodată adresez sincere mulțumiri comisiei de îndrumare respectiv Domnului Prof.univ.dr.ing. Claudiu Vasile Kifor, Domnului Prof.univ.dr.ing. Dănuț Dumitrașcu și Domnului Prof.univ.dr.ing.dr.ec. Mihail Aurel Țițu pentru analizele obiective asupra referatelor științifice realizate pe parcursul studiilor doctorale.

Mulțumiri deosebite se îndreaptă către personalul și conducerea Continental Automotive Systems Sibiu și Regensburg care mi-au oferit cadrul experimental atât de necesar cercetării mele și susținerea pentru obținerea rezultatelor practice respectiv realizarea stagiului în străinătate într-o organizație pentru care îmbunătățirea calității reprezintă o preocupare constantă de importanță majoră.

Mulțumesc colectivului de la Universitatea Tehnică Braunschweig precum și celor de la Universitatea Politehnică București - Facultatea de Inginerie în Limbi Străine care au contribuit la dezvoltarea mea profesională și mi-au stimulat dorința de a studia și de a cerceta.



Nu în ultimul rând doresc să mulțumesc conducerii Facultății de Inginerie a Universității Lucian Blaga Sibiu, cadrelor didactice, colegilor doctoranzi și aparatului administrativ al Departamentului de Studii Doctorale pentru ajutorul și susținerea acordate de-a lungul întregii perioade.

Un gând de recunoștință familiei mele – în mod special soției - pentru sprijinul moral acordat și pentru înțelegere.

## 2 Dezvoltarea conceptului „calitate”

Calitatea capătă în secolul XXI o altă însemnătate. Astfel prin termenul calitate autorii nu se mai referă doar la caracteristicile unui produs ci folosesc acest termen cu referire la totalitatea proceselor și structurilor unei organizații, dezvoltând noțiunea originară către actuala sa întrebuintare sub denumirea de managementul calității. Cum s-a realizat însă această dezvoltare, care sunt formele sale actuale și cum influențează acestea ciclul de viață al produsului și societatea în ansamblu sunt doar câteva dintre aspectele care vor fi evidențiate pentru a crea o bază pentru studiul asupra sistemelor poka yoke.

Acest capitol tratează dezvoltarea conceptului de „calitate” respectiv definirea acestuia, evoluția sa în timp către noțiunea de *management al calității totale*, precum și a standardelor aduse de apariția acestuia ca premiză a introducerii în tematica îmbunătățirii calității. Astfel definirea calității nu este o preocupare recentă, încercări în acest sens apărând încă de la începutul secolului trecut, iar pentru a se evidenția evoluția în timp a percepției asupra acestui termen, precum și complexitatea sa, se vor prezenta atât definiții dezvoltate de calitologi cunoscuți în decenii diferite ale secolului XX, cât și cea regăsită în DEX. Pentru a se accentua gradul de complexitate la care a ajuns acest termen în era modernă se vor prezenta ulterior abordările actuale în definirea calității a căror bază se regăsește în standardul ISO 9000.

Odată definit termenul regăsit și în titlul acestei lucrări se poate detalia evoluția sa din cele mai vechi timpuri până în prezent. Astfel se evidențiază faptul că acest concept nu este unul nou, el existând din prisma filosofiei încă din antichitate, însă gradul de maturitate la care a ajuns în prezent este determinat de numeroasele evoluții ale tehnicii începând cu revoluția tehnologică din Anglia secolului XIX, continuând cu producția în masă implementată de Ford, metodele statistice și conceptele pentru managementul calității dezvoltate de așa-numiții guru ai calității și încheind cu cele mai noi tehnici apărute pe baza sau ca și reacție la sistemul de producție Toyota precum Lean Management și Six Sigma.

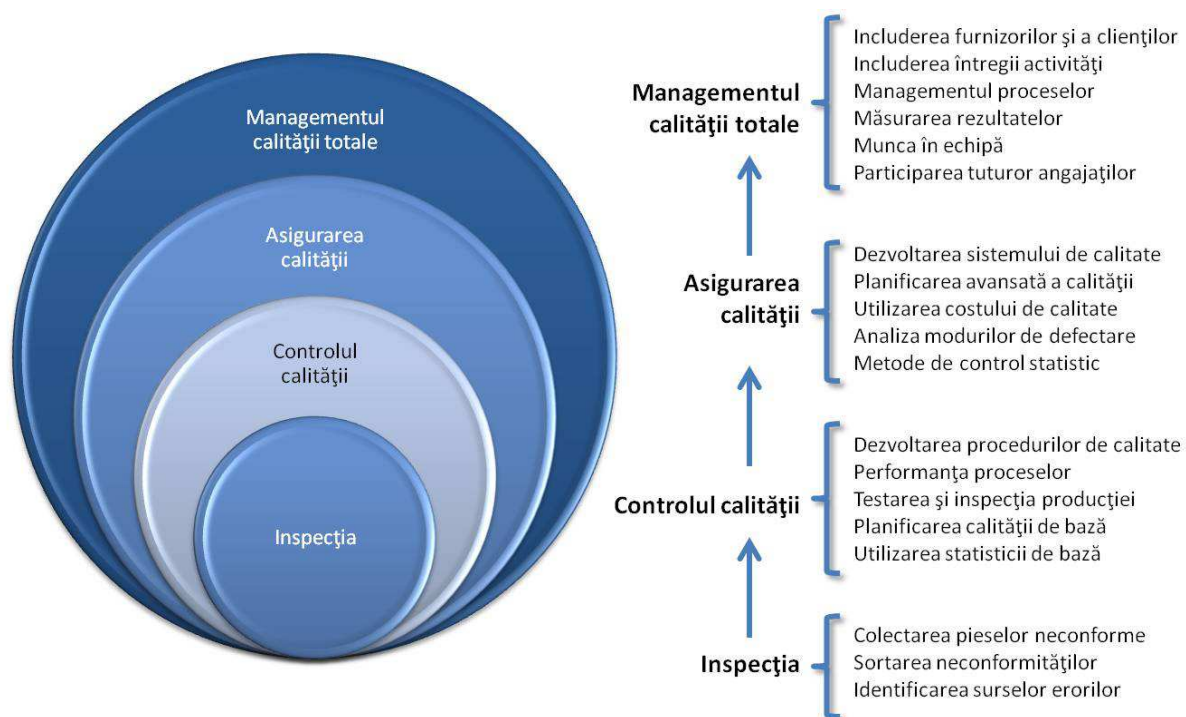


Figura 1: Evoluția în timp a calității [IVAN06]

Următorul aspect tratat în cadrul acestui prim capitol este gruparea diferitelor concepte de management al calității sub umbrela Managementul Calității Totale pentru a se introduce astfel tematica îmbunătățirii calității. MCT este cel mai cuprinzător instrument pentru integrarea calității în toate etapele obținerii produselor, respectiv în toate activitățile și departamentele organizației. Pentru înțelegerea acestuia vor fi clarificate în primul rând contribuțiile celor mai importanți calitologi ai secolului XX precum și instrumentele inovatoare pe care aceștia le-au dezvoltat și implementat în cadrul diverselor organizații în care și-au desfășurat activitatea.

Pentru era modernă în cadrul căreia tehnicile calității au căpătat o importanță sporită în special în America și Europa unde, datorită globalizării, necesitatea îmbunătățirii calității a început să-și facă simțită prezența, un rol important pentru conceptul de calitate îi este atribuit standardizării. Nici o firmă producătoare de bunuri sau servicii nu mai poate fi competitivă fără standardizarea și auditarea sistemelor de management al calității. Așadar pentru lărgirea conceptului de îmbunătățire a calității și așezarea încă unei cărămizi la baza acestei lucrări se vor prezenta atât familia de standarde ISO 9000, care oferă o unitate în terminologia de specialitate și clarifică cerințele asupra

managementului calității diferitelor organizațiilor, cât și o derivată a acestui standard și anume ISO/TS 16949 specific industriei auto.

### 3 Modelul îmbunătățirii calității de-a lungul ciclului de viață al produsului

Diversele metode reunite sub umbrela Managementului Calității Totale, respectiv ale diferitelor sale forme moderne, vor fi prezentate în acest capitol din prisma a patru etape ale ciclului de viață al produsului. Se propune astfel un model de îmbunătățire a calității pentru orice organizație implicată în producția de bunuri, prin detalierea diferitelor tehnici și instrumente și asocierea acestora fazei ciclului de viață în care utilizarea lor ar aduce maximul de valoare adăugată.

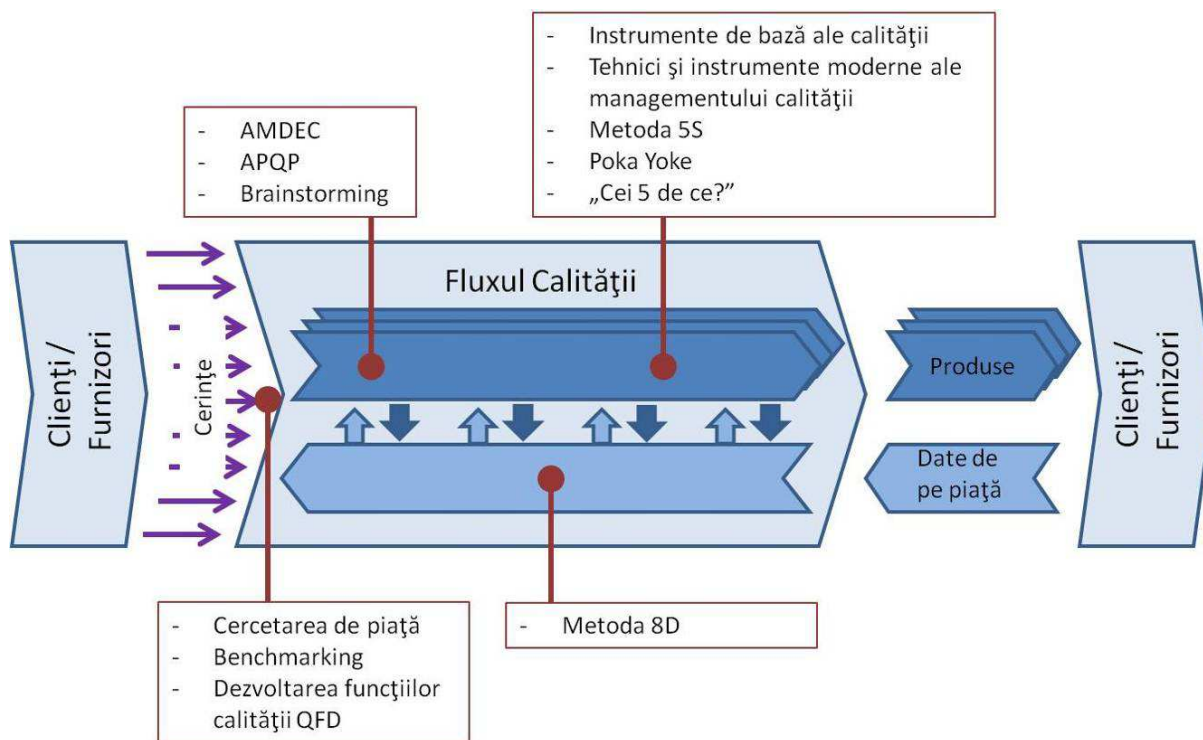


Figura 2: Folosirea instrumentelor calității pentru fazele lanțului calității

Pentru *faza de identificare a cerințelor* se vor clarifica inițial instrumentele care au ca scop adunarea de date de pe piață referitoare la necesitățile și dorințele clienților în

cea ce privește calitatea, cum ar fi sondajele sau studiile de piață. Deși acestea nu reprezintă neapărat tehnici ale managementului calității, importanța acestora nu trebuie neglijată deoarece oferă posibilitatea adunării de informații prețioase referitoare la cerințele utilizatorilor. Alt instrument folosit pentru adunarea de date, de această dată de la concurență, respectivi liderii de piață, este Benchmarkingul. Se analizează astfel ce face mai bine concurența în ceea ce privește calitatea proceselor, concepte care apoi se adaptează la specificațiile propriei organizații. Ultima tehnică pentru această fază este dezvoltarea funcțiilor calității – QFD, care poate fi considerată ca un element de tranziție între această etapă și următoarea, deoarece reprezintă un instrument complex cu ajutorul căruia se transformă cerințele clienților în specificații tehnice și se creează corelațiile între acestea dar și mai important se ia în calcul nu numai ce își dorește utilizatorul ci și de ce are nevoie acesta.

Pentru *faza de planificare și dezvoltare* se va prezenta inițial modelul propus de unul dintre cei mai cunoscuți guru ai calității, Joseph M. Juran, pentru construirea calității. Scopul acestui model este reprezentat de înlăturarea discrepanțelor dintre ce se dorește de la calitate pornind de la doleanțele clienților, și ce este posibil, fezabil și rentabil în ceea ce privește tehnologia de producție a respectivului bun. Cunoscută așadar ca etapa de construcție a calității, aceasta folosește tehnici precum Brainstorming-ul, metodă des folosită și întâlnită în literatură cât și instrumente deosebit de complexe cum sunt AMDEC, ce permite o analiză rațională a posibilelor moduri de defectare în urma proiectării sau fabricării unui produs și APQP cu ajutorul căreia se planifică parametrii calității pentru dezvoltarea produsului și a proceselor.

*Faza de realizare* respectiv producție a bunului propriu-zis, fiind considerată ca fiind cea mai îndelungată și mai importantă la începuturile preocupărilor pentru calitate, respectiv în prima jumătate a secolului XX, este și cea pentru care s-au dezvoltat cele mai numeroase tehnici ale calității. Începând cu cele 7 instrumente de bază dezvoltate de Ishikawa pentru controlul calității și continuând cu completarea acestora de către JUSE (Uniunea Oamenilor de Știință și Inginerilor Japonezi) cu 7 tehnici de management, se evidențiază evoluția în timp a considerentelor asupra calității. Alte tehnici deosebit de importante pentru această fază, care vor fi caracterizate în această lucrare vor fi: metoda 5S, tehnică japoneză care stă la baza procesului de îmbunătățire continuă, poka

yoke, instrument dezvoltat de inginerul japonez Shingo Shigeo care presupune introducerea unei soluții cât mai simple, robuste și ușor de implementat care să elimine defectele unui produs prin prevenirea sau corectarea cât mai rapidă a erorilor și cei 5 „de ce” metodă foarte simplă care permite identificarea rapidă a sursei unei neconformități prin repetarea întrebării „de ce?”.

Pentru un producător faza de realizare nu reprezintă ultimul aspect al preocupărilor pentru calitate. Ultima etapă din ciclul de viață din această perspectivă fiind reprezentată de *faza de utilizare, retragere și reciclare*, care deși nu mai este neapărat direct legată de producător ea furnizează informații valoroase pentru actualele produse respectiv viitoarele modele pe care compania le va aduce pe piață. De asemenea această fază este strâns legată de construirea imaginii organizației, deoarece în această etapă are loc contactul clientului cu produsul și implicit se creează impresiile care vor conduce la achiziționarea de alte bunuri.

În finalul acestui capitol se va prezenta o serie de instrumente complexe, care datorită acțiunii lor asupra mai multor faze din ciclul de viață al produsului nu au putut fi încadrate ca fiind de o importanță majoră doar pentru una dintre acestea. În această categorie intră metoda 8D care deși se folosește în faza de realizare pentru identificarea cauzelor problemelor de calitate în urma reclamațiilor primite de la clienți, are un rol important și în faza de identificare a cerințelor și în cea de dezvoltare deoarece furnizează informații cruciale pentru planificarea viitoarelor produse și procese. Tot în această categorie intră și metoda Kaizen și Six Sigma, care datorită complexității lor și a acțiunii asupra tuturor activităților unei organizații indiferent de etapa de viață a produsului primesc de asemenea un statut special în cadrul acestei lucrări.

Cu ajutorul acestui capitol se cristalizează ideile părinților MCT conform cărora calitatea pe care clienții o așteaptă de la un produs nu trebuie numai controlată în cadrul secțiilor de producție ci trebuie atât integrată în produse și procese în toate stadiile, cât și îmbunătățită continuu pentru a face față noilor provocări de pe piață. Astfel va fi creat un model de îmbunătățire a calității prin folosirea diferitelor tehnici și instrumente odată cu fazele evoluției produsului de la o dorință a utilizatorului către un bun care este folosit și eventual reciclat. Prin folosirea acestor instrumente încă din primele faze ale ciclului de

viață al produsului se recunoaște importanța construcției calității, respectiv a evitării apariției unor greșeli.

## 4 Teoria prevenirii erorilor

Capitolele precedente au fost dedicate prezentării evoluției calității către MCT și deschiderii unei noi perspective asupra îmbunătățirii calității prin asocierea diverselor tehnici și instrumente regăsite în literatura de specialitate unei faze din ciclul de viață al unui produs. Modelul propus pentru aceasta consta în patru etape importante în evoluția unui bun de la o dorință sau o necesitate a unui client până la folosirea sa propriu-zisă și eventuala reciclare. Unele dintre conceptele și instrumentele astfel introduse se bazează pe ideea de control, inspecție sau analiză a calității, însă cea mai interesantă perspectivă adusă de celelalte tehnici menționate este cea de construcție a calității, respectiv de design al produselor și proceselor astfel încât problemele de calitate să fie complet evitate deoarece este mult mai ieftin să „previi decât să vindecii” așa cum se va demonstra în capitolul 5. Acestea din urmă își au bazele în teoria Zero defecte respectiv ZQC (Zero Quality Control) dezvoltată de calitologul japonez Shingo Shigeo. Acest capitol va trata așadar cel mai important aspect al managementului calității și anume prevenirea apariției erorilor.

Se va realiza inițial o prezentare scurtă a creatorului acestei teorii, calitologul japonez Shingo Shigeo, iar ulterior se vor clarifica pașii care au contribuit la crearea metodei „poka yoke” baza teoriei evitării erorilor. Metoda poka yoke are ca punct de plecare ideea că influența operatorului în cadrul unui proces automatizat de producție nu a fost până atunci îndeajuns analizată. Operatorul nu poate fi tratat ca un utilaj deoarece starea sa de spirit influențează semnificativ eficacitatea și puterea sa de concentrare, lăsând în orice moment deschisă posibilitatea apariției unei greșeli cum ar fi: uitarea anumitor pași ai procesului, montarea componentelor greșite sau chiar uitarea completă a montării acestora, înțelegerea sau interpretarea greșită a proceselor și multe altele. Cu ajutorul poka yoke se propunea evitarea unor astfel de erori în procesului de fabricație. [BINN96]

Prezentarea propriu-zisă a metodei ce presupune un set de idei și tehnici pentru obținerea idealului de zero defecte, așa cum a fost concepută și publicată de creatorul său în lucrarea „Zero Quality Control”, preluată apoi de numeroși autori din domeniu, continuă construcția bazei studiului acestui concept.

Astfel Shingo face deosebirea între *sisteme poka yoke cu funcție de reglare sau prevenire* datorită scopului pe care îl deservește și *sisteme cu funcție de setare sau detecție* datorită tehnicilor sau metodelor pe care le folosesc. Ceea ce în accepțiunea creatorului acestei metode nu înseamnă neapărat că funcțiile se exclud reciproc, un sistem poka yoke îndeplinind de cele mai multe ori ambele funcții.

Calitologul japonez a reușit prin intermediul acestui instrument să aducă metodele calității mai aproape de practică spre deosebire de celelalte tehnici bazate pe adunarea de date și statistici. De asemenea cu ajutorul acestei tehnici s-a conturat ideea conform căreia identificarea cauzelor erorilor după ce au apărut, deși era destul de eficientă în îndepărtarea acestora, este tardivă. Dacă dezvoltarea de sisteme poka yoke putea conduce la evitarea completă a erorilor, Shingo s-a întrebat în continuare dacă nu ar exista o metodă prin care cu ajutorul inspecției să se obțină mult dorita cotă de zero defecte. Astfel a ajuns la conceptul de *inspecție la sursă*, dar nu în sensul cunoscut până atunci, care se referea la verificarea calității de-a lungul fluxului de material de la furnizor până la client, ci pornind de la ideea că defectele sunt rezultatul unor acțiuni și condiții specifice, iar identificarea din timp a acestora face posibilă prevenirea completă a apariției erorilor.

Așadar poka yoke era până atunci o metodă care prevenea reapariția unei erori dar numai după ce era identificată și se crea un astfel de sistem specific ce împiedica recurența. Cu noul concept de *inspecție la sursă* se dorea analizarea posibilelor cauze ale erorilor și împiedicarea acestora înainte de apariție cu ajutorul dispozitivelor poka yoke. Aceste idei s-au conturat sub denumirea de sisteme ZQC. Conceptul a fost pe larg tratat de Shingo de-a lungul carierei sale, făcând obiectul uneia dintre cele mai importante publicații în ceea ce privește studiul calității „Zero Quality Control – Source Inspection and the Poka-Yoke System” [SHIN86]



Deoarece, după cum s-a demonstrat anterior, tehnicile *poka yoke* stau la baza conceptului ZQC și au avut cel mai mare impact asupra apariției acestei metode inovatoare pentru atingerea idealului de zero defecte în firmele japoneze și nu numai – ajungând în timp ca cei doi termeni să se contopească în literatura de specialitate - acestea se vor prezenta în continuare detaliat atât cu exemple din industria auto ce respectă gândirea inițială asupra acestor metode de prevenire a apariției erorilor cât și prin lărgirea conceptului inițial către alte industrii și activități umane.

## 5 Considerente originale asupra sistemelor poka yoke

Pe baza studiului asupra evoluției calității din cele mai vechi timpuri și până la conturarea MCT și a teoriei prevenției, și luând în calcul experiența dezvoltării de sisteme poka yoke pentru industria auto, s-au observat anumite lacune în tratarea acestui deosebit de important instrument de evitare a erorilor. Acestea vor fi adresate în continuare prin formularea unor contribuții originale care să completeze prezentul studiu asupra tematicii poka yoke.

### 5.1 Modelarea sistemelor poka yoke

Pentru a se putea înțelege mai ușor procesul prin care sistemele poka yoke ajută la îndepărtarea erorilor, este important ca modul în care acestea lucrează să fie descris printr-o secvență de funcții ușor de urmărit. Acest capitol este dedicat dezvoltării unui astfel de model generic ce poate caracteriza toate sistemele poka yoke indiferent de complexitatea, tipul sau domeniul de aplicare al acestora. Chiar dacă modelarea se va face la nivel de concept, pentru fiecare caz particular aceasta va putea fi aplicată și detaliată pentru a se identifica eventualele posibilități de îmbunătățire și a se evita factorii perturbatori ce pot să influențeze corecta funcționare a sistemului de detecție și prevenție a erorilor.

Astfel modelul poka yoke propus constă în cinci elemente de bază:

- „Citire” – înainte de a putea corecta o eroare orice sistem poka yoke trebuie să identifice starea de fapt sau acțiunea ce se dorește a fi verificată. În modelul creat această componentă a sistemului poka yoke a fost definită ca funcția de „citire”;
- „Algoritm” – reprezintă componenta principală a sistemului, cea care ia decizia dacă a fost identificată o eroare care afectează rezultatul final;
- „Informare” – componenta cu ajutorul căreia dispozitivul poka yoke transmite rezultatul verificării către utilizator sau sistemul din care face parte;
- „Blocare” – componenta care înlătură posibilitatea de continuare a operației în cazul detectării unei neconformități;
- „Factori perturbatori” – definesc toate acele elemente care intervin asupra sistemului putând influența funcționarea corectă a acestuia.

În Figura 3 este prezentat un sistem poka yoke alcătuit din cele patru componente menționate anterior precum și factorii perturbatori care acționează asupra acestora.

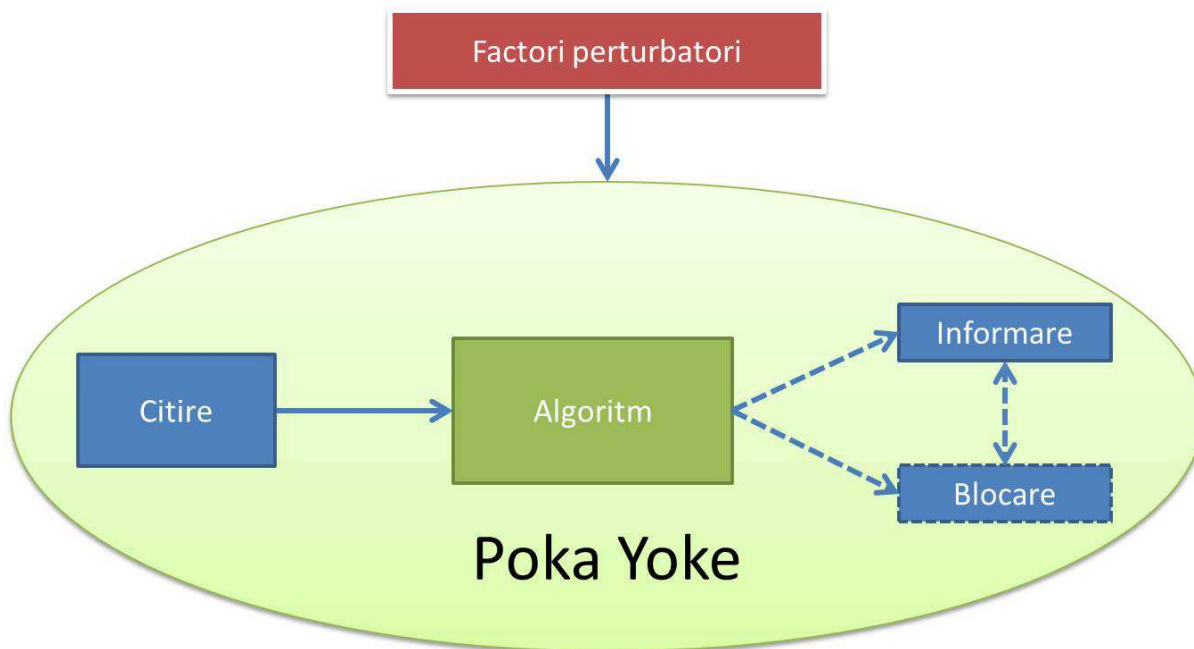


Figura 3: Modelul generic al sistemelor poka yoke

În urma aplicării modelului propus diferitelor sisteme poka yoke, s-a observat lipsa componentei de blocare la multe dintre acestea. Tocmai de aceea printr-o analogie cu sistemele de control instalate pe autoturisme, care vor fi prezentate în capitolul 5.4, se propune separarea tehnicilor poka yoke în: *pasive* și *active*. În cazul sistemelor care au doar o componentă de informare prin care se realizează atenționarea operatorului în legătură cu detectarea unei situații neconforme, dar nu se realizează o blocare automată a posibilității de continuare se poate vorbi despre un *sistem poka yoke pasiv*. *Sistemele active* sporesc eficiența conceptului poka yoke nepermițând propagarea erorii în cazurile de neatenție a operatorului. Informarea are loc, de cele mai multe ori, în paralel cu blocarea sau în alte cazuri poate să fie dată chiar de aceasta.

Pornind de la componentele unui sistem poka yoke prezentate anterior, se va propune în continuare un model de calcul matematic pentru determinarea calității acestora.

Notațiile folosite pentru acest model sunt:

$N_a$	Număr sisteme poka yoke active în fluxul de producție cu impact asupra rezultatului final
$N_p$	Număr sisteme poka yoke pasive în fluxul de producție cu impact asupra rezultatului final
$P_a$	Probabilitatea ca algoritmul să funcționeze corect în lipsa factorilor perturbatori
$P_b$	Probabilitatea ca blocarea să funcționeze corect în lipsa factorilor perturbatori
$P_c$	Probabilitatea ca citirea să funcționeze corect în lipsa factorilor perturbatori
$PD$	Probabilitatea de scăpare a unui defect de pe o linie de fabricație
$P_{da}$	Probabilitatea ca sistemul poka yoke activ să detecteze o eroare
$P_{dp}$	Probabilitatea ca sistemul poka yoke pasiv să detecteze o eroare
$P_e$	Probabilitatea de producere a unui defect fără sistem poka yoke
$P_i$	Probabilitatea ca informarea să funcționeze corect în lipsa factorilor perturbatori
$P_{ii}$	Probabilitatea ignorării mesajului de eroare a funcției informare
$P_{pa}$	Probabilitatea de apariție a factorilor perturbatori asupra funcției algoritmul
$P_{pb}$	Probabilitatea de apariție a factorilor perturbatori asupra funcției blocare
$P_{pc}$	Probabilitatea de apariție a factorilor perturbatori asupra funcției citire
$P_{pi}$	Probabilitatea de apariție a factorilor perturbatori asupra funcției informare

Datorită diferențelor din utilizare a celor două categorii de sisteme poka yoke introduse anterior și modelul matematic trebuie diferențiat pentru:

- Sisteme poka yoke active:

$$P_{da} = P_c \times (1 - P_{pc}) \times P_a \times (1 - P_{pa}) \times P_b \times (1 - P_{pb})$$

- Sisteme poka yoke pasive:

$$P_{dp} = P_c \times (1 - P_{pc}) \times P_a \times (1 - P_{pa}) \times P_i \times (1 - P_{pi}) \times (1 - P_{ii})$$

Cele două formule se bazează pe teorema înmulțirii evenimentelor independente care spune că „probabilitatea producerii simultane a unui număr oarecare de evenimente independente este egală cu produsul probabilităților acestor evenimente”.

În funcție de fluxul de producție analizat se pot identifica de regulă mai multe sisteme poka yoke care în caz de nefuncționare vor conduce la livrarea de piese neconforme. Modelul dinamic de calcul propus pentru probabilitatea de livrare a pieselor neconforme este:

$$PD = \prod_{k=1}^{Na} P_{ek} \times (1 - P_{da_k}) \times \prod_{j=1}^{Np} P_{ej} \times (1 - P_{dp_j})$$

Un sistem poka yoke fiabil trebuie să ofere o rată de detecție a erorilor în mod ideal de 100%. Pentru a se atinge această performanță fiecare componentă a modelului prezentat trebuie analizată pentru a nu permite apariția unei erori fie dintr-o greșeală de dezvoltare a sistemului, fie datorită unor factori perturbatori.

Pentru aplicarea modelului propus s-a dezvoltat un sistem poka yoke, pe o linie de producție a componentelor electronice pentru industria auto, care să stocheze toți parametrii de lucru într-o bază de date. Astfel s-a creat un model experimental operat în condiții de serie care a permis identificarea probabilităților introduse în modelul prezentat anterior.

## 5.2 Modelarea eficienței economice a sistemelor poka yoke

Se va propune un model dinamic de analiză a rentabilității folosirii unui sistem poka yoke prin compararea costurilor totale de fabricație ale unui produs atât în varianta fără poka yoke cât și în cazul în care se investește într-un sistem de prevenție a erorilor. După prezentarea modelului creat, se va exemplifica ulterior utilizarea acestuia cu ajutorul unui studiu de caz din industria auto.

Modelul dezvoltat își propune să analizeze un sistem de producție de-a lungul a  $N$  perioade cu o mărime a lotului în fiecare perioadă definită ca  $L_i$  unde  $i$  ia valori de la 1 la  $N$ . Costul total de fabricație definit în continuare ca  $C_{TF}(N, I_{py}, L_i)$  este o combinație a costurilor de materie primă, operare, mentenanță, fixe, logistice, non calitate precum și cele cauzate de investiția în sistemul poka yoke.

Notațiile folosite în acest model sunt:

$C_{dp}$	Cost depozitare pe piesă pentru o perioadă
$C_F$	Cost fix fabrică
$C_I$	Cost întreținere/mentenanță și setare producție
$C_{ip}$	Cost întreținere producție pe perioadă
$C_L$	Cost logistic intern
$C_M$	Cost materie primă
$C_{NC}$	Cost non calitate
$c_{ncp}$	Cost non calitate pe produs
$C_O$	Cost operare/manoperă
$C_{PY}$	Cost poka yoke
$F_p$	Costuri fixe raportate produsului pe perioadă
$I_{py}$	Investiție pentru sistemul poka yoke de-a lungul a $N$ perioade
$L_i$	Lot de producție în perioada $i$
$m_p$	Cost materie primă pe piesă
$N$	Număr perioade analizate
$o_p$	Cost manoperă pe piesă
$P(I_{py})$	Probabilitatea de a produce o piesă defectă pentru o investiție $I_{py}$ în sistemul poka yoke
$p_d$	Probabilitatea de a produce o piesă defectă în cazul lipsei unui sistem poka yoke ( $I_{py} = 0$ )
$PY$	Investiție totală sistem poka yoke
$S_i$	Stoc aflat în depozit la sfârșitul perioadei $i$

$V_i$  Vânzări/Livrări în perioada  $i$

Pentru o investiție  $I_{py}$  în sistemul poka yoke costurile totale de fabricație vor fi definite ca:

$$C_{TF}(N, I_{py}, L_i) = C_M + C_O + C_I + C_F + C_L + C_{NC} + C_{PY}$$

fiecare componentă a formulei fiind detaliată în continuare.

$$C_M = \sum_{i=1}^N L_i \times m_p$$

Costurile cu materialele, sunt prima componentă considerată în formula costurilor totale de fabricație, ele însumând pentru  $N$  perioade, produsul numărului de piese fabricate cu costul materiei prime pentru o unitate.

$$C_O = \sum_{i=1}^N L_i \times o_p$$

Costurile de operare însumează produsul pieselor fabricate de-a lungul a  $N$  perioade cu costul manoperei pentru un singur produs.

Costurile de mentenanță se calculează prin însumarea valorii mentenanței pe perioadele în care s-a lucrat. Formula folosită este:

$$C_I = \sum_{i=1}^N I_{(L_i)} \times c_{Ip}$$

unde

$$I_{(L_i)} = \begin{cases} 0 & \text{dacă } L_i = 0 \\ 1 & \text{dacă } L_i > 0 \end{cases}$$

Pentru a calcula costurile fixe în intervalul studiat se multiplică numărul de perioade  $N$  cu costurile fixe raportate produsului studiat pe o perioadă. Prin acestea se înțeleg costurile cu personalul indirect productiv, amortizarea echipamentelor dar și alte costuri generale ale organizației.

$$C_F = N \times F_p$$

Costurile logistice interne însumează produsul numărului de piese stocate în fiecare perioadă cu costul de stocare pentru o perioadă pentru o piesă. Formula folosită este:

$$C_L = \sum_{i=1}^N S_i \times c_{dp}$$

unde

$$S_i = S_{i-1} + L_i - V_i$$

În funcție de procesul analizat, costurile calității pot avea un impact diferit asupra costurilor totale de fabricație. Astfel dacă se analizează un proces final care poate produce un defect ce nu mai poate fi descoperit în cadrul locației de producție ci doar de către client, costul non calității este foarte mare. Pe de-o parte apar costurile de reclamație a pieselor defecte, iar pe de alta se creează o pierdere de imagine în fața clientului ce poate avea urmări foarte grave pe termen lung. În cazul proceselor care pot produce defecte detectabile înainte ca produsele să fie livrate, costurile non calității se rezumă în general la rebutarea pieselor afectate. Formula prezentată în continuare poate fi aplicată pentru ambele situații diferența făcându-se prin costul non calității pe un produs ( $c_{ncp}$ ).

$$C_{NC} = \sum_{i=1}^N L_i \times P(I_{py}) \times c_{ncp}$$

unde

$$P(I_{py}) = \begin{cases} p_d & \text{dacă } I_{py} = 0 \\ 0 & \text{dacă } I_{py} = PY \end{cases}$$

Costul poka yoke ( $C_{PY}$ ) este egal cu investiția făcută în sistemul de prevenție a erorilor.

Pe baza ecuațiilor prezentate anterior se poate crea un model dinamic de calculare a costurilor totale de fabricație unde funcția obiectiv va fi de minimizare a acestora putându-se astfel lua decizia implementării unui sistem poka yoke:

$$\begin{aligned} C_{TF}(N, I_{py}, L_i) &= \min \sum_{i=1}^N L_i \times m_p + \sum_{i=1}^N L_i \times o_p + \sum_{i=1}^N I_{(L_i)} \times c_{Ip} + N \times F_p \\ &+ \sum_{i=1}^N (S_{i-1} + L_i - V_i) \times c_{dp} + \sum_{i=1}^N L_i \times P(I_{py}) \times c_{ncp} + I_{py} \end{aligned}$$

în care:

$$I_{py} = 0 \text{ sau } PY$$

$$m_p, o_p, c_{Ip}, F_p, c_{dp}, c_{ncp} \text{ și } PY \geq 0$$

$$I_{(L_i)} = \begin{cases} 0 & \text{dacă } L_i = 0 \\ 1 & \text{dacă } L_i > 0 \end{cases}$$

$$S_{i-1} + L_i - V_i \geq 0$$

$$S_0 = 0$$

$$P(I_{py}) = \begin{cases} p_d & \text{dacă } I_{py} = 0 \\ 0 & \text{dacă } I_{py} = PY \end{cases}$$

Modelul dezvoltat a fost exemplificat și aplicat unui sistem poka yoke pentru a se verifica eficiența economică adusă prin implementarea acestuia. Exemplul care face subiectul acestui studiu a fost dezvoltat în timpul elaborării acestei teze și implementat cu succes pe o linie de producție al unei firme furnizoare de componente electronice pentru industria auto. Alte aspecte, în afară de implicarea în acest proiect, nu au fost considerate în alegerea acestui sistem drept exemplu, tocmai pentru a demonstra aplicabilitatea acestui model oricărui tip de ansamblu, mai ales dacă se ia în calcul diversitatea acestora.

### 5.3 Îndepărtarea erorilor de design a sistemelor poka yoke

Prin studierea multor sisteme poka yoke folosite pe liniile de producție a modulelor electronice pentru industria auto s-au identificat mai multe exemple de sisteme poka yoke care deși la prima vedere erau corect implementate prezentau anumite deficiențe:

- Efecte secundare ale sistemelor poka yoke
- Factorul uman mai puternic decât sistemul poka yoke
- Rezolvarea problemei specifice nu este întotdeauna suficientă
- Scăderea capacității de producție ca efect secundar al utilizării sistemelor poka yoke

Pentru a corecta problemele, în cele mai multe cazuri s-a revizuit sistemul poka yoke printr-o abordare mai completă, astfel reușindu-se eliminarea efectelor nedorite. Aceste



aspecte respectiv diferitele deficiențe descoperite în diverse sisteme poka yoke, dar și modul în care acestea au fost îndepărtate, se vor prezenta pe baza mai multor exemple [MAGD12].

#### **5.4 Lărgirea conceptului poka yoke**

Secolul XXI a adus cu sine creșterea interesului pentru conceptul poka yoke și implicit adaptarea sa la anumite domenii care nu au nici o legătură cu industria auto sau sistemul de producție Toyota [MAGD13b]. Astfel apar lucrări care recunosc importanța conceptului dezvoltat de Shingo Shigeo și beneficiile implementării unor astfel de sisteme în domeniul construcțiilor [RAMI11] [SANT99], sau în dezvoltarea de software [ROBI97] [NATA13].

Însă domeniul cel mai des întâlnit în noile articole dedicate tematicii poka yoke este domeniul medicinei. Aici, ca și în cazul industriei auto sau aeronautice, importanța erorilor umane capătă o dimensiune deosebită, acestea ducând la pierderea de vieți omenești.

Lărgirea conceptului poka yoke în ceea ce privește aplicarea și adaptarea acestuia în domeniul medicinei a fost realizată de diverși autori pornind de la ideile creatorului acestei metode și denumind respectivele mecanisme și tehnici dacă nu poka yoke - așa cum a făcut-o Shingo Shigeo - metode pentru evitarea erorilor umane. Acest capitol va prezenta contribuții privind lărgirea conceptului inițial în alte domenii și sub alte forme, fără a fi însă considerate sau recunoscute de autori, creatori sau utilizatori ca făcând parte din metoda dezvoltată de calitologul japonez. Astfel lucrarea propune exemple de sisteme poka yoke din domenii precum:

- Management
- Logistică
- Activități cotidiene
- Servicii
- Sisteme de asistență a șoferilor

## 6 Sistemele poka yoke în industria auto

Capitolul 2 a stabilit importanța anumitor perioade din secolul XX asupra evoluției calității. Deși fiecare eră a adus cu sine concepte inovatoare și extrem de însemnate pentru organizațiile care le-au implementat, nu este de negat faptul ca era Managementului Calității Totale a stârnit cele mai de amploare reacții în ceea ce privește preocuparea pentru calitate în industrie, mai ales în cea auto. Sub aceste aspecte a apărut și teoria Zero defecte prezentată în capitolul 4, gândirea asupra calității evoluând de la a contracara simptomele prin controlul calității astfel încât bunurile neconforme produse să nu ajungă la client, către prevenirea apariției erorilor eliminându-se astfel risipa și riscul ca defectele să ajungă pe piață.

Cum teoria Zero defecte a ajuns în timp să se contopească în gândirea asupra calității cu sistemele poka yoke acest concept de prevenire a erorilor va fi în continuare tratat cu predilecție în industria auto, deoarece în acest domeniu se realizează în era contemporană cele mai importante eforturi în domeniul îmbunătățirii calității și reducerii costurilor. Înainte însă de a studia sistemele poka yoke propriu-zise se va realiza o analiză a evoluției industriei auto din prisma dezvoltării calității pentru a se clarifica încadrarea poka yoke ca metodă de prevenire a erorilor în acest domeniu. Accentul se va pune așadar asupra evoluției gândirii asupra calității în industria auto în general și nu a sistemelor poka yoke în special pentru a se demonstra paleta largă de tehnici ale calității existente, respectiv dezvoltate pentru acest domeniu. Faptul că obiectul acestui studiu îl reprezintă doar metoda poka yoke nu neglijează importanța celorlalte concepte de aceea nu s-a dorit ignorarea lor completă.

Este general recunoscut faptul că istoria industriei auto a început odată cu inventarea motorului cu combustie internă în 1876 de către Nicolaus August Otto și cu primele automobile dezvoltate de Karl Benz în 1885 și mai apoi de Gottlieb Daimler în 1886 [BELL13]. O contribuție deosebit de importantă este adusă însă de Ford, fiind primul care implementează producția de flux, ce avea să revoluționeze conceptul de fabricație. Succesul Ford pe piața mondială a dus la răspândirea conceptelor producției în masă în rândul organizațiilor din întreaga lume. Au apărut însă și reacții negative față de acest nou curent care prețuia cantitatea în detrimentul libertății de alegere a utilizatorului.

Aceste reacții au dus la crearea TPS (Toyota Production System), unul dintre cele mai complete și cunoscute forme de Management al Calității. Acest concept s-a conturat în a doua jumătate a secolului XX în urma aportului calitologilor japonezi dar și a prelegerilor și tehnicilor calitologilor americani care au găsit în managementul japonez un public avid de cunoștințe și de dorința de îmbunătățire.

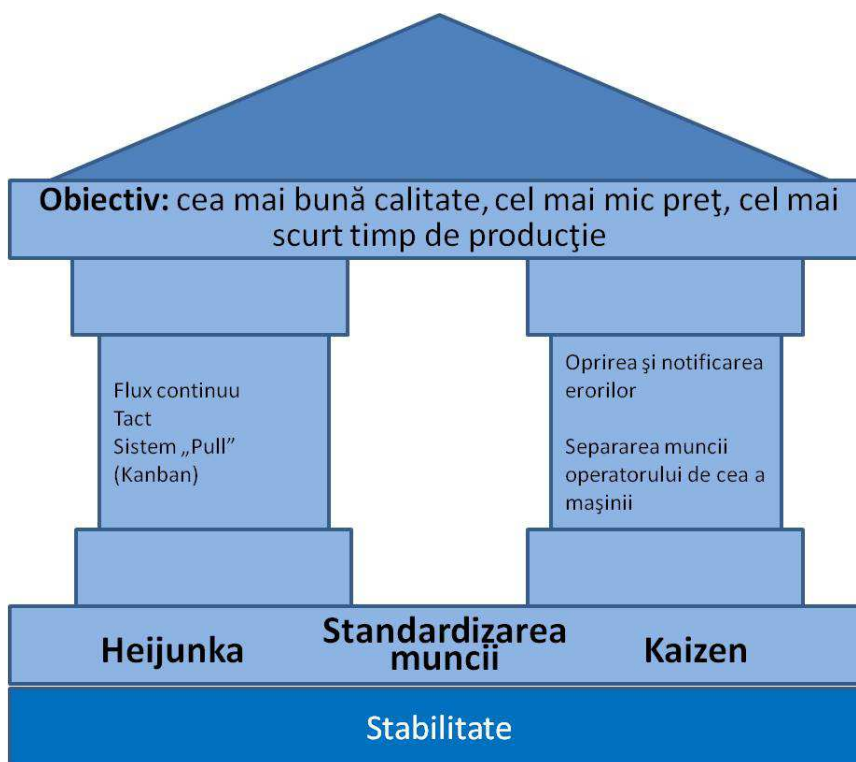


Figura 4: Casa calității TPS [LEI08]

Prin această replică oferită de industria auto japoneză la mijlocul secolului XX supremația Ford a rămas o relativă amintire a istoriei, principiile practice devenind depășite și nesatisfăcătoare pentru clienți. S-a încercat așadar, de către organizațiile vestice, deslușirea cheii succesului japonez, iar rezultatul acestor încercări s-a conturat în dezvoltarea unui nou concept de management numit „lean”.

Termenul de „Lean” s-a conturat în anii '80-'90, în urma unui studiu de 5 ani efectuat de prestigioasa instituție de învățământ MIT cu finanțare din partea industriei auto. Astfel s-a analizat de către Womack și Jones stadiul sistemului de producție în masă existent în America unde reducerea costurilor era obținută prin reducerea numărului de variante și

procese și cel al firmei Toyota a cărei metodă de reducere a costurilor s-a concretizat în eliminarea risipei în toate fazele de producție și cele de viață ale mașinii și îmbunătățirea continuă. O fabrică lean prezintă două caracteristici cheie: transferarea obiectivelor și responsabilităților muncitorilor de la linie care adaugă valoare mașinii și existența unui sistem de detectare a erorilor care permite identificarea rapidă a cauzei rădăcină. [WOMA90]

Lean Management reprezintă așadar un nou mod de gândire pentru industria auto americană și europeană, inspirat de metoda de management a firmei Toyota, concentrat asupra includerii calității în procesul de producție, eliminării risipei, producția în flux, îmbunătățirii continue și construirea de relații durabile bazate pe respect și încredere cu partenerii de afaceri. Este de asemenea un concept în continuă dezvoltare ale cărui aplicații au fost extinse și asupra altor industrii.

Industria auto vestică, deși impulsionată de apariția și implementarea Lean Management nu a reușit să depășească înaltele standarde calitative impuse de Toyota al cărui sistem de producție în continuă dezvoltare și îmbunătățire bazat pe psihologia orientată către calitate a japonezilor domina încă piața. De aceea eforturile organizațiilor au început să se îndrepte asupra căutării unui sistem care să le ajute să obțină o rată mult mai redusă de defecte și astfel să demonteze supremația Toyota. Atenția s-a îndreptat în această instanță asupra conceptului Six Sigma dezvoltat la începutul anilor '90 în cadrul firmei Motorola.

Six Sigma poate fi definit ca un proces structurat menit să reducă sursele de variație atât a produsului cât și a proceselor în întreaga companie, cu scopul de a îmbunătăți calitatea, de a crește performanțele organizației și de a îndeplini necesitățile și așteptările clienților [BOZD10]. Metoda prin care se obține calitatea  $6\sigma$  este o extindere a ciclului lui Deming prezentat în capitolul 2 cunoscută sub acronimul DMAIC (Define-Measure-Analyse-Improve-Control). Astfel fiecare problemă de calitate este tratată sub forma unui proiect de îmbunătățire cu ajutorul diverselor metode și tehnici consacrate ale calității specifice fiecărei faze: [SCHM10], [KNOW12b], [KIFO06]

Cum însă subiectul acestei lucrări este studiul conceptului poka yoke, ulterior acestei introduceri a conceptelor de îmbunătățire a calității în industria auto se va prezenta noua perspectivă asupra acestei tematici pentru această industrie, care presupune o clasificare modernă ce diferă de cea creată de Shingo Shigeo și prezentată în capitolul 4. Aceasta se bazează pe apariția preocupării pentru proiectarea poka yoke și presupune o nouă categorisire a sistemelor poka yoke făcându-se diferențierea între *poka yoke de proces* și *poka yoke de produs*. Exemplificarea acestei noi clasificări se va realiza pe cazul concret al producției sistemelor de control electronic, prezentându-se apoi dezvoltarea rapidă a acestora din ultimii ani și diversitatea la care s-a ajuns în prezent. Este prezentat în încheiere fluxul standard de producție pentru modulele electronice pentru a se crea o imagine de ansamblu asupra complexității acestor produse.

Pentru a se întregi conceptul poka yoke și a sublinia complexitatea unei tehnici relativ simple la prima vedere, cea mai importantă parte a acestui capitol este dedicată prezentării a numeroase exemple de sisteme poka yoke implementate în cadrul unei companii producătoare de componente electronice pentru industria auto. Acestea s-au catalogat în funcție de procesul la care au fost implementate în ordinea în care se regăsesc de-a lungul fluxului standard de producție începând cu zona de recepție marfă, respectiv cea de stocare a componentelor continuând apoi de-a lungul liniilor de producție de module, la posturile de analiză și reparații, la liniile de montaj încheind cu procesul de împachetare.

Se va sublinia astfel adaptabilitatea acestui concept la nevoile proceselor de producție cu scopul asigurării calității de cel mai înalt nivel.

## 7 Concluzii

Acest studiu reprezintă vârful de aisberg în ceea ce privește sfera de aplicare a sistemelor poka yoke, prezentându-se doar o parte din marea de tehnologii și metode care se bazează pe teoria întemeiată de Shingo Shigeo, de cele mai multe ori fără a fi catalogate ca atare. Aplicațiile metodei poka yoke sunt prezente în jurul nostru în orice domeniu ne desfășurăm activitatea și, chiar dacă nu le percepem, sigur ne ajută să fim mai productivi și să nu facem din neatenție sau neștiință erori care să afecteze calitatea la orice nivel.

În încheierea acestei lucrări se vor prezenta pe de-o parte contribuțiile originale aduse tematicii poka yoke, iar pe de altă parte direcțiile viitoare de studiu care pot fi derivate și care, este speranța autorului, vor fi tratate pe viitor pentru a întregi un concept vital pentru industrie în general și cea auto în special.

### 7.1 Contribuții originale

S-a demonstrat prin prezenta lucrare faptul că tematica îmbunătățirii calității, deși nu mai este o noutate absolută, reprezintă și va reprezenta mereu un subiect actual și o preocupare a oricărei organizații indiferent de tipul de activitate pe care o desfășoară sau industria în care activează. Acest studiu a adus diferite contribuții, pentru tratarea teoretică și practică a sistemelor poka yoke care s-au cristalizat în dezvoltarea de modele, lărgirea conceptului către alte domenii, respectiv industriei precum și exemplificarea numeroaselor aplicații dezvoltate pentru o firmă din industria auto.

- **Crearea unui model de îmbunătățire a calității** luând în considerare toate etapele din viața unui produs. Pentru aceasta s-au analizat inițial categorisirile existente în literatura de specialitate referitor la ciclul de viață al unui produs. Diverși autori au studiat acest concept din diferite perspective însă nici una dintre acestea nu a fost considerată ca fiind adecvată acestei lucrări. Prin urmare s-a realizat un model, care deși a preluat unele dintre ideile regăsite în diverse publicații reprezintă totuși o nouă viziune asupra acestui aspect. Astfel s-au

definit 4 etape relevante din viața unui produs din perspectiva îmbunătățirii calității: *faza de identificare a cerințelor, faza de planificare și dezvoltare, de realizare și faza de utilizare, retragere și reciclare*. Identificarea acestor etape a făcut apoi posibilă conturarea modelului, prin asocierea de tehnici, respectiv instrumente ale calității fiecăreia dintre acestea pe baza asigurării maximului de eficiență în construcția respectiv îmbunătățirea calității produselor și proceselor oricărei organizații.

Sub aspectul îmbunătățirii calității, prevenirea erorilor fie de design sau fabricație, care implicit ar conduce la probleme de calitate, s-a considerat a fi de o importanță sporită în comparație cu inspecția sau controlul. De aceea din paleta de tehnici prezentată în modelul descris în paragraful precedent s-a ales poka yoke, cea mai cunoscută metodă de prevenire a apariției erorilor umane neintenționate. Astfel s-au conturat alte două modele de data aceasta asociate în special metodei poka yoke.

- **Modelarea sistemelor poka yoke prin prisma structurii lor.** Acest model presupune analizarea și identificarea componentelor principale care pot fi asociate oricărui astfel de sistem. Pe această bază s-a realizat ulterior un model matematic cu ajutorul căruia se poate analiza eficiența implementării unui sistem poka yoke luând în considerare printre altele și factorii perturbatori care pot acționa asupra acestuia. S-a luat în calcul în realizarea acestui model și posibilitatea existenței mai multor sisteme poka yoke implementate pe o linie de producție.
- **Modelul dinamic de calcul al costurilor totale de fabricație.** Acest model a fost realizat în baza considerentelor economice asupra exemplilor dezvoltate pentru industria auto și facilitează compararea din punct de vedere al costurilor a două scenarii de producție, și anume unul în care nu se implementează nici un sistem de prevenție a erorilor, iar altul în care se asociază procesului studiat un sistem poka yoke. Cu ajutorul acestui model se poate analiza eficiența economică a introducerii oricărui tip de dispozitiv de prevenire a erorilor de-a lungul fluxului de producție.

- **Îndepărtarea erorilor de design a sistemelor poka yoke.** O analiză și mai detaliată a sistemelor poka yoke a dus și la identificarea anumitor deficiențe a unor astfel de dispozitive implementate în producția de componente electronice pentru industria auto. Astfel de trage un semnal de alarmă asupra faptului că deși acest tip de concept era considerat robust și 100% sigur, odată cu creșterea complexității proceselor de producție și a cerințelor asupra dispozitivelor de prevenție, trebuie sporită și atenția acordată evitării erorilor de design respectiv dezvoltare a sistemelor propriu-zise.
- **Lărgirea conceptului poka yoke.** Această lucrare aduce în discuție și lărgirea conceptului studiat. Astfel, deși sistemele de producție depind de implementarea de dispozitive poka yoke nici un studiu nu ar fi complet prin concentrarea asupra unui singur domeniu. De aceea s-au analizat alte domenii, respectiv viața de zi cu zi și s-au observat atât sisteme care se regăsesc sub denumirea dată de Shingo Shigeo în alte arii de activitate precum medicină, cât și numeroase alte exemple care nu sunt conștientizate ca aparținând acestei categorii de sisteme de prevenție. Astfel se subliniază răspândirea acestei metode în activități pe care creatorul metodei nu le-a luat în considerare în secolul trecut, precum și importanța deosebită a acestor noi aplicații care ajung chiar să salveze vieți omenești.

O ultimă contribuție adusă de această lucrare este una de ordin practic prin:

- **Exemplificarea numeroaselor aplicații a conceptului poka yoke dezvoltate de-a lungul fluxului de producție al unui furnizor de componente electronice din industria auto.**

Dezvoltarea acestor aspecte, respectiv conștientizarea anumitor neajunsuri în tratarea sistemelor poka yoke a adus completări atât teoretice cât și practice. Însă acest studiu nu poate fi absolutizat și considerat ca o definitivare a oricărei cercetări asupra sistemelor poka yoke. De aceea în încheierea acestei lucrări se vor prezenta posibile direcții viitoare de studiu care ar aduce noi perspective, sau le-ar completa pe cele deja dezvoltate anterior.



## ***7.2 Direcții viitoare de cercetare***

Capitolul 5.1 a adus o contribuție majoră conceptului poka yoke prin crearea unui model de analiză a eficienței unui astfel de sistem. Prin împărțirea oricărui sistem în patru funcții distincte respectiv citire, algoritm, informare și blocare, și analizarea fiecăreia dintre acestea în ceea ce privește factorii perturbatori, s-a putut crea un model matematic cu ajutorul căruia să se poată calcula eficiența sistemului în totalitatea sa, și implicit stabili eficacitatea dezvoltării unui ansamblu poka yoke pentru acel proces. Aplicarea acestui model într-un cadru experimental a dovedit avantajele aduse conceptului clasic dezvoltat de Shingo Shigeo.

Modelul propus este unul dinamic, iar prin prisma acestui aspect se poate dovedi în anumite cazuri incomplet, mai ales când se ia în considerare domeniul în continuă schimbare în care a fost dezvoltat. Industria auto este cea pentru care presiunea îmbunătățirii calității și reducerii costurilor este cea mai mare, de aceea eficiența unui sistem poka yoke este crucială. Astfel studierea suplimentară a modelului propus și aplicarea sa mai multor sisteme, într-un cadru experimental, poate duce la completări care ar îmbunătăți sau actualiza forma propusă în această lucrare.

Un alt aspect tratat în cadrul acestei lucrări a fost lărgirea conceptului poka yoke către alte industrii, respectiv domenii. În acest caz s-au prezentat atât sisteme care sunt recunoscute în literatura de specialitate ca fiind poka yoke, aplicate altor industrii, cât și sisteme de prevenirea erorilor în utilizare sau alte domenii de lucru. S-a subliniat astfel o nouă direcție suplimentară de studiu care aduce noi contribuții asupra lărgirii sferei de aplicabilitate a sistemelor poka yoke. Aceasta nu a fost însă epuizată prin prezentul studiu ci domeniul poate fi lărgit în continuare.

Pe de-o parte o analiză suplimentară poate duce la creșterea conștientizării importanței sistemelor poka yoke în utilizarea produselor. Odată cu dezvoltarea tehnologică și creșterea complexității produselor existente pe piață, împiedicarea folosirii incorecte a funcțiilor unui bun capătă o importanță sporită deoarece influențează percepția utilizatorului asupra calității acestuia. De asemenea un domeniu deosebit de important al cărui studiu poate fi lărgit pentru a se sublinia actualitatea conceptului poka yoke este

cel al siguranței rutiere. Acest domeniu fiind emergent, aplicabilitatea gândirii dezvoltate de Shingo Shigeo abia începe să fie conștientizată, iar dezvoltarea de sisteme pentru prevenirea erorilor devine vitală. Pe de altă parte, nu numai în ceea ce privește aplicabilitatea sistemelor poka yoke în utilizare se poate continua studiul acestora ci și asupra lărgirii folosirii acestora și în alte domenii și industrii. Astfel în literatură s-a regăsit recunoașterea anumitor sisteme ca și aparținând conceptului de evitare a erorilor dezvoltat de calitologul japonez, numai în medicină deși au fost identificate numeroase alte aplicații și în alte industrii. De aceea studiul suplimentar al acestor aspecte ar aduce un aport important la actualizarea gândirii inițiale asupra acestor tehnici ale calității.

O ultimă perspectivă care poate fi identificată ca bază pentru un viitor studiu derivă din numeroasele exemple prezentate în cadrul acestei lucrări. Categorisirea acestora de-a lungul fluxului de producție, în cazul de față pentru o firmă producătoare de componente electronice pentru industria auto, oferă o sugestie pentru dezvoltarea unui catalog a sistemelor poka yoke. Astfel prin identificare și gruparea diferitelor exemple în funcție de pasul de producție, și nu numai, la care se aplică, se poate oferi un ajutor inginerilor, respectiv managerilor, în alegerea sistemului optim pentru evitarea erorilor de fabricație, management, logistice precum și cele asociate altor numeroase procese existente în cadrul unei companii.

Acestea sunt doar câteva dintre direcțiile viitoarelor studii care pot fi derivate din această lucrare, însă cele mai importante. Astfel s-au subliniat pe de-o parte contribuțiile aduse de acest studiu, iar pe alta faptul că acestea nu închid nici pe departe perspectivele asupra sistemelor poka yoke ci tocmai, deschid numeroase alte aspecte care pot fi analizate pentru a se actualiza conceptul și a i se sublinia importanța între tehnicile de îmbunătățire a calității produselor și proceselor.

## Bibliografie

- [AHRE06] Ahrens, T.: *Lean production: Successful implementation of organisational change in operations instead of short term cost reduction efforts*, Lean Alliance GmbH, 2006
- [AIAG94] AIAG: *Advanced Product Quality Planning and Control Plan (APQP)*, 1994
- [AKAO90] Akao, Y.: *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*, Editura Productivity Press, New York, 1990
- [ASQ12] ASQ: <http://asq.org/glossary/>, accesat la 13.09.2012
- [AZTE12] AZTEST: <http://www.aztest.com/index.html>, accesat la 18.05.2012
- [BACI04] Bacivarov, I. C.; Stoichițoiu, D. G.: Joseph M. Juran – O viață închinată calității, *Asigurarea Calității*, octombrie-decembrie 2004, anul X, numărul 40, 2004
- [BECK10] Becker, J.: *Driver Assistance System*, Patent European nr. EP2057053, publicat 29.09.2010
- [BELL13] Bellis, M.: *Automobile History - Famous Automobile Makers*, <http://inventors.about.com/od/astartinventors/tp/Famous-Automobile-Makers-.htm>, accesat la 10.06.2013
- [BINN96] Binner, H. F.: *Umfassende Unternehmensqualität*, Editura Spriger, Berlin Heidelberg, 1996
- [BOOK05] Booker, J. D.; Swift, K. G.; Brown, N. J.: Designing for assembly quality: strategies, guidelines and techniques, *Journal of Engineering Design*, vol. 16, Nr. 3, pag 279 - 295, 2005
- [BOZD10] Bozdogan, K.: Towards an Integration of the Lean Enterprise System, Total Quality Management, Six Sigma and Related Enterprise Process Improvement Methods, în: Blockley, R. – *Encyclopedia of Aerospace Engineering*, volumul 6, Editura John Wiley & Sons, New York, 2010
- [BRIE06] Briest, S.; Vollrath, M.: Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, *VDI Berichte*, nr. 1960, pag. 449-463, 2006
- [BRIT99] Britz, G. C.; et. al.: *Improving Performance Through Statistical Thinking*, Editura ASQ Quality Press, Milwaukee, 1999
- [CAMP06] Camp, R. C.: *Benchmarking: The Search for Industry Best Practices That Lead to Superior Performance*, Editura Productivity Press, 2006

- [CARB00] Carboneau, C.: Reduce Medication Errors By Mistake Proofing, *Quality Progress*, vol. 33, Nr. 8, pag. 8 - 10, aug. 2000
- [CART12] Carter, M.: *The 8-Disciplines: Problem Solving Methodology*, Amazon Digital Services, 2012
- [COHE95] Cohen, L.: *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*, Editura Addison Wesley Longman, Reading, 1995
- [CROS79] Crosby, P.: *Quality is Free*, Editura McGraw-Hill, New York, 1979
- [CUDN02] Cudney, E.: Implementing Effective Mistake Proofing, *IIE Annual Conference Proceedings*, pag. 1 - 4, 2002
- [DEMI00] Deming, W. E.: *Out of the crisis*, Editura MIT Press, Massachussetts, 2000
- [DENE07] Deneș, C.: *Fiabilitatea și mentenabilitatea sistemelor*, suport de curs, Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, 2007
- [DEX98] Academia Română: *Dicționarul Explicativ al Limbii Române*, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”, Editura Univers Enciclopedic, 1998
- [DOTY96] Doty, L. A.: *Statistical Process Control*, Ediția II, Editura Industrial Press, New York, 1996
- [EFQM12] EFQM: <http://www.efqm.org/en/>, accesat la 05.04.2012
- [EMOT12] EMOTIO: <http://emotio.tim.rwth-aachen.de/>, accesat la 21.05.2012
- [ESTR08] Estrada, G.; Lloveras, J.; Riba C.: Design for Poka-Yoke Assembly an Approach to Prevent Assembly Issues, *International Desing Conference*, pag. 351 - 358, Dubrovnik, Coația, 2008
- [EVAN91] Evans, J. R.: *Statistical Process Control for Quality Improvement*, Editura Prentice-Hall, Upper Saddle River, 1991
- [FEIG83] Feigenbaum, A. V.: *Total Quality Control*, Ediția III., Editura McGraw-Hill, New York, 1983
- [GROU07] Grout, J.: *Mistake-Proofing the Design of Health Care Processes*, Editura AHRQ Publication, Rockville, 2007
- [GROU97] Grout, J. R.: Mistake-Proofing Production, *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter 1997, 38, 3, ProQuest Central, pag. 33 – 37, 1997
- [GUAR12] The Guardian: <http://www.guardian.co.uk/business/2012/oct/10/toyota-automotive-industry>, accesat la 06.04.2012
- [GÜNT05] Günter, H. O.; Tempelmeier, H.: *Produktion und Logistik*, Ediția VI, Editura

- Spriger, Berlin, 2005
- [HANC07] Hinckley, C. M.: Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry, *Accred. Quality Assurance*, vol. 12, pag. 223 - 230, 2007
- [HILL95] Hill, S.; Wilkinson, A.: In search of TQM, *Employee Relations*, volumul 17, numărul 3, pag. 8 – 25, 1995
- [HOWA13] Howard, B.: *Ford's amazing new tech: Park your car from outside the car*, [www.extremetech.com/extreme/168194-fords-amazing-new-tech-park-your-car-from-outside-the-car](http://www.extremetech.com/extreme/168194-fords-amazing-new-tech-park-your-car-from-outside-the-car), accesat la 05.08.2013
- [ILIE03] Ilieș, L.: *Managementul Calității Totale*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2003
- [IMAI12] Imai, M.: *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*, Ediția II, Editura McGraw-Hill, New York, 2012
- [INJA07] Injac, N: Die Entwicklung des Qualitätsmanagements im 20./21. Jahrhundert, Pfeifer, T.; Schmitt, R: Masing – *Handbuch Qualitätsmanagement*, Ediția V, pag. 15 – 34, Editura Carl Hanser, München, 2007
- [INMA13] Inman, A. R.: *Poka-Yoke*, <http://www.referenceforbusiness.com/management/Or-Pr/Poka-Yoke.html> accesat la 14.03.2013
- [IONE97] Ionescu, S. C.: *Excelența industrială - Practica și teoria calității*, Editura Economică, București, 1997
- [IONI02] Ioniță, I.: *Managementul calității sistemelor tehnico-economice*, Editura ASE, București, 2002
- [ISHI90] Ishikawa, K.: *Introduction to Quality Control*, Ediția I, Editura 3A Corp, Tokyo, 1990
- [ISIX12] I Six Sigma: <http://www.isixsigma.com/tools-templates/cause-effect/determine-root-cause-5-whys/>, accesat la 22.10.2012
- [ISO05] ISO 9000:2005: *Quality Management Systems - Fundamentals and vocabulary*, International Organization for Standardization, 2005
- [ISO09] ISO/TS 16949: *Technical Specification - Quality Management Systems*, International Organization for Standardization, 2009
- [ISO12] ISO: <http://www.iso.org/iso/home.html>, accesat la 29.10.2012
- [ISO97] ISO: *Friendship Among Equals*, ISO Central Secretariat, Geneva, 1997

- [IVAN06] Ivanovic, M. D.; Majstorovic, V. D.: Model developed for the assessment of quality management level in manufacturing systems, *The TQM Magazine*, vol. 18, numărul 4, pag.410 – 423, 2006
- [JOHN03] Johnson, K. G.; Khan, M. K.: A study into the use of the process failure mode and effects analysis (PFMEA) in the automotive industry in the UK, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 139, pag. 348 – 356, 2003
- [JURA73] Juran, J.M.; Gryna, F.M.: *Calitatea produselor : tratat practic de planificare, proiectare, realizare și control*, Editura Tehnică, București, 1973
- [JURA98] Juran, J. M.: *Juran's Quality Handbook*, Ediția V., Editura McGraw-Hill, New York, 1998
- [KAMI12] Kamiske, G. F.: *Handbuch QM-Methoden - die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen*, Editura Carl Hanser, München, 2012
- [KANS12] Kansei: <http://www.kansei.eu/>, accesat la 11.05.2012
- [KETT99] Ketting, M.: Geschichte des Qualitätsmanagements, în: *Masing – Handbuch Qualitätsmanagement*, Ediția IV, Editura Carl Hanser, München, pag. 17-30, 1999
- [KIFO02] Kifor, C.V.; Oprean, C.: *Ingineria Calității*, Editura Universității “Lucian Blaga”, Sibiu, 2002
- [KIFO06] Kifor, C.V.; Oprean, C.: *Ingineria Calității. Îmbunătățirea 6 sigma*, Editura Universității “Lucian Blaga”, Sibiu, 2006
- [KNOW11] Knowles, G.: *Quality Management*, Editura Ventus Publishing, 2011
- [KNOW12a] Knowles, G.: *Managing Quality in the 21st Century*, Editura Ventus Publishing, 2012
- [KNOW12b] Knowles, G.: *Profit from Six Sigma*, Editura Ventus Publishing, 2012
- [LEI08] LEI: *Lean Lexicon*, Ediția IV, Editura Lean Enterprise Institute, Goodrich, 2008
- [LIKE06] Liker, J. K.; Meier, D.: *The Toyota Way Fieldbook*, Editura McHraw-Hill, New York, 2006
- [LOBO10] Lobonț, L.: *Tehnici și instrumente pentru îmbunătățirea calității – Lucrări practice*, Editura Universității “Lucian Blaga”, Sibiu, 2010
- [MAGD12] **Magdoiu, A.**; Oprean, C.; Kifor, C. V.: Poka-yoke systems in automotive electronic production; weak points and countermeasures, *Quality – Access to success journal*, supplement to vol. 13, S5, Noiembrie, 2012

- [MAGD13a] **Magdoiu, A.**; Oprean, C.; Nae, L.: Quality along the product life cycle, *Proceedings of the 6th International Conference on Manufacturing Science and Education – MSE 2013*, Sibiu, Iunie, 2013
- [MAGD13b] **Magdoiu, A.**; Oprean, C.: Broadening the concept of poka yoke beyond automotive industry, *Proceedings of the 1st International Conference for Doctoral Students – IPC 2013*, Sibiu, Noiembrie, 2013
- [MANA13] The Management Mentor: *Poka-Yoke: A Misunderstood Concept*, <http://www.themanagementmentor.com/enlightenmentareas/mfg/qm/pokayoke.htm> accesat la 01.03.2013
- [MAUR04] Maurer, R.: *One Small Step Can Change Your Life: The Kaizen Way*, Editura Workman Publishing Company, 2004
- [MCCA06] McCall, J.C.; Trivedi, M.M.: Video-based lane estimation and tracking for driver assistance: survey, system, and evaluation, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 7, nr. 1, pag. 20-37, 2006
- [MCKE04] McKellen, C.: Production Management: Mistake proofing, *Metalworking Production*, pag. 8 - 9, martie 2004
- [MIHA00] Mihalcea, R.; Androniceanu, A.: *Management: Fundamente. Interferențe. Studii de caz. Soluții*, Editura Economică, București, 2000
- [MOLD03] Moldoveanu, G.; Dobrin, C.: *Managementul calității în sectorul public*, Editura ASE, Bucuresti, 2003
- [NAE13] Nae, L.; Balan, E.; Constantin, G.; Bendic V.: Forecast the impact of change in a manufacturing environment, *WSEAS International Conference on Industrial and Manufacturing Technologies (INMAT13)*, pag 202 - 205, Athens, Greece, 2013
- [NATA13] Nataraj, K.: *How to Use Poka-Yoke (Mistake Proofing) Technique to Improve Software Quality*, <http://www.softwaretestinghelp.com/poka-yoke/>, accesat la 02.02.2013
- [NIKK87] Nikkan Kogyo Shimbun Ltd.: *Poka-Yoke Improving Product Quality by Preventing Defects*, Editura Productivity Inc., Portland, 1987
- [NISS13] Nissan Motor Corporation: *Predictive Forward Collision Warning*, <http://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/predictive.html>, accesat la 20.08.2013

- [NIST12] NIST: [http://www.nist.gov/baldrige/about/what\\_we\\_do.cfm](http://www.nist.gov/baldrige/about/what_we_do.cfm), accesat la 05.04.2012
- [OHNO88] Ohno, T.: *Toyota Production System: Beyond Large-Scale*, Editura Productivity Inc., Portland, 1988
- [OLAR00] Olaru, M.; Isaic-Maniu, A.; Lefter, V.; Pop, N.A.; Popescu, S.; Dragulanescu, N.; Roncea, L.; Roncea, C.: *Tehnici și instrumente utilizate în managementul calității*, Editura Economică, București, 2000
- [OPRE05] Oprean, C.; Kifor C. V.; Suci, O.: *Managementul integrat al calității*, Editura Universității „Lucian Blaga”, Sibiu, 2005
- [OPRE06] Oprean, M.; Andreescu, C.; Bataus, M.; Dragne, D.; Toma, M.; Moiescu, R.: Road Traffic Event Detection Using an Informatic System – eRS, *Conferința Internațională ITS-România*, București, iunie 2006
- [OPRE07] Oprean, C.; Țițu, M.: *Managementul Calității*, Editura Universității “Lucian Blaga”, Sibiu, 2007
- [OPRE11] Oprean, C.; Kifor, C. V.; **Magdoiu, A.**: Aplicații ale sistemelor Poka – Yoke în producția de component electronice pentru industria auto, *Revista Calitatea – acces la succes*, vol. 12 / 2011, pag. 27 – 32, 2011
- [PANT05] Pantazopoulos, G.; Tsinopoulos, G.: Process Failure Modes and Effects Analysis (PFMEA): A Structured Approach for Quality Improvement in the Metal Forming Industry, *Journal of Failure Analysis and Prevention*, vol. 5(2) Aprilie 2005, pag. 5 – 10, 2005
- [PHIL12] Philip Crosby Associates: <http://www.philipcrosby.com/25years/index.html>, accesat la 06.04.2012
- [PQAI13] Process Quality Associates Inc.:  
<http://www.pqa.net/ProdServices/sixsigma/sixsigma.html>, accesat la 15.09.2013
- [PROD97] The Productivity Press Development Team: *Mistake Proofing for Operators: The ZQC System*, Editura Productivity Press, New York, 1997
- [QFDI12] QFD Institute: <http://www.qfdi.org>, accesat la 10.09.2012
- [QUAL13] Quality Gurus: <http://www.qualitygurus.com/gurus/>, accesat la 12.03.2013
- [RAMB11] Rambaud, L.: *8D Structured Problem Solving*, Ediția II, Phred Solutions, 2011
- [RAMI11] Ramin, S.; et. al.: Improving Productivity through Mistake-proofing of



- Construction Processes, *CSIT International Conference on Intelligent Building and Management*, vol, 5, pag. 280 - 284, Singapore, 2011
- [REVE98] ReVelle, J. B.; Moran, J. W.; Cox, C. A.: *The QDF Handbook*, , Editura John Wiley & Sons, New York, 1998
- [ROBI97] Robinson, H.: Using Poka-Yoke Techniques for Early Defect Detection, *Sixth International Conference on Software Testing Analysis and Review*, pag. 134 - 145, San Jose, USA 1997
- [ROSS96] Ross, P. J.: *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, Ediția II, Editura McHraw-Hill, New York, 1996
- [ROTH01] Rothlauf, J.: *Total Quality Management in Theorie und Praxis*, Editura Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2001
- [SAIN11] de Saint Maurice, G.; et. al.: Comprendre la notion de détrompage, *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, nr. 30, pag. 51 - 56, 2011
- [SANT99] Dos Santos, A.; Powell, J.: Potential of Poka-Yoke Devices to Reduce Variability in Construction, *Proceedings IGLC-7 26-28 July 1999*, University of California, Berkeley, CA, USA, pag. 51 - 62, 1999
- [SAUR12] Saurin, T. A.; Ribeiro, J. L. D.; Vidor, G.: A framework for assessing poka-yoke devices, *Journal of Manufacturing Systems*, nr. 31, pag. 358 - 366, 2012
- [SCHM10] Schmitt, R.; Pfeifer, T.: *Qualitätsmanagement Strategien-Methoden-Techniken*, Ediția IV, Editura Carl Hanser, München, 2010
- [SHEW31] Shewhart, W. A.: *The Economic Control of Quality of Manufactured Product*, D. van Nostrand Company, New York, 1931
- [SHIN13] Shingo Prize: <http://www.shingoprize.org/index.html>, accesat la 11.03.2013
- [SHIN86] Shingo, S.: *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*, Editura Productivity Press, Protland, 1986
- [SILI12] SiliconFarEast: <http://www.siliconfareast.com/8D.htm>, accesat la 29.10.2012
- [SPEA99] Spear, S.; Bowen, H. K.: Decoding the DNA of the Toyota Production System, *Harvard Business Review*, septembrie-octombrie 1999, pag. 97-106, 1999
- [STAN00] Stanciu, C.: *Managementul calității - Analiza reflectării calității produselor în performanțele economico-financiare ale întreprinderii*, Editura ASE,

- București, 2000
- [STAP09] Stapenhurst, T.: *The Benchmarking Book: A how-to guide to best practice for managers and practitioners*, Editura Elsevier, 2009
- [STEW01] Stewart, D. M.; Grout, J. R.: The human side of mistake-proofing, *Production and Operations Management*, Winter 2001, 10, 4, ProQuest Central, pag. 440 - 459, 2001
- [SUPP13] Supply Chain Services: *Advantages Abound with Barcode Labelers*, <http://supplychainservices.com/news/blog/2013/8/15/advantages-abound-with-barcode-labelers/>, accesat la 30.02.2013
- [SZAD08] Szádeczky-Kardoss, E.; Kiss, B.: Path Planning and Tracking Control for an Automatic Parking Assist System, *European Robotics Symposium*, vol. 44, pag. 175-184, 2008
- [TAGU05] Tague, N. R.: *Quality Toolbox*, Editura ASQ Quality Press, Milwaukee, 2005
- [TAYL03] Taylor, F. W.: *Shop Management*, American Society of Mechanical Engineers, New York, 1903
- [TAYL11] Taylor, F. W.: *The Principles of Scientific Management*, Editura Harper & Brothers, New York, 1911
- [TERN97] Terninko, J.: *Step-by-Step QFD: Customer-Driven Product Design*, Ediția II, Editura CRC Press, Boca Raton, 1997
- [TISB12] Tisbury, J.: *5S – Your 60 Minute Lean Business*, Ediția I, Editura lulu.com, 2012
- [TOYO12] Toyota Production System: <http://www.toyotageorgetown.com/tps.asp>, accesat la 22.10.2012
- [TOYO13a] Toyota Company: [http://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/toyota\\_production\\_system/](http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/), accesat la 22.06.2013
- [TOYO13b] Toyota: *Technology that Supports Parking*, [www.toyota-global.com/innovation/safety\\_technology/safety\\_technology/parking/](http://www.toyota-global.com/innovation/safety_technology/safety_technology/parking/), accesat la 10.07.2013
- [VARD13] Vardeman, S. B.; et. al.: *The Impact of Dr. Shigeo Shingo on Modern Manufacturing Practices*, <http://www.public.iastate.edu/~vardeman/IE361/f02mini/bumblauskas.pdf>, accesat la 05.02.2013

- [VDA11] VDA: *Quality Management in the Automotive Industry*, Editura VDA, Berlin 2011
- [VISI13] Vislt: [https://wci.llnl.gov/codes/visit/gallery\\_22.html](https://wci.llnl.gov/codes/visit/gallery_22.html), accesat la 25.04.2013
- [VIȘA11] Vișan, A., Ionescu, N.: *Managementul Calității*, Universitatea Politehnica București, suport de curs, 2011
- [WATS07] Watson, G. H.: *Benchmarking Reloaded with Six Sigma*, Editura John Wiley & Sons, New York, 2007
- [WEBB07] Webber, L.; Wallace, M.: *Quality Control for Dummies*, Editura Wiley Publishing Inc., Indianapolis, 2007
- [WEDW12] W. Edwards Deming Institut: <http://deming.org/>, accesat la 06.04.2012
- [WILL08]. Williams, S.: Lean Sigma Part VIII, *CircuiTree*, vol. 21, Nr. 2, pag. 50, feb. 2008
- [WINN09] Winner, H.; Danner, B.; Steinle, J.: Adaptive Cruise Control, în *Winner - Handbuch Fahrerassistenzsysteme - Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*, Springer Verlag, pag. 478-521, 2009
- [WOMA90] Womack, J. P.; Jones, T. D.; Roos D.: *The Machine That Changed the World*, Editura Harper Collins, New York, 1990