

CONTRIBUȚII PRIVIND MANAGEMENTUL CALITĂȚII PROIECTULUI ÎN INDUSTRIA AUTOMOTIVE

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea Politehnica Timișoara
în domeniul INGINERIE INDUSTRIALĂ
de către

Ing. Daniel Tiuc

Conducător științific: prof. univ. dr. ing. George Drăghici
Referenți științifici: prof. univ. dr. ing. Gabriela Proștean
Conf. dr. ing. George Belgiu
S. L. dr. ing. Felicia Veronica Banciu

Ziua susținerii tezei: 09 decembrie 2016

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 10. Știința Calculatoarelor |
| 2. Chimie | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 3. Energetică | 12. Ingineria sistemelor |
| 4. Ingineria Chimică | 13. Inginerie energetică |
| 5. Inginerie Civilă | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 6. Inginerie Electrică | 15. Ingineria materialelor |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 16. Inginerie și Management |
| 8. Inginerie Industrială | 17. Arhitectură |
| 9. Inginerie Mecanică | 18. Inginerie civilă și instalații |

Universitatea Politehnică Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S. Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnică – Timișoara, 2016

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnică” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Prezenta teză de doctorat a fost elaborată cu sprijinul financiar al proiectului POSDRU 159/1.5/S/134378 (2014) al Ministerului Educației și Cercetării Științifice, cofinanțat de Fondul Social European – Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013, derulat în cadrul IOSUD – UPT (Instituție Organizatoare de Studii Universitare de Doctorat – Universitatea Politehnica Timișoara).

Nivelul de cercetare a fost posibil datorită îndrumării profesionale de care am avut parte și de susținerea și înțelegerea mai multor persoane.

În primul rând aș vrea să adresez mulțumiri distinsului domn Prof. univ. emerit dr. ing. George DRĂGHICI, pentru coordonarea științifică, pentru profesionalismul de care a dat dovadă, pentru înțelegerea și deschiderea de a aborda subiecte noi.

Mulțumesc domnului Prof. univ. dr. ing. Dumitru Țucu pentru amabilitatea de prezida comisia de susținere publică a prezentei teze de doctorat.

Mulțumesc referenților, Prof. univ. dr. ing. Daniela POPESCU, de la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Prof. univ. dr. ing. Costel Emil COTEȚ, de la Universitatea POLITEHNICA din București și Prof. univ. dr. ing. Marian MOCAN, de la Universitatea Politehnica Timișoara, pentru amabilitatea cu care au răspuns solicitării de a face parte din comisia de doctorat, pentru competența cu care au analizat și apreciat rezultatele muncii mele.

De asemenea doresc să mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare formată din Prof. dr. ing. Gabriela Proștean, Conf. dr. ing. George Belgiu și S.L. dr. ing. Felicia Veronica Banciu, precum și specialiștilor din Departamentul de Ingineria Materialelor și Fabricației, care prin opiniile exprimate și susținerea oferită pe întreaga durată a elaborării tezei de doctorat au condus la îmbunătățirea constantă și la finalizarea acesteia. Nu în ultimul rând aș vrea să mulțumesc managerului și colegului meu Dragoș Popa pentru înțelegerea și profesionalismul cu care m-a sfătuit și m-a ajutat oricând a fost nevoie.

Mulțumesc familiei mele, soției Simona Nicoleta, fiicei Damaris Elora (m-a lăsat să dorm noaptea☺ pe parcursul cercetării), dar și părinților, tuturor celor care mi-au oferit sprijin moral sau profesional pentru a face față dificultăților întâlnite în aceste ultime luni și, nu în ultimul rând, lui Dumnezeu pentru tot.

Timișoara, octombrie 2016

Ing. Daniel TIUC

Tiuc, Daniel

Contribuții privind managementul calității proiectului în industria automotive

Teze de doctorat ale UPT, Seria 8, Nr. 67, Editura Politehnica, 2016, 178 pagini, 131 figuri, 15 tabele.

ISSN: 1842-8967

ISBN: 978-606-35-0112-8

Cuvinte cheie: management de proiect, calitate, dezvoltare, cerințe, riscuri, reclamații, QFD, FMEA, TRIZ.

Rezumat: Teza de doctorat este axată pe îmbunătățirea calității proiectului, studiul fiind concentrat pe etapa de concepție și detaliere a produsului din industria automotive.

Obiectivul cercetării îl constituie analiza și rezolvarea unor probleme actuale și extrem de sensibile legate de calitatea unui proiect de dezvoltare de produs, în vederea îmbunătățirii acesteia, ceea ce necesită: evaluarea cerințelor de calitate, analiza riscurilor, acțiuni corective în urma reclamațiilor de calitate.

Cercetările întreprinse pleacă de la evaluarea stadiului actual al cunoașterii privind managementul proiectului de dezvoltare a produsului, din care este conturat în mod specific managementul calității, fiind sintetizat modelul propus de fiecare abordare. Pentru rezolvarea celor trei probleme a fost abordat studiul în detaliu al metodologiilor actuale folosite în managementul calității proiectului: QFD, TRIZ, FMEA ș.a. Pe baza acestora s-a conturat rezolvarea primei probleme, aducându-se contribuții la procesul de analiză a cerințelor de calitate sub formă de constrângeri. În acest sens a fost combinată metoda QFD cu TRIZ, prin care să fie identificate elementele de conflict și să fie eliminate constrângerile sau contradicțiile.

În rezolvarea celei de-a doua probleme au fost aduse contribuții privind analiza de riscuri folosind FMEA, au fost dezvoltate mai multe D-FMEA, au fost extrase efectele - modurile de defectare - cauzele și împărțite în grupe standard, au fost alocați parametri tehnici la fiecare caracteristică din D-FMEA, îmbunătățindu-se timpul de analiză precum și calitatea analizei, cu TRIZ-D-FMEA, fiind propus un model propriu denumit RA-IS (Risk Analysis-Inovative Solution).

În studiul și rezolvarea ultimei probleme s-a plecat de la faptul că acțiunile corective nu sunt validate înainte de implementare și pot genera alte costuri dacă problema nu este rezolvată. În acest sens s-a propus folosirea TRIZ în analiza cauzei, precum și în documentarea de 8D-Report, fiind propus un model original.

În finalul fiecărei probleme abordate modelele propuse au fost validate în cadrul proiectelor aflate în dezvoltare, în acest fel fiind confirmată utilitatea și valoarea adăugată.

CUPRINS

CUPRINS	5
NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME	7
LISTA DE TABELE	8
LISTA DE FIGURI	9
1. INTRODUCERE GENERALĂ	15
1.1 Justificarea temei de cercetare.....	15
1.2 Obiectivul și metodologia de cercetare.....	17
1.3 Structura tezei.....	18
2. SINTEZA CUNOAȘTERII PRIVIND MANAGEMENTUL PROIECTULUI DE DEZVOLTARE A PRODUSULUI	20
2.1 Introducere.....	20
2.2 Managementul proiectului după PMBOK Guide.....	23
2.3 Managementul proiectului după PRINCE2.....	28
2.4 Managementul proiectului după IPMA.....	36
2.5 Concluzii și obiective de cercetare.....	39
2.5.1 Concluziile studiului.....	39
2.5.2 Obiectivele cercetării.....	41
3. CONTRIBUȚII PRIVIND EVALUAREA CERINȚELOR SPECIFICE DE CALITATE	42
3.1 Introducere.....	42
3.2 Adaptarea metodei QFD la ciclul de viață al proiectului.....	42
3.2.1 Metoda QFD.....	42
3.2.2 Faza de planificare a cerințelor.....	45
3.2.3 Faza de dezvoltare a produsului.....	48
3.2.4 Faza de fabricație a produsului.....	50
3.2.5 Faza de planificare, asigurare și control a calității.....	52
3.3 Adaptarea metodei TRIZ la ciclul de viață al proiectului.....	56
3.3.1 Metoda TRIZ.....	56
3.3.2 Rezolvarea contradicțiilor.....	57
3.3.3 Analiza funcției și analiza substanță-câmp.....	59
3.3.4 Soluții standard de rezolvare.....	61
3.4 Integrarea QFD-TRIZ în ciclul de viață al proiectului.....	62
3.5 Concluzii.....	67
4. CONTRIBUȚII PRIVIND ANALIZA RISCURILOR	69
4.1 Introducere.....	69
4.2 Abordarea generică a metodei FMEA.....	70
4.2.1 Metoda FMEA în ciclul de viață al produsului.....	70
4.2.2 Abordarea VDA.....	73
4.2.3 Abordarea AIAG.....	73
4.3 Tipuri de FMEA.....	74

4.3.1	FMEA de Sistem	74
4.3.2	FMEA de Prodes	76
4.3.3	FMEA de Proces	79
4.4	Integrarea cerințelor specifice în FMEA	81
4.5	Procesul de analiză a riscurilor	88
4.5.1	Riscurile unui proiect și managementul lor.....	88
4.5.2	Identificarea și prioritizarea riscurilor.....	95
4.5.3	Evaluarea riscurilor.....	96
4.5.4	Reducerea și validarea riscurilor.....	99
4.6	Studiu de caz	107
4.7	Concluzii.....	124
5.	CONTRIBUȚII PRIVIND VALIDAREA ACȚIUNILOR CORECTIVE ÎN URMA RECLAMAȚIILOR DE CALITATE	126
5.1	Introducere.....	126
5.2	Managementul reclamațiilor și procesul de analiză a problemelor de calitate 127	
5.3	Instrumente de analiză și rezolvare a problemelor de calitate.....	133
5.3.1	Diferite abordări privind instrumentele calității	133
5.3.2	Selectarea instrumentelor calității	141
5.4	Rezolvarea problemelor în industria automotive.....	150
5.5	Modelul de validare a acțiunilor corective	155
5.6	Studiu de caz	160
5.7	Concluzii.....	162
6.	CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE DE CERCETARE.....	163
6.1	Concluzii finale	163
6.2	Contribuții personale	166
6.3	Perspectivă de cercetare.....	167
	BIBLIOGRAFIE	168

Notății, abrevieri, acronime

AIAG	Automotive Industry Action Group
AMDEC	Analiza Modurilor de Defectare, a Efectelor și Criticității lor
ARIZ	Algorithm of Inventive Problem Solving
CSR	Customer Specific Requirements
D-FMEA	Design-Failure Mode and Effect Analysis
DoE	Design of Experiments
DV	Design Validation
DVP&R	Design Verification Plan & Report
EOL	End Of Line
FA	Function Analysis
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FTA	Fault Tree Analysis
IPMA	International Project Management Association
ISO/TS	International Organization for Standardization/Technical Specification
KC	Key Characteristics
NTF	No Trouble Found
OEM	Original Equipment Manufacturer
P-FMEA	Process-Failure Mode and Effect Analysis
PMI	Project Management Institute
PRINCE2	PRojects IN Controlled Environment 2
QFD	Quality Function Deployment
RA-IS	Risk Analysis-Innovative Solution
RFI	Rezultatul Final Ideal
RFQ	Request for Quotation
RPN	Risk Priority Number
S-FMEA	System-Failure Mode and Effect Analysis
SIPOC	Supplier Input Process Output Customer
SOP	Start of Production
SPC	Statistical Process Control
TRIZ	Teorija Reshenija Izobretateliskih Zadatch - Teoria Rezolvării Problemelor Inventive
VDA	Verband der Automobilindustrie

Lista de tabele

Tab. 3.1. Avantajele și dezavantajele metodologiei QFD.....	55
Tab. 3.2. Cei 39 parametri	56
Tab. 3.3. Cele 40 de principii inventive	57
Tab. 3.4. Relația între elemente după (Chen & Huang, 2011)	61
Tab. 3.5. Relația între elemente după (Terninko, Zusman & Zlotin, 1998).....	61
Tab. 3.6 Soluții standard (Silverstein, DeCarlo & Slocum, 2008), (Yang, Tan & Tian, 2006).	62
Tab. 4.1. Cazurile de bază pentru generarea de FMEA (D-FMEA și P-FMEA).....	78
Tab. 4.2. Exemplu cerințe specifice de FMEA după cerințele de la Ford Motor Company (Ford, 2011).....	82
Tab. 4.3. Alocarea caracteristicilor cheie în funcție de severitatea efectului.	87
Tab. 4.4. Calculare Valoare monetară așteptată	98
Tab. 4.5. Efecte identificate în D-FMEA și asocierea lor la parametrii de contradicție din TRIZ	116
Tab. 4.6. Moduri de defectare identificate în D-FMEA și asocierea lor la parametrii de contradicție din TRIZ	116
Tab. 4.7. Cauzele identificate în D-FMEA și asocierea lor la parametrii de contradicție din TRIZ	118
Tab. 4.8. Parametri tehnici care cauzează conflicte și cei 40 de parametri inventivi după (Altshuller, 1999)	120
Tab. 5.1. Exemplu de timpul de răspuns la constructori OEM în urma reclamației.....	162

Lista de figuri

Fig. 2.1. Factori cu impact în proiect.....	21
Fig. 2.2. Conceptul de proiect	21
Fig. 2.3. Metodologia de studiu	22
Fig. 2.4. Managementul proceselor proiectului și interacțiunea cu alte domenii (Project Management Institute, 2013).....	25
Fig. 2.5. Planificarea calității (Project Management Institute, 2013)	26
Fig. 2.6. Procesul de asigurare a calității (Project Management Institute, 2013) ..	27
Fig. 2.7. Procesul de control al calității (Project Management Institute, 2013)	27
Fig. 2.8. Managementul calității proiectului (Project Management Institute, 2013)	29
Fig. 2.9. Structura generică a ciclul de viață al proiectului (Project Management Institute, 2013)	30
Fig. 2.10. Structura PRINCE2 (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009)	31
Fig. 2.11. Nivele de management de proiect (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009)	31
Fig. 2.12. Abordarea PRINCE2 a planurilor proiectului (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009)	33
Fig. 2.13. Procedura managementului riscurilor (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009)	34
Fig. 2.14. Procedura de control a problemei și a modificărilor, după PRINCE2 (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009).....	34
Fig. 2.15. Temele propuse de PRINCE2 (Hedeman, Heemst & Fredriksz, 2009) ...	35
Fig. 2.16. Modelul calității bazat pe principiile PRINCE2	36
Fig. 2.17. Ochiul de competență și elementele sale (IPMA, 2006)	37
Fig. 2.18. Ponderea de competență la nivelele propuse de IPMA (A, B, C și D) (IPMA, 2006).....	38
Fig. 2.19. Elementele calității și interacțiunea lor cu alte competențe (IPMA, 2006)	39
Fig. 2.20. Obiectivele secundare ale cercetării – triunghiul problemă.....	41
Fig. 3.1. Casa calității, după (Leanblog, 2016).....	44

Fig. 3.2. Desfășurarea matricilor (Drăghici, 2013)	45
Fig. 3.3. Influența cerințelor clientului asupra produsului	46
Fig. 3.4. Tipuri de cerințe în proiect	47
Fig. 3.5. Sursele cerințelor de proiect.....	47
Fig. 3.6. Relaționarea între cerințele clientului și cerințele de sistem	48
Fig. 3.7. Obiective și probleme în dezvoltarea produsului	49
Fig. 3.8. Etape în dezvoltarea produsului (Ichida, 1996)	50
Fig. 3.9. Lanțul de activități al producției (Halevi & Weill, 1995).....	51
Fig. 3.10. Planificarea detaliată bazată pe simularea proceselor (Denkena, Lorenzen, Kruger & Schmidt, 2011).....	52
Fig. 3.11. Etape din ciclul de viață al proiectului și activitățile aferente	53
Fig. 3.12. Etapele managementului calității proiectului	54
Fig. 3.13. Planul de calitate al proiectului (Tiuc & Drăghici, 2015).....	54
Fig. 3.14. Modelul de rezolvare al problemelor în ciclul de viață al proiectului, folosind TRIZ.....	57
Fig. 3.15. Matricea de rezolvare a contradicțiilor tehnice (Altshuller, 1999)...	59
Fig. 3.16. Rezultatul final ideal	59
Fig. 3.17. Îmbunătățirea rezultatului final ideal cu analiza funcției (Haines-Gadd, 2016)	60
Fig. 3.18. Triunghiul substanță-câmp.....	60
Fig. 3.19. Modelul de analiză a cerințelor specifice de calitate bazat pe integrarea QFD-TRIZ	63
Fig. 3.20. Modelul de analiză a cerințelor bazat pe casa calității	63
Fig. 3.21. Modelul produsului RADAR 24 GHz (Hella, 2016).....	64
Fig. 3.22. Analiza de specificații (Norm tree).....	65
Fig. 3.23. Analiza diferențelor (Gap analysis)	65
Fig. 3.24. Analiza de specificații (Specification analysis).....	65
Fig. 3.25. Matricea de compatibilitate (Compliance matrix).....	66
Fig. 3.26. Analiza cerințelor specifice de calitate	66
Fig. 3.27. Formatul de analiză a cerințelor în faza de RfQ.	67
Fig. 4.1. Impactul costului defectelor de-a lungul ciclului de viață al produsului (John, Acharya & Chakraborty, 2013)	70

Fig. 4.2. Aplicațiile tipurilor de FMEA în diferite faze ale ciclului de viață al proiectului (John, Acharya & Chakraborty, 2013)	71
Fig. 4.3. Ciclul de viață al proiectului și FMEA (Leondes, 2005)	71
Fig. 4.4. Elemente de bază în construirea FMEA (Carlson, 2012)	72
Fig. 4.5. Relația între FMEA de sistem, design și proces (Stamatis, 2003)....	75
Fig. 4.6. Pași pentru efectuarea D-FMEA, după (Yang, 2007)	77
Fig. 4.7. Imagine de ansamblu a D-FMEA (Stamatis, The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), 2014)	78
Fig. 4.8. Evaluarea riscurilor prin D-FMEA	79
Fig. 4.9. Imagine de ansamblu a P-FMEA (Stamatis, The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), 2014)	80
Fig. 4.10. Modelul de integrare a cerințelor specifice în FMEA	81
Fig. 4.11. Costurile de proiect și estimarea de efort (Tiuc & Drăghici, 2014).....	85
Fig. 4.12. Modul de colaborare între standarde internaționale, cerințe legale și reglementări și traducerea în cerințe interne.....	85
Fig. 4.13. Modelul de identificare a caracteristicilor cheie (Tiuc, Drăghici, Pârvu & Enache, 2015)	87
Fig. 4.14. Procesul de verificare și validare al caracteristicilor cheie (Tiuc, Drăghici, Pârvu & Enache, 2015)	88
Fig. 4.15. Planul managementului de risc.....	91
Fig. 4.16. Structura echipei de proiect.....	93
Fig. 4.17. Activitățile de management al riscului, după (Project Management Institute, 2013)	94
Fig. 4.18. Matricea Impact – Probabilitate	97
Fig. 4.19. Distribuția probabilităților și impactul unui eveniment, adaptare după (PMI, 2013)	99
Fig. 4.20. Modul de evoluție al riscurilor în cadrul proiectului.....	99
Fig. 4.21. Structura analizei de risc la o componentă mecanică, cu D-FMEA	103
Fig. 4.22. Ocurență versus severitate, sub forma matricei de riscuri în D-FMEA	104
Fig. 4.23. Detecție versus severitate, sub forma matricei de riscuri în D-FMEA.....	104
Fig. 4.24. Legătura între efect, mod de defectare și cauze	105
Fig. 4.25. Modelul RA-IS.....	106

Fig. 4.26. Componente analizate la produsul A (RADAR 24 GHZ).....	107
Fig. 4.27. D-FMEA de la produsul B	108
Fig. 4.28. D-FMEA de la produsul C	109
Fig. 4.29. Analiza Pareto pentru produsele B și C	110
Fig. 4.30. Analiza matricei de riscuri (Severitate versus Ocurență) pentru produsele B și C	110
Fig. 4.31. Cerințe specifice de D-FMEA	111
Fig. 4.32. Cerințe specifice de D-FMEA pentru produsul A.....	111
Fig. 4.33. Planificarea activităților de D-FMEA pentru produsul A	112
Fig. 4.34. D-FMEA pentru produsul A	112
Fig. 4.35. Funcțiile și efectele la produsul A	113
Fig. 4.36. Funcțiile și modurile de defectare la produsul de test	114
Fig. 4.37. Cauzele defectării la produsul de test.....	114
Fig. 4.38. Top 50 RPN la produsul A	115
Fig. 4.39. Matricea de riscuri ocurență versus severitate la produsul A.....	115
Fig. 4.40. Legătura între cauze, mod de defectare și efect	116
Fig. 4.41. Marcarea caracteristicilor cheie la componenta B din cadrul produsului A	116
Fig. 4.42. Matricea de contradicții, după (Altshuller, 1999)	122
Fig. 4.43. Exemplu din matricea de contradicții din extensia de software folosit la dezvoltarea de FMEA	122
Fig. 4.44. Integrarea parametrilor tehnici de conflict în matricea de riscuri	123
Fig. 4.45. Închiderea ciclului de rezolvare a problemei specifice.....	124
Fig. 5.1. Reclamațiile în lanțul furnizorilor	127
Fig. 5.2. Procesul de management al reclamațiilor.....	128
Fig. 5.3. Procesul de analiză a defectărilor (Automobilindustrie, 2009).....	129
Fig. 5.4. Reclamații în faza de dezvoltare a produsului (Tiuc & Drăghici, 2016) ..	130
Fig. 5.5. Consecințe ale defectărilor produselor	131
Fig. 5.6. Diagrama flux a managementului reclamațiilor	132
Fig. 5.7. Aplicațiile instrumentelor pentru îmbunătățirea calității, după (Juran & Godfrey, 1998)	134
Fig. 5.8. Cele șapte instrumente ale de bază ale calității (PMI, 2013)	136

Fig. 5.9. Modelul SIPOC (PMI, 2013).....	136
Fig. 5.10. Vedere de ansamblu al metodelor (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models, 2009)	138
Fig. 5.11. Analiza de contingentă (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models, 2009)	139
Fig. 5.12. Analiza de varianță (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models, 2009)	139
Fig. 5.13. Analiza discriminantă (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models, 2009)	140
Fig. 5.14. Analiza de regresie (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models, 2009)	140
Fig. 5.15. Modelul de mapare a instrumentelor calității	141
Fig. 5.16. 5 Why (5 de ce) – abordarea clasică, după (Fantin, 2014)	144
Fig. 5.17. 5 Why (5 de ce) – abordarea în trei direcții, după (Baxter, 2015)	144
Fig. 5.18. Diagrama cauze-efect	145
Fig. 5.19. Exemplu de analiză Pareto (ASQ, 2016)	146
Fig. 5.20. Structura de bază a FTA (Vesely B. , 2016).	147
Fig. 5.21. Factorii procesului și răspunsurile în DoE (Sundararajan, 2016) ..	149
Fig. 5.22. Procesul DoE (MoreSteam, 2016).....	150
Fig. 5.23. Evenimente importante în industria automotive, în anul 2014 (SRR, 2016)	151
Fig. 5.24. Media trendului rechemărilor pe tipuri de defecte, în ultimii 10 ani (SRR, 2016)	152
Fig. 5.25. Top 10 probleme identificate cu impact în calitate (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016)	153
Fig. 5.26. Top 3 motive pentru care rezolvarea problemelor este importantă (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016)	153
Fig. 5.27 Cele mai importante motive pentru care capabilitatea rezolvării problemelor nu este adecvată (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016)	153
Fig. 5.28. Capabilitatea organizației de rezolvare a problemei (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016)	154

Fig. 5.29. Fluxul de informații în urma reclamației din faza de dezvoltare (Tiuc & Drăghici, 2016).....	155
Fig. 5.30. Clasificarea problemei în funcție de gravitate	156
Fig. 5.31. Comparație între cele două abordări ale severității	156
Fig. 5.32. Cei șase pași de bază ai procesului TRIZ (Souchkov, Hoeber & van Zutphen, 2006).....	157
Fig. 5.33. Alocarea instrumentelor de calitate în funcție de efectul problemei	158
Fig. 5.34. Model de rezolvare și documentare a problemelor, după (Tiuc & Drăghici, TRANSITION FROM PREDICTIVE TO ADAPTIVE METHODOLOGIES IN THE PROJECT MANAGEMENT LIFECYCLE USING TRIZ, 2016).....	158
Fig. 5.35. Modelul de rezolvare a problemelor prin trecerea de la modelul bazat pe prevenție și detecție, la modelul bazat pe anticipare	159
Fig. 5.36. Dependența activităților în faza de dezvoltare (Tiuc & Drăghici, 2016)	160
Fig. 5.37. Defectul de lipire a carcasei.....	161
Fig. 5.38. Identificarea soluțiilor în matricea de contradicții (Tiuc & Drăghici, 2016).	161
Fig. 6.1. Implementarea TRIZ	164

1. INTRODUCERE GENERALĂ

1.1 Justificarea temei de cercetare

Contextul actual de dezvoltare al produselor impune obiective foarte precise: termene de lansare scurte, costuri de dezvoltare și producție reduse și asigurarea unui nivel ridicat al calității, siguranței și securității produselor. Odată cu trecerea timpului, proiectele au devenit din ce în ce mai complexe, datorită strategiei constructorilor de automobile de a reduce numărul de arhitecturi și de a crește numărul de modele și opțiuni. Ca rezultat la această tendință, componentele realizate de furnizori sunt comune, ușor de configurat și adaptat la diversele cerințe ale clienților, permițând o producție de masă personalizată (*mass customization/individualization*). Aceasta duce însă la creșterea conținutului de componente electronice și software în automobile, ceea ce face ca proiectele să fie mai complicate și mai complexe în procesul de dezvoltare și producție.

Crescând cerințele de modularizare a componentelor, proiectele sunt constrânse de mai mulți factori, fiind obligate de a dezvolta strategii mai flexibile și adaptabile la nevoile și tendințele actuale. Factorii de constrângere sunt dați de standardele internaționale de reglementare a protecției mediului înconjurător, iar cerințele clienților sunt mult mai drastice în ceea ce privește calitatea produselor la un preț scăzut. În aceste condiții, managementul proiectului trebuie să răspundă cerințelor actuale prin modul cum sunt aplicate metodologiile de proiect și prin flexibilitatea lor la problemele specifice, păstrând bineînțeles un nivel de calitate ridicat.

Managementul de proiect creează cadrul de lucru, procesele, recomandările, tehnicile și metodologiile necesare pentru a conduce echipa de proiect, de a administra eficient activitățile echipei de proiect. Managementul de proiect este, de cele mai multe ori, bazat pe o metodologie, cum ar fi Project Management Institute, PROjects IN Controlled Environment 2 (PRINCE2), IPMA (International Project Management Association) etc. Acestea dau direcție proiectului și ajută la atingerea obiectivelor sale.

Proiectul este definit ca „o succesiune de activități interdependente, limitate în ceea ce privește timpul și bugetul, care răspunde la nevoia utilizatorului, scopul său fiind atingerea obiectivelor, urmând o metodologie structurată și progresivă a realizării activităților din cadrul proiectului” (Drăghici, 2013). Fiecare activitate a proiectului necesită resurse, are o dată de început și o dată de finalizare.

Pentru a face față presiunii de globalizare, furnizorii de componente sunt nevoiți să dezvolte metodologii noi de control, să le adapteze sau să le combine pe cele actuale, în scopul asigurării calității proiectului și satisfacerii cerințelor de client. De cele mai multe ori, cu cât crește complexitatea proiectului, metodologiile din cadrul managementului de proiect sunt mai dificil de aplicat, datorită activităților complexe, instrumentelor utilizate sau a experienței. Proiectul cuprinde o serie de activități care sunt împărțite în cadrul echipei în funcție de domeniul de aplicare. Fiecare proiect începe cu colectarea cerințelor, care sunt evaluate de către membrii

echipei de proiect. Cerințele sunt materializate în fazele de concepție și producție ale proiectului, atunci când este obținut un livrabil.

Problemele de calitate apar în diferite faze de dezvoltare a proiectului și de lansare a producției. Astfel:

- cerințele specifice de calitate pot fi supraevaluate sau subevaluate;
- în analiza cerințelor nu sunt luate în considerare sau eliminate elementele de conflict și care, la un moment dat, sunt generatoare de probleme;
- anticiparea și eliminarea riscurilor tehnice este tratată superficial (depășiri de buget, reclamații de la client, modificări de design etc.) și de multe ori fără suport tehnic, datorită modului cum se analizează riscurile cu ajutorul FMEA (Failure Mode and Effect Analysis);
- cauzele, modurile de defectare și efectele sunt definite generic la realizarea Design-FMEA; nu sunt identificați parametri tehnici care au influență directă asupra calității produsului/procesului;
- rezultatele în urma analizei de risc cu FMEA sunt generice în cazul majorității produselor, determinând multe rechemări în fabrică, garanții de 0 km sau alte probleme în garanție;
- în urma reclamațiilor de calitate (inclusiv în faza de concepție) acțiunile nu sunt validate tehnic înainte de implementarea lor propriu-zisă; cu alte cuvinte, nu se analizează care este conflictul tehnic atunci când apare o problemă și sunt cazuri când problema reapare, datorită faptului că acțiunile nu au rezolvat conflictul creat de parametri identificați;
- metodologiile folosite nu sunt flexibile în ceea ce privește aplicabilitatea specifică nevoii proiectului;
- activitățile de planificare, asigurare și control al calității proiectului sunt orientate mai mult pe "stingerea problemelor" decât pe anticiparea și eliminarea (sau cel puțin reducerea) riscurilor.

Problema generală care justifică abordarea temei de cercetare se referă deci la calitatea proiectelor de dezvoltare de produs.

Din problema generală au fost identificate câteva probleme secundare, care au un impact negativ asupra calității, costului și a timpului, de-a lungul ciclului de viață al proiectului, și care necesită:

- Evaluarea cerințelor de calitate. Acestea sunt evaluate de cele mai multe ori în mod subiectiv, fără să fie luate în considerare elemente tehnice de realizare sau, mai concret, care sunt elementele contradictorii ce pot duce la neîndeplinirea sarcinii de implementare a cerințelor clientului în dezvoltarea produsului; ca și rezultat, cerințe sub-evaluate sau supra-evaluate generează costuri cu non-calitatea;
- Analiza riscurilor în faza de concept a produsului cu metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) sau AMDEC (Analiza Modurilor de Defectare, a Efectelor și Criticității lor).
- Tratarea reclamațiilor de la client sau rezolvarea problemelor interne cu metode îmbunătățite în analizarea problemelor. În urma studiului au fost revizuite mai multe rapoarte care reflectă o reală nemulțumire a clienților în ceea ce privește procesul de rezolvare a problemelor; există instrumente de bază clasice care sunt folosite în acest scop, dar care sunt subiective și nu elimină contradicțiile care au generat problema.

Așadar, tema de cercetare abordată se încadrează în domeniul ingineriei industriale, în particular a managementului calității proiectului, prin evidențierea problemelor cu care se confruntă echipele de proiect, informațiile fiind de actualitate și prin prisma activității curente desfășurate de autor în proiecte de dezvoltare de

produs. De asemenea, în cercetarea prezentă se regăsește experiența sa în domeniul calității producției, dar și a dezvoltării produsului.

1.2 Obiectivul și metodologia de cercetare

În urma identificării problemei (*problem forming*) este propus obiectivul principal și obiectivele secundare, care vor conduce la rezolvarea problemei (*problem solving*).

Obiectivul principal al tezei de doctorat îl constituie analiza și rezolvarea unor probleme actuale și extrem de sensibile legate de calitatea unui proiect de dezvoltare de produs, în vederea îmbunătățirii acesteia.

Obiectivele secundare, care derivă din acest obiectiv principal, sunt:

- eficientizarea și îmbunătățirea analizei cerințelor de calitate;
- îmbunătățirea analizei riscurilor în faza de concept a produsului;
- îmbunătățirea acțiunilor corective în cazul reclamațiilor de calitate.

Metodologia de cercetare propusă se bazează pe demersul folosit în Teoria de Rezolvare a Problemelor Inventive (Teoriya Reshenija Izobretateliskih Zadatch - TRIZ). Pornind de la demersul general de concepție (*problem forming - problem solving*), demersul de rezolvare a problemei, adaptat după procesul de conceptualizare în TRIZ, cuprinde următoarele etape: identificarea problemei specifice, formularea problemei generice, dezvoltarea de concepte generice, evaluarea (interpretarea soluțiilor generice) și implementarea (găsirea soluției specifice). Demersul se pretează foarte bine, având în vedere aplicarea cercetării în industria automotive, pentru rezolvarea problemelor de calitate și pentru satisfacerea cerințelor clientului. Metodologia propusă în dezvoltarea proiectului face apel la TRIZ în combinație cu alte metode și mijloace.

Obiectivele secundare ale cercetării sunt problemele specifice și ele constituie direcțiile de cercetare abordate în principalele capitole ale tezei de doctorat.

Pentru rezolvarea problemei specifice primului obiectiv secundar se propune o abordare bazată pe anticipare în ceea ce privește analiza cerințelor clientului, concentrarea fiind pe cerințele de calitate; problema este abordată din perspectiva de a reduce timpul de analiză al cerințelor (în mod special al celor de calitate) prin crearea unui model nou, folosind TRIZ în combinație cu alte metode de analiză a cerințelor (e.g. QFD – Quality Function Deployment).

Pentru rezolvarea problemei specifice celui de-al doilea obiectiv secundar se folosește FMEA de produs în combinație cu TRIZ, din care va rezulta un model nou de evaluare a riscurilor.

Pentru rezolvarea problemei specifice celui de-al treilea obiectiv secundar este abordat modul de tratare al reclamațiilor. În acest scop sunt evaluate metodologiile actuale, este definit un set de instrumente de bază folosite în rezolvarea problemelor de calitate, care sunt combinate cu TRIZ. Tot aici este propusă trecerea de la modelul clasic la modelul modern sau trecerea la prevenție și detecție la anticipare sau de la posibile cauze ale problemei la contradicții tehnice ferme ale problemei.

În timpul derulării proiectului sunt efectuate diverse activități din sfera calității, care presupun folosirea metodologiilor și tehnicilor bazate pe QFD, FMEA, TRIZ etc. O problemă din cadrul proiectului este ca în situații specifice să fie utilizate cele mai potrivite și optime metodologii, prin combinarea metodelor actuale și a altora noi (de exemplu TRIZ, pentru rezolvarea reclamațiilor).

Pe baza analizei problemelor, a avantajelor și dezavantajelor fiecărei metodologii, acestea se vor clasifica în funcție de flexibilitatea și adaptabilitatea la nevoile proiectelor, care depind de complexitatea și modul de rezolvare, anticipare și prevenire a problemelor.

O caracteristică particulară a cercetării este faptul că rezolvarea problemelor enunțate se bazează pe combinarea unor metode. Acestea sunt preluate din alte domenii, iar aplicate în cazul de față dau rezultate și aduc valoare adăugată proiectelor.

1.3 Structura tezei

Teza de doctorat este structurată în cinci capitole.

În capitolul 1, **Introducere generală**, se descrie contextul, motivele și impactul cercetării, prin care se justifică abordarea temei de cercetare. În urma identificării problemei generale rezultă problemele secundare. Acestea sunt cu impact în calitate, iar pentru rezolvarea lor se definește un obiectiv principal și obiective secundare, care prefigurează direcțiile de abordare a cercetării.

În capitolul 2 se realizează **Sinteza cunoașterii privind managementul proiectului de dezvoltare a produsului**, se evidențiază situațiile actuale, în scopul identificării problemelor și definirii direcțiilor de cercetare. În urma studiului bibliografic sunt sintetizate avantajele și dezavantajele metodologiilor și a ghidurilor folosite în contextul actual al ciclului de viață al proiectului. Se analizează diferite metodologii: PRINCE2, PMP, IPMA etc.

În capitolul 3, **Contribuții privind evaluarea cerințelor specifice de calitate** se abordează prima problemă din cadrul cercetării. Cerințele de calitate ale proiectului sunt privite din 3 direcții: client, intern, reglementări și standarde internaționale. Problema identificată în faza de concepție preliminară este aceea că aceste cerințe specifice sunt fie supraevaluate, și atunci generează o supracalitate, afectând bugetul și planificarea proiectului, fie subevaluate, și atunci designul produsului nu îndeplinește cerințele clientului și va genera probleme de calitate. Pentru a rezolva acest obiectiv de îmbunătățire a procesului de identificare și evaluare a specificațiilor de calitate se va folosi metoda QFD (Quality Function Deployment – Desfășurarea Funcției Calitate), adaptată în funcție de nevoile și complexitatea cerințelor de calitate, fiind urmată de propunerea unei soluții și utilizarea metodei adaptate pe specificațiile unui proiect.

În capitolul 4, **Contribuții privind analiza riscurilor**, prin integrarea TRIZ în FMEA se abordează a doua problemă. În momentul de față se știe că metodele de analiză a riscurilor au anumite dezavantaje, cum ar fi:

- riscurile sunt definite generic;
- sunt doar metode de evaluare, dar care nu elimină contradicțiile;
- combinarea între cauze și efect, în FMEA, este greoaie;
- din lipsă de detalii, apar dificultăți în cuantificarea efectelor sistemului.

Aplicarea FMEA depinde în măsură foarte mare de experiența echipei și de cunoștințele lor tehnice asupra produsului. Datorită limitelor metodologiilor actuale și pentru a îmbunătăți analiza riscurilor se propune metoda FMEA în combinație cu TRIZ. Demersul de cercetare este același: identificarea problemei specifice, formularea problemei generice, dezvoltarea de concepte generice, evaluarea (interpretarea soluțiilor generice) și implementarea (găsirea soluției specifice).

Se constată că pe durata unui proiect apar întotdeauna două tipuri de riscuri: cunoscute și necunoscute. În funcție de experiența echipei, riscurile sunt identificate sau nu și au alocate acțiuni corective pentru diminuarea sau eliminarea lor. Evaluarea riscurilor este o activitate obligatorie la majoritatea proiectelor în care profitabilitatea poate depinde de evaluarea lor la un moment dat.

Riscurile unui proiect trebuie identificate, analizate, cuantificate, controlate, monitorizate și verificate în așa fel încât să nu pună în pericol proiectul. Pentru a îmbunătăți anticiparea și eliminarea riscurilor tehnice, în special, se va folosi TRIZ în combinație cu alte metode (5Why, Brainstorming, Key Characteristics etc.). Aplicând aceeași metodologie de cercetare (bazată pe TRIZ) va rezulta o determinare și o clasificare a metodelor și tehnicilor actuale (în mod special ce pot fi utilizate la proiecte complexe), adaptate la complexitatea și cerințele proiectului.

În capitolul 5, **Contribuții privind validarea acțiunilor corective în urma reclamațiilor de calitate** se studiază procesul de analiză a reclamațiilor de calitate (a treia problemă). Acestea pot apărea atunci când un produs se defectează în linia de producție a clientului (reclamație de linie) sau atunci când se defectează la utilizatorul final (reclamație de garanție). În ambele cazuri se caută cauza rădăcină, pentru a fi eliminată prin implementare de acțiuni corective. Ceea ce duce la apariția problemelor (nu numai de calitate) este faptul că cel puțin două elemente (mecanice, hardware sau software) se află în contradicție. De aceea, după analiza defectelor se apelează la TRIZ combinată cu 8D-Report, pentru simularea și validarea acțiunilor corective, înainte ca acestea să fie implementate. Scopul este de a se asigura în unele cazuri că acțiunile corective implementate rezolvă problema din punct de vedere tehnic și transmit mult mai rapid o informație relevantă, care poate duce la soluții inovatoare și creative. În demersul de cercetare se parcurg aceiași pași ai metodologiei adoptate: identificarea problemei specifice, formularea problemei generice, dezvoltarea de concepte generice, evaluare (interpretarea soluțiilor generice) și implementare (găsirea soluției specifice).

În capitolul 6 vor fi sintetizate **Concluzii finale, contribuții personale și perspective de cercetare**. Se prezintă avantajele folosirii noilor modele și modul lor de aplicare în proiecte. Tot în acest capitol vor fi prezentate contribuțiile personale ale autorului și vor fi propuse noi direcții de cercetare.

2. SINTEZA CUNOAȘTERII PRIVIND MANAGEMENTUL PROIECTULUI DE DEZVOLTARE A PRODUSULUI

2.1 Introducere

În contextul actual, în care proiectele de dezvoltare a produsului sunt din ce în ce mai constrânse din punct de vedere al celor trei caracteristici care definesc "triunghiul de fier", și anume termene reduse, calitate ridicată și costuri scăzute, managementul de proiect este esențial în asigurarea mijloacelor și proceselor necesare executării activităților, prin care să fie atinse obiectivele impuse. O definiție relevantă dată de PMBOK arată că "managementul proiectelor în dezvoltarea de produs implică cunoștințe și practici tradiționale, inovative, verificate de-a lungul anilor, cu o largă aplicare" (Project Management Institute, 2013). Obiectivele proiectului sunt cunoscute ca fiind constrângeri. Managementul de proiect se referă la planificarea și controlul activităților din cadrul proiectului. Foarte multe companii au propriul management de proiect bazat pe experiența acumulată și, bineînțeles, învață din greșeli.

Proiectul este un proces definit de „o dată de început și o dată de încheiere, caracterizat de realizarea unui produs unic, care poate fi tangibil sau intangibil” (Verzuh, 2015), fiind "alcătuit dintr-o serie din activități coordonate și controlate" (Filipoiu I.-D., 2008). Procesul este caracterizat de "ansamblul activităților puse în aplicare, corelate și aflate în interacțiune unele cu altele, ce transformă intrările în ieșiri" (Drăghici, 2013). Proiectul este parte a managementului de proiect, care este „o metodologie standardizată ce conține procese repetabile" (Hill, 2004). Cu alte cuvinte, în cultura organizației există procese definite după care funcționează proiectele și care reflectă strategia la nivel de organizație.

În cadrul unui proiect există factori interni și externi, care la un moment dat au un impact în proiect, așa cum se redă în Fig. 2.1.

Pe durata proiectului sarcinile executate sunt concretizate în faze de proiect, evenimente (momente importante în proiect) și livrabile. Acestea sunt evidențiate în Fig. 2.2. Livrabilele și evenimentele importante sunt produsul activităților executate pe durata proiectului.

Managementul proiectului de dezvoltare a produsului poate fi definit de „setarea obiectivelor, planificarea, monitorizarea și controlul execuției activităților în cadrul unor procese desfășurate în echipe de proiect, coordonate de către un manager de proiect" (Filipoiu & Rânea, 2009). Activitatea este o „acțiune sau un set de acțiuni fizice sau intelectuale ce trebuie realizate într-o perioadă de timp definită, cu un cost definit și ale cărei ieșiri influențează dezvoltarea proiectului" (Filipoiu & Rânea, 2009).

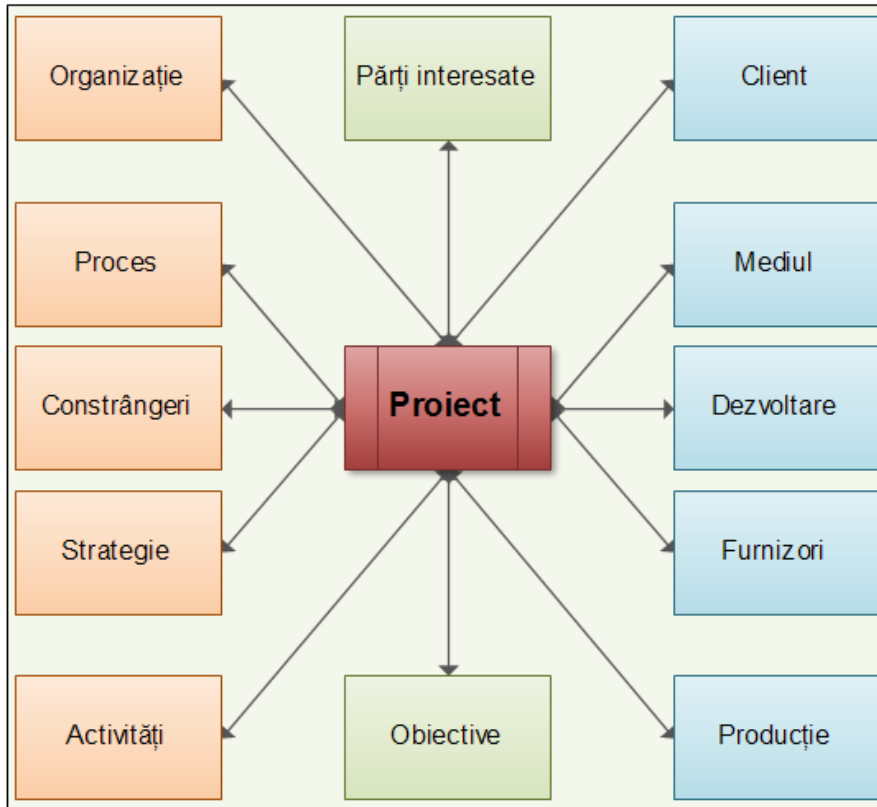


Fig. 2.1. Factori cu impact în proiect

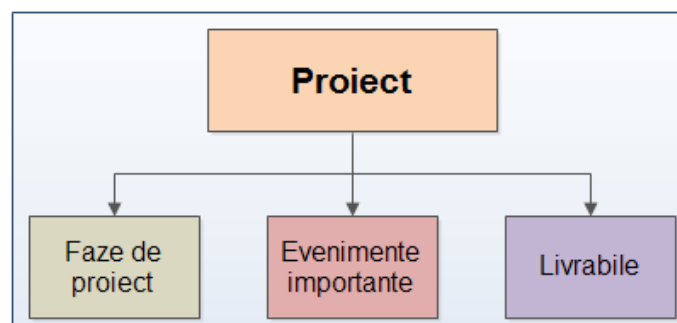


Fig. 2.2. Conceptul de proiect

Ciclul de viață al proiectului urmărește etapele pe care le parcurge un proiect în organizație, de la inițierea lui și până la terminare sau închidere. O abordare a ciclului de viață al proiectului este dată de Nino Grau, ca fiind „o sumă a proceselor” (Grau, 2013), adică toate activitățile executate în cadrul lui definesc ciclul său de viață.

În acest capitol se face o analiză a managementului proiectului de dezvoltare a produsului, cu referire la cele mai uzuale procese, metodologii folosite, tipuri de management, scopul fiind de identificare a problemelor care să constituie obiective de cercetare. Pentru a atinge acest scop sunt analizate și parcurse următoarele etape:

- analiza tipurilor de management de proiect de dezvoltare a produsului și clasificarea lor;
- analiza constrângerilor managementului de proiect, prin analiza managementului timpului, a costurilor și a calității;
- analiza principalelor metodologii și activități din cadrul managementului de proiect;
- analiza nevoilor și a lipsurilor metodologiilor utilizate în scopul atingerii obiectivelor de proiect;
- concluzii și direcții de cercetare pentru îmbunătățirea calității proiectului.

Pentru identificarea problemelor sunt studiate diferite abordări ale managementului de proiect, conform metodologiei propuse în Fig. 2.3, care cuprinde:

- domenii abordate – ce domenii de cunoaștere au fost abordate și tratate în metodologia managementului de proiect;
- procese – activități ce dau direcție de cercetare;
- avantaje și dezavantaje – pe ce tipuri de proiecte se pretează cel mai bine metodologia;
- constrângeri – cum este propusă tratarea limitelor în cadrul proiectului;
- concluzii – direcții de aplicare, elemente de interes pentru rezolvarea obiectivelor secundare.

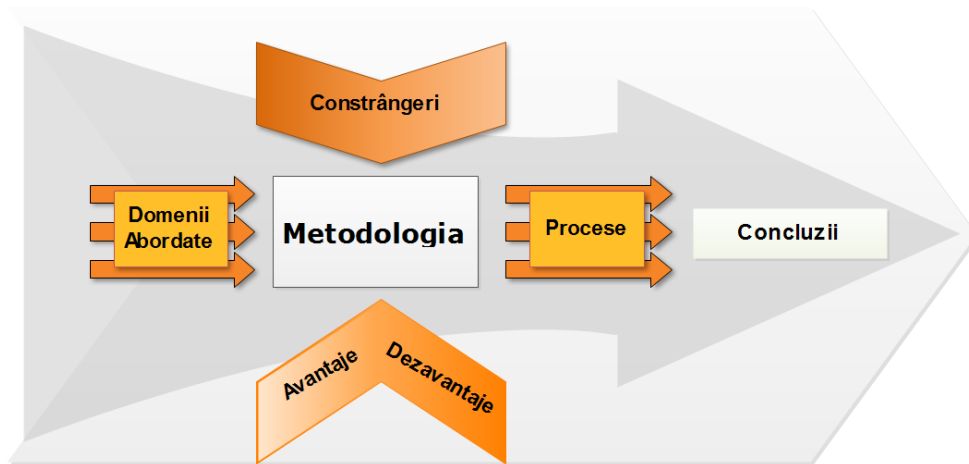


Fig. 2.3. Metodologia de studiu

Intenția este de a analiza diverse abordări ale managementului de proiect, cu concentrare pe managementul calității proiectului. După Brunt, „managementul calității proiectului se concentrează pe controlul procesului, îmbunătățirea proceselor și a sistemelor” (Brunt, 2013).

Contextul de cercetare se încadrează în problemele identificate de-a lungul experienței autorului, dar și în urma studiului bibliografic. „Problemele de calitate”, care în corporații sunt văzute ca fiind doar defectări la un produs, în realitate

afectează întreaga performanță a proiectului, prin costurile de non-calitate, rechemări în service, accidente etc. Contextul actual al pieței din industria automotive poziționează calitatea ca fiind unul dintre elementele foarte importante care, de cele mai multe ori, fac diferența între două produse. De aceea, calitatea este studiată din următoarele puncte de vedere: planificarea calității, asigurarea calității și controlul calității.

2.2 Managementul proiectului după PMBOK Guide

Ghidul PMBOK este realizat de PMI (Project Management Institute), o organizație non-profit apărută în 1969. Acest ghid oferă indicații pentru managementul proiectului, cuprinde un standard global ce descrie norme, metodologii, procese și practici în managementul de proiect (Project Management Institute, 2013). Procesul descris acoperă întregul ciclu de viață al proiectului.

Domeniile abordate cuprind următoarele aspecte ale managementului de proiect - roluri în cadrul managementului de proiect (Project Management Institute, 2013):

- managementul de program – cuprinde un grup de proiecte, iar prin administrarea grupului se ajunge la beneficii care nu pot fi obținute individual de către fiecare proiect;
- managementul portofoliului – cuprinde un grup de programe necesar atingerii obiectivelor strategice;
- planificarea proiectelor și strategiilor – cuprinde mijloacele utilizate în atingerea obiectivelor;
- PMO (Project Management Office) – cuprinde structura necesară să acorde suport prin metodologii, tehnici și instrumente puse la dispoziție echipei de proiect;
- influențe din partea organizației și ciclul de viață al proiectului – sunt abordate influențele organizatorice, definirea fazelor de proiect, când începe și se încheie proiectul (Edwards, 2012);
- managementul proceselor proiectului – asigură proceduri, instrumente și alte tehnici folosite de-a lungul ciclului de viață al proiectului;
- managementul de integrare a proiectului – sunt definite activități ce "identifică, definesc, combină, unifică și coordonează procesele și activitățile în cadrul proiectului" (Snyder, 2013);
- scopul managementului de proiect - sunt sintetizate cerințele de proiect și definirea a ce este relevant să fie efectuat pe proiect, cu alte cuvinte, ce face parte din proiect și ce nu este parte a proiectului;
- managementul termenelor proiectului – descrie procesele și activitățile necesare executării la timp a activităților de proiect;
- managementul costurilor proiectului – cuprinde activitățile necesare încheierii proiectului în costurile disponibile și suficiente proiectului;
- managementul calității proiectului – cuprinde procesele și activitățile necesare îndeplinirii cerințelor. Acest element este parte a obiectivului general al cercetării. În acest scop sunt analizate tehnicile și instrumentele propuse de PMI pentru îndeplinirea cerințelor, dar în aceeași timp și pentru rezolvarea problemelor specifice apărute în managementul de proiect al dezvoltării produsului;

- managementul resurselor umane ale proiectului – sunt abordate procesele de administrare a echipei de proiect;
- managementul comunicării în proiect – activitățile necesare asigurării fluxului informațiilor din cadrul proiectului;
- managementul riscurilor în proiect – sunt abordate activitățile ce duc la scăderea impactului riscurilor din ciclul de viață al proiectului;
- managementul achizițiilor în proiect – sunt abordate activitățile necesare să fie executate atunci când în proiect se fac achiziții;
- managementul părților interesate în proiect – sunt abordate procesele necesare și cu impact asupra tuturor părților implicate în proiect, sunt analizate așteptările lor și cum sunt acestea îndeplinite.

Procesele. PMI descrie și categorisește activitățile de proiect în 5 grupe de procese și anume: inițierea, planificarea, executarea, monitorizarea și controlul, închiderea. În Fig. 2.4 din PMBOK (Project Management Institute, 2013) este arătată interacțiunea între procese și diverse domenii ale proiectului.

Constrângerile. Sunt cuprinse în scopul, timpul, bugetul, calitatea, resursele umane și riscurile proiectului. Acestea sunt tratate la nivelul fiecărui domeniu în parte și interacțiunea lor este arătată în Fig. 2.4.

Knowledge Areas	Project Management Process Groups				
	Initiating Process Group	Planning Process Group	Executing Process Group	Monitoring and Controlling Process Group	Closing Process Group
4. Project Integration Management	4.1 Develop Project Charter	4.2 Develop Project Management Plan	4.3 Direct and Manage Project Work	4.4 Monitor and Control Project Work 4.5 Perform Integrated Change Control	4.6 Close Project or Phase
5. Project Scope Management		5.1 Plan Scope Management 5.2 Collect Requirements 5.3 Define Scope 5.4 Create WBS		5.5 Validate Scope 5.6 Control Scope	
6. Project Time Management		6.1 Plan Schedule Management 6.2 Define Activities 6.3 Sequence Activities 6.4 Estimate Activity Resources 6.5 Estimate Activity Durations 6.6 Develop Schedule		6.7 Control Schedule	
7. Project Cost Management		7.1 Plan Cost Management 7.2 Estimate Costs 7.3 Determine Budget		7.4 Control Costs	
8. Project Quality Management		8.1 Plan Quality Management	8.2 Perform Quality Assurance	8.3 Control Quality	
9. Project Human Resource Management		9.1 Plan Human Resource Management	9.2 Acquire Project Team 9.3 Develop Project Team 9.4 Manage Project Team		
10. Project Communications Management		10.1 Plan Communications Management	10.2 Manage Communications	10.3 Control Communications	
11. Project Risk Management		11.1 Plan Risk Management 11.2 Identify Risks 11.3 Perform Qualitative Risk Analysis 11.4 Perform Quantitative Risk Analysis 11.5 Plan Risk Responses		11.6 Control Risks	
12. Project Procurement Management		12.1 Plan Procurement Management	12.2 Conduct Procurements	12.3 Control Procurements	12.4 Close Procurements
13. Project Stakeholder Management	13.1 Identify Stakeholders	13.2 Plan Stakeholder Management	13.3 Manage Stakeholder Engagement	13.4 Control Stakeholder Engagement	

Fig. 2.4. Managementul proceselor proiectului și interacțiunea cu alte domenii (Project Management Institute, 2013)

Avantaje și dezavantaje:

- PMBOK este orientat pe procesele managementului de proiect;
- este greu de aplicat pe proiectele mici;
- la fiecare proces sunt definite intrările, instrumentele, tehnicile, dar și ieșirile (De Jaeger, 2016);
- definește multe situații în care pot fi aplicate tehnicile din cadrul proceselor;
- oferă o ghidare standardizată a proceselor;
- o limită este faptul că trebuie "adaptat la aria de aplicație din industrie, la scopul și mărimea proiectului, la constrângerile de termene, buget și calitate" (The Project Management, 2008);
- arată clar ce trebuie să cunoască și să aplice un manager de proiect, ceea ce poate fi văzut atât ca un avantaj, cât și ca un dezavantaj, pentru că poate limita creativitatea managerului de proiect și poate impune limite și constrângeri strânse în proiect.

Managementul calității proiectului este structurat în trei părți mari, și anume:

- Planificarea calității – se referă la analiza specificațiilor;
- Asigurarea calității – se referă la procesul de calitate;
- Controlul calității – se referă la produs;

Planificarea calității. Ca și celelalte domenii, managementul calității proiectului (Fig. 2.5) este structurat în intrări de proces, instrumente și tehnici, ieșiri ale procesului, fiind date și caracteristicile pe care sunt concentrate activitățile din proiect. În ciclul de viață al proiectului un factor important ce poate influența sunt specificațiile de la client. După Stackpole, managementul planificării calității face parte din planul managementului de proiect și descrie "cum sunt îndeplinite cerințele de calitate pentru proiect" (Stackpole, A Project Manager's Book of Forms: A Companion to the PMBOK Guide, 2013).

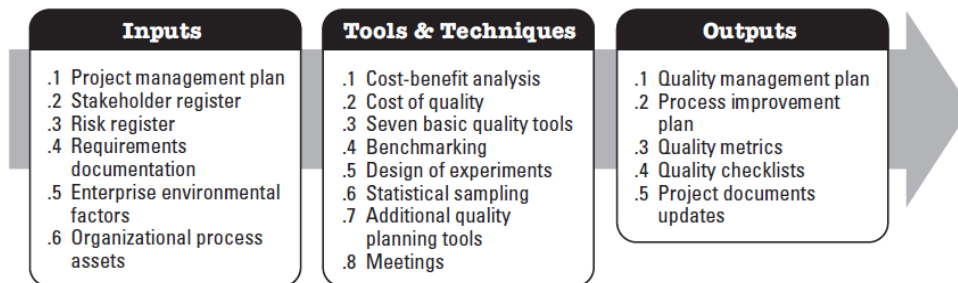


Fig. 2.5. Planificarea calității (Project Management Institute, 2013)

Planificarea calității înseamnă o identificare corectă a nevoilor proiectului și asigurarea că toate specificațiile de calitate au fost identificate și analizate, iar cele acceptate vor fi implementate în proiect. Un avantaj al planului calității arătat de PMI este că prin intrări, instrumente, tehnici și ieșiri, este dirijată calitatea de-a lungul proiectului (Project Management Institute, 2013).

S-a observat că managementul planificării calității este orientat spre prevenție. Scopul da a avea un plan al calității, după Levin și Ward, este de a atinge obiectivele impuse de standardele internaționale, de a "minimiza variațiile și de a livra rezultate ce îndeplinesc cerințele specifice" (Levin & Ward, 2015).

S-a observat, de asemenea, că intrările în procesul de planificare a calității proiectului se referă la a identifica corect factorii ce pot influența calitatea proiectului

ce urmează a fi derulat. Instrumentele și tehnicile folosite descriu mijloacele de analizare a cerințelor. Heldman arată că aceste instrumente ale calității “ajută la construcția planului de management al calității” (Heldman, PMP Project Management Professional Study Guide, 2002). Roudias arată că aceste instrumente și tehnici sunt folosite pentru “determinarea cerințelor de calitate și planificare efectivă a activităților de management al calității” (Roudias, 2015).

Ieșirile din procesul de planificare sunt intrări în următorul proces, de asigurare a calității proiectului.

Asigurarea calității. Este păstrat aceleași concept cu intrări, instrumente și tehnici, respectiv ieșiri ale procesului, arătate în Fig. 2.6. Asigurarea calității, după Greene și Stellman, înseamnă “cât de bine se potrivește proiectul în standardele și procedurile companiei” (Greene & Stellman, 2013).

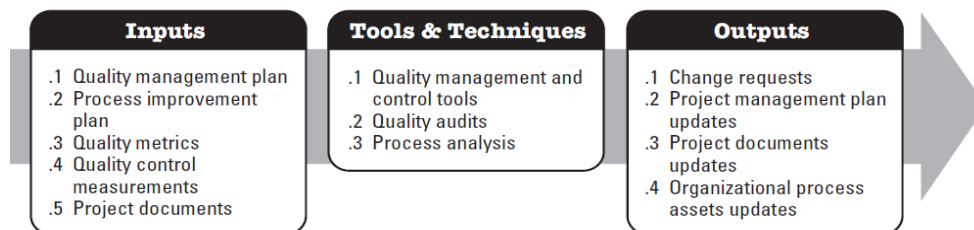


Fig. 2.6. Procesul de asigurare a calității (Project Management Institute, 2013)

După Crowe, există o legătură între activități și calitatea produsului, arătând că “procesul de asigurare a calității este important, astfel: dacă calitatea activităților și procesului sunt îmbunătățite, atunci calitatea produsului este îmbunătățită, împreună cu o reducere generală a costurilor” (Crowe, 2005).

Controlul calității. Conform definiției date de PMI, controlul calității se referă la “procesul de monitorizare și înregistrare a rezultatelor activităților de calitate, de evaluare a performanței și de recomandare a modificărilor necesare” (Project Management Institute, 2013). În Fig. 2.7 se observă că intrările în procesul de control nu sunt doar cele care au fost ieșiri la procesul precedent, de asigurare a calității, ci și altele.

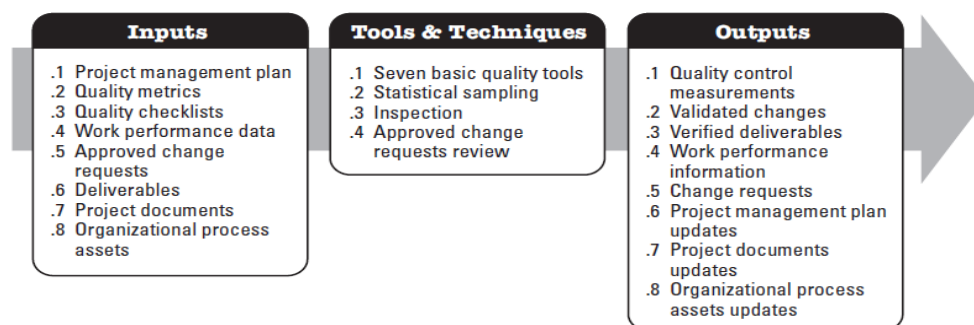


Fig. 2.7. Procesul de control al calității (Project Management Institute, 2013)

Rolul controlului calității, după Heldman, este de “monitorizare a rezultatului muncii pentru a verifica dacă corespunde standardelor setate în planul

managementului calității” (Heldman, PMP Project Management Professional Study Guide, 2002), iar măsurile rezultate, după Whitaker, sunt ”înregistrate și comunicate mai departe la părțile relevante ale proiectului” (Whitaker, 2013). O altă abordare a controlului calității este dată de Stackpole, care spune că ”livrabilele sunt comparate cu planul calității și indicatorii de performanță, pentru a asigura că acestea corespund cu specificațiile” (Stackpole, PMP Certification All-In-One For Dummies, 2011).

După cum arată și Caseley, importanța controlului calității se reflectă direct în rezultatele proiectului, adică ”cum îndeplinesc acestea cerințele” (Caseley, 2014), cerințe care, bineînțeles au fost analizate, evaluate și acceptate la începutul proiectului. O abordare mai apropiată de ceea ce înseamnă control este dată de Khandwala, care susține că procesul urmărește ca ”fiecare livrabil să fie inspectat, măsurat și testat” (Khandwala, 2013). De altfel, Duprey arată că scopul controlului calității este de „a identifica căile de eliminare a cauzelor ce duc la rezultate nesatisfăcătoare” (Duprey, 2010).

Sinteza abordării PMBOK. Ghidul oferit de PMI, secțiunea referitoare la managementul calității proiectului este împărțită în 3 capitole: planificare, asigurare și control al calității. În Fig. 2.8 este schematizat procesul de management al calității. Fiecare din aceste caracteristici fac obiectul calității și se concentrează pe activitățile definite. În faza de planificare a calității sunt planificate activitățile necesare, apoi este asigurat că sunt respectate standardele și procesele, iar în ultima parte sunt controlate livrabilele către client. Structura generică a ciclului de viață al proiectului, dată de PMI, este arătată în Fig. 2.9.

Un aspect important al PMBOK, este faptul că pune accent pe documentația proiectului și pe monitorizare (Matos & Lopes, 2013).

- În urma studiului asupra ghidului PMBOK s-a ajuns la următoarele concluzii:
- la nivelul metodologiei sunt abordate domenii de interes (procesul de management al calității);
 - în ceea ce privește obiectivele propuse, acest ghid oferă o vizualizare a instrumentelor de calitate;
 - este una din cele mai utilizate metodologii din lume (Sam Ghosh ș.a., 2012);
 - la nivel de caracteristici ale proiectelor, ce sunt diferențiate în funcție de complexitate și mărime, se arată faptul că toate proiectele pot urma o structură generică a ciclului de viață;
 - caracteristicile generice ale unui proiect sunt: începerea proiectului, pregătirea și organizarea, efectuarea lucrului și închiderea proiectului.

2.3 Managementul proiectului după PRINCE2

PRINCE2 (Projects in a Controlled Environment) este o abordare a managementului de proiect dezvoltată de Central Computer and Telecommunications Agency din Marea Britanie (PRINCE2). PRINCE2 este menționat ca fiind ”o metodă structurată de management de proiect” (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009). Proiectul este definit ca ”o organizație temporară creată în scopul de a livra produsele afacerii în conformitate cu planul de afaceri” (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009).

După Hinde, în PRINCE2 „managementul de proiect este împărțit în patru zone mari: planificare, delegare, monitorizare și control” (Hinde, 2012). Bentley arată nevoia ca această metodă ”să fie adaptată la mărimea, importanța și mediul proiectului” (Bentley, PRINCE2 A Practical Handbook, 2010).

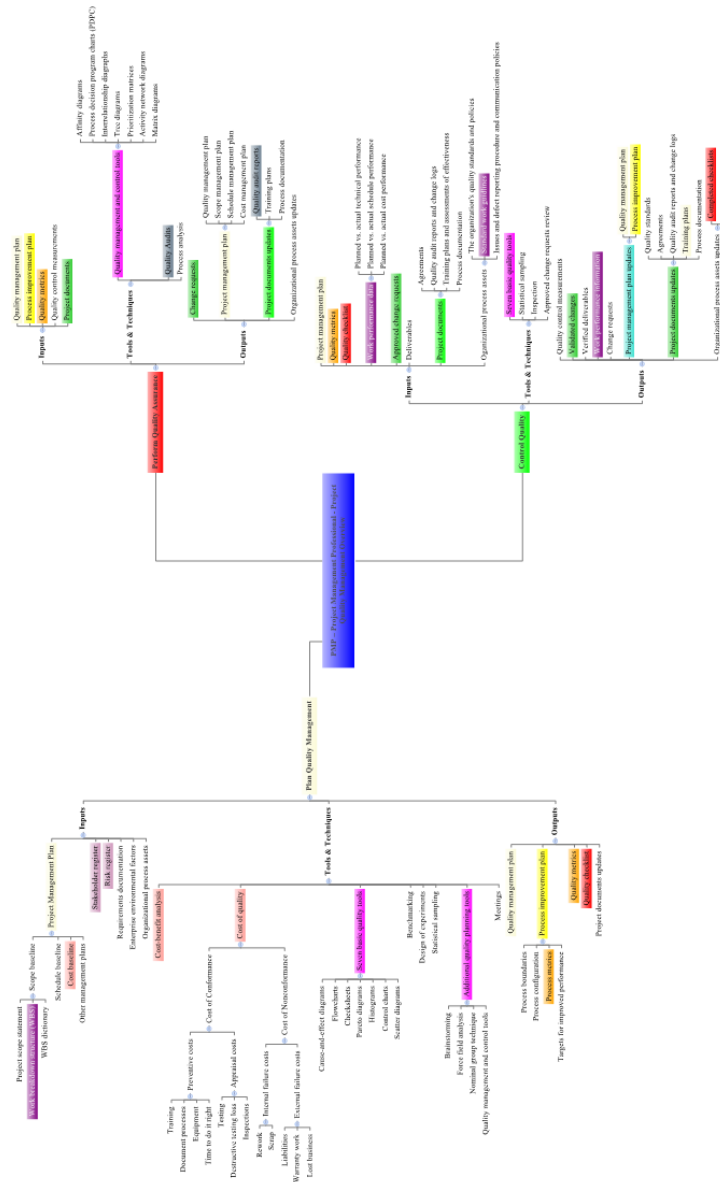


Fig. 2.8. Managementul calității proiectului (Project Management Institute, 2013)

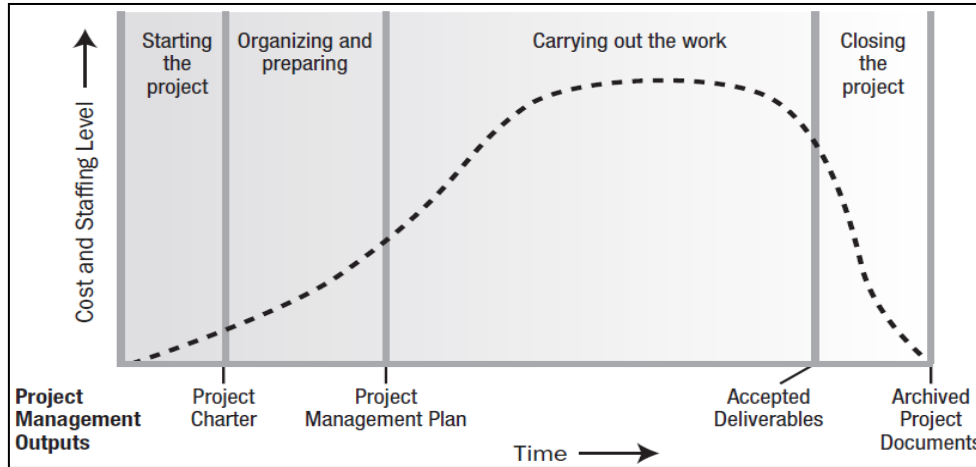


Fig. 2.9. Structura generică a ciclul de viață al proiectului (Project Management Institute, 2013)

După Graham, "PRINCE2 este o metodă bazată pe proces, iar procesele sunt acoperite de la începutul până la finalul proiectului" (Graham N. , 2010). Tot Graham arată că aceasta este "o metodă structurată care oferă o abordare clară și flexibilă în derularea proiectelor" (Graham, Planning a PRINCE2 Project In A Day For Dummies, 2012).

Dacă PMI propune o abordare de management de proiect bazată pe domenii, PRINCE2 propune o abordare pe teme, după cum este prezentat de OGC. Acestea sunt: planul de afacere, organizare, calitate, planurile, riscurile, modificările și progresul și aplicarea lor depinde de "mărimea, natura și complexitatea proiectului" (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009).

Temele proiectului sunt definite ca "aspecte ale managementului de proiect care trebuie adresate într-un mod continuu", așa cum se arată în Fig. 2.10 (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009).

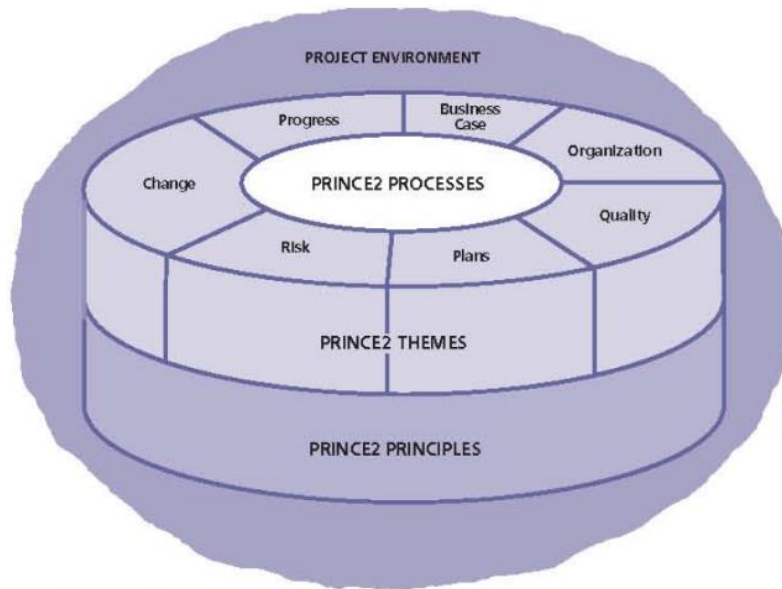


Fig. 2.10. Structura PRINCE2 (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009)

Temele propuse de PRINCE2 sunt:

- Planul de afacere: după OGC răspunde la întrebarea "De ce?", se referă la a transforma o idee într-o investiție (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009), iar Bentley arată că un plan de afacere al proiectului "trebuie să includă modificările afacerii, costurile și impacturile produsului final" (Bentley, PRINCE2 For Beginners: From Introduction to Passing Your Foundation Exam, 2015);
- Organizarea: descrierea nivelelor de management de proiect în cadrul corporației sau a managementului de program (Fig. 2.11), și anume:



Fig. 2.11. Nivele de management de proiect (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009)

- Managementul la nivel de direcție a proiectului – se concentrează pe aprobări de resurse, autorizații și deviații în cadrul proiectului (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009);
- Management la nivel de proiect – reprezentat de manager de proiect care are în responsabilitatea sa administrarea activităților zilnice din cadrul proiectului (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009);
- Management la nivel de livrări – este reprezentat de membrii echipei de proiect ce execută activitățile și livrează rezultate în specificațiile cerute de proiect (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009).

Hedeman ș.a. explică faptul că "PRINCE2 este o metodă de management de proiect. PRINCE2 presupune că managerul de proiect face parte din organizația clientului" (Hedeman, van Heemst, & Fredriksz, 2012), la nivel de proiect fiind implicate mai multe discipline. PRINCE2 descrie foarte clar în tema de organizare partea de roluri și responsabilități în cadrul proiectului. După Graham, "lipsa de claritate în această arie este o cauză comună la problemele proiectelor; cuvântul „rol” este extrem de important în PRINCE2, deoarece deschide o cale de flexibilitate în potrivirea metodei după nevoile specifice proiectului; o persoană poate avea mai multe roluri în proiect" (Graham N. , 2010).

- Planificarea – se concentrează pe planificarea activităților de proiect. După Sudhakar, "planul proiectului în PRINCE2 cuprinde produsele ce urmează să fie realizate, activitățile necesare pentru a obține produsul, activitățile necesare validării livrabilelor, timpul și resursele necesare proiectului, dependențele activităților și toleranțele convenite" (Sudhakar, 2010). Abordarea planificărilor este arătată în Fig. 2.12, cuprinzând proiectarea planului, definirea și analiza produsului, identificarea activităților, pregătirea estimărilor, pregătirea planificărilor și documentarea planului (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009). O definiție clară asupra planului proiectului este dată de ODC, și anume: "tema planului este de a facilita comunicarea și controlul prin definirea mijloacelor de livrare a produselor" (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009).

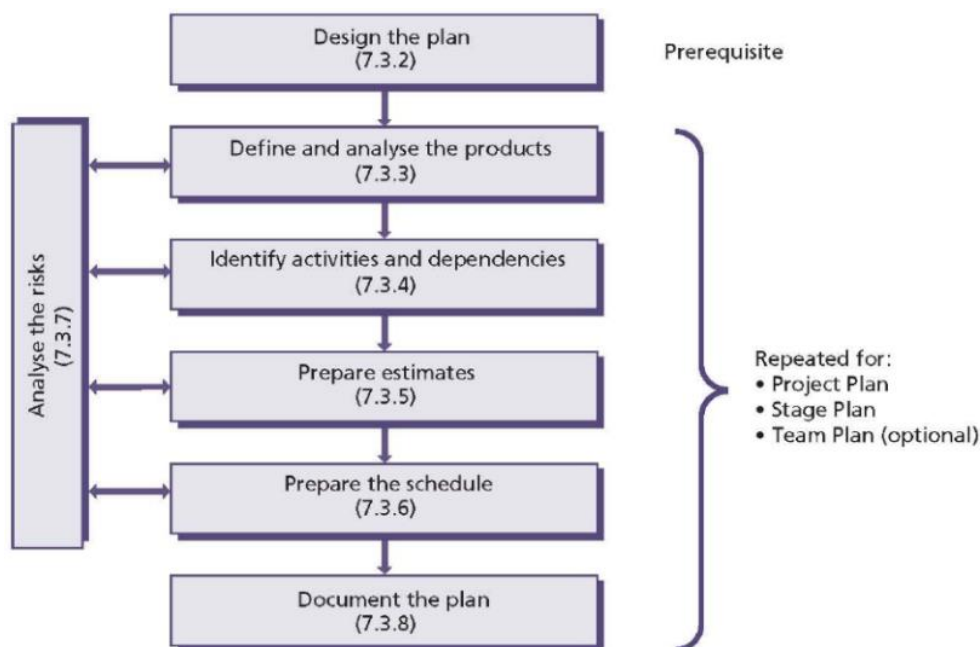


Fig. 2.12. Abordarea PRINCE2 a planurilor proiectului (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009)

- Riscurile – managementul riscurilor cuprinde identificarea, evaluarea și controlul lor. OGC definește riscul ca fiind un “factor major care trebuie luat în considerare în timpul derulării proiectului, definit de incertitudinea rezultatului (poate fi o oportunitate pozitivă sau o amenințare) (Office of Government, 2002). De altfel, Pennartz arată că în PRINCE2, “riscurile sunt considerate toate incertitudinile care pot avea un impact pozitiv sau negativ asupra proiectului și recomandă ca aceste oportunități să fie abordate proactiv” (Pennartz, 2014). Efectul riscurilor este reflectat în atingerea obiectivelor (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009). Managementul riscurilor este prezentat în Fig. 2.13.
- Modificările sunt evenimente care au loc în timpul derulării fazei de dezvoltare și/sau în timpul producției și cuprind orice modificare ce are loc asupra produsului sau a procesului de producție. Scopul modificărilor, arătat de OGC, este de “a identifica, evalua și controla toate modificările potențiale sau aprobate, raportate la designul inițial” (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009). Hinde subliniază faptul că tema modificărilor propusă de PRINCE2 “nu previne modificările, ci descrie un mod de abordare care asigură că acestea sunt efectuate și decizia asupra lor este luată la nivelul de autoritate corect” (Hinde, 2012). Aceasta este exemplificată și în Fig. 2.14, în care OGC explică procedura de control a modificărilor.

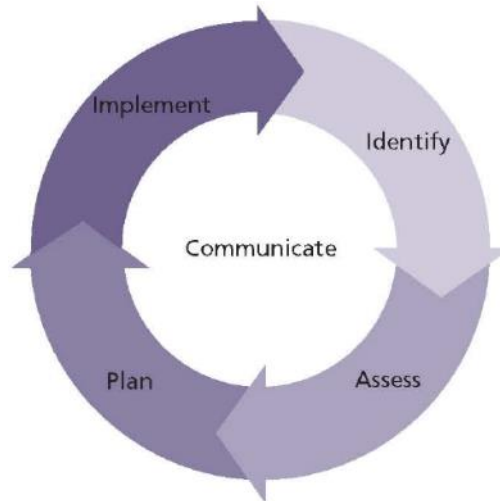


Fig. 2.13. Procedura managementului riscurilor (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009)

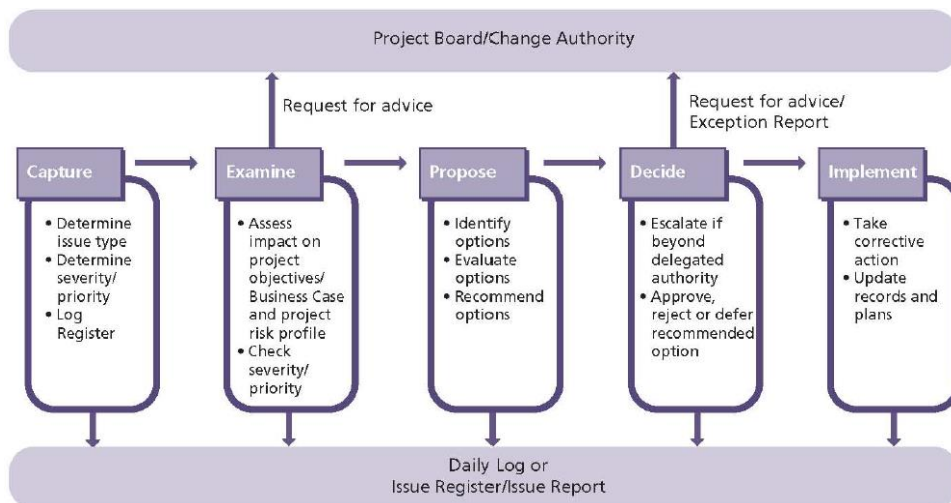


Fig. 2.14. Procedura de control a problemei și a modificărilor, după PRINCE2 (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009)

- Progresul – se referă la urmărirea atingerii obiectivelor proiectului. Scopul progresului propus de PRINCE2 este de a "stabili un mecanism de monitorizare și comparare a rezultatele actuale la cele planificate, care furnizează o previziune a obiectivelor, o continuitate viabilă a proiectelor și controlează toate deviațiile ce nu sunt acceptate" (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009). O concluzionare a ceea ce înseamnă urmărirea progresului și cum este propusă de PRINCE2 este arătată și de Seegers și Hedeman: "controlul progresului se face prin delegarea autorității, împărțirea proiectului în etape de management,

raportarea și revizuirea termenelor și a evenimentelor importante și ridicarea excepțiilor” (Hedeman & Seegers, 2009).

- Calitatea – abordarea este dată de împărțirea în trei părți: planificarea calității, controlul calității și asigurarea calității.

Temele propuse de PRINCE2 sunt parte a proiectului. Hedeman ș.a., bazat pe documentația prezentată de OGC în Fig. 2.15, exemplifică la ce întrebări răspund temele propuse de PRINCE2 (Hedeman, Heemst, & Fredriksz, 2009).

Business Case	➤	Why?
Organization	➤	Who?
Quality	➤	What?
Plans	➤	How, how much, when?
Risks	➤	What if?
Change	➤	What's the impact?
Progress	➤	Where are we now?
	➤	Where are we going?

Fig. 2.15. Temele propuse de PRINCE2 (Hedeman, Heemst, & Fredriksz, 2009)

Sinteza abordării PRINCE2

Scopul cercetării managementului de proiect abordat de PRINCE2 a fost de a face o analiză direcționată spre managementul calității.

Scopul calității în managementul de proiect este de a lua toate măsurile necesare ca produsul să fie dezvoltat conform cerințelor și așteptărilor. Scopul temei de calitate prezentată de PRINCE2 este de a ”defini și implementa mijloacele cu care proiectul va crea și verifica dacă produsele sunt adecvate scopului proiectului” (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009). Această temă abordează și cerințele de calitate, care după Lowe sunt extrase din descrierea produsului (Lowe, 2013).

Pe baza descrierii generale a temei calității a fost propus și generat un model al calității, bazat pe principiile PRINCE2 și arătat în Fig. 2.16, care pune în evidență modul de comportare divergent-convergent al asigurării calității. În această abordare sunt evidențiate cele trei elemente esențiale ale calității: planificarea calității, controlul calității și asigurarea calității.

De altfel, în PRINCE2 asigurarea calității este baza întregului concept de calitate, pe când planificarea și controlul calității sunt privite ca și caracteristici secundare. PRINCE2 acoperă managementul calității, dar prin modelul propus este evidențiat și mai clar cum interacționează calitatea cu alte teme. De asemenea, acest model se aplică și la următorii pași ai cercetării, asupra legăturii între cerințe-riscuri-reclamații, de la planificare la control, bazat pe asigurarea calității.

Un aspect al abordării PRINCE2 a managementului de proiect este faptul că sunt excluse anumite elemente importante. După Matos și Lopes, acestea sunt: ”motivarea, delegarea și managementul conducerii, graficele Gantt și analiza drumului critic în planificare, tehnicile managementului de risc, mecanismul de asigurare a calității etc.” (Matos & Lopes, 2013).

PRINCE2 tratează în abordarea sa doar planificarea și controlul calității, nu și asigurarea calității, care ”este în afara scopului PRINCE2, aceasta fiind în responsabilitatea organizației sau a managementului de program” (Office of Government, Managing Successful Projects with PRINCE2, 2009).

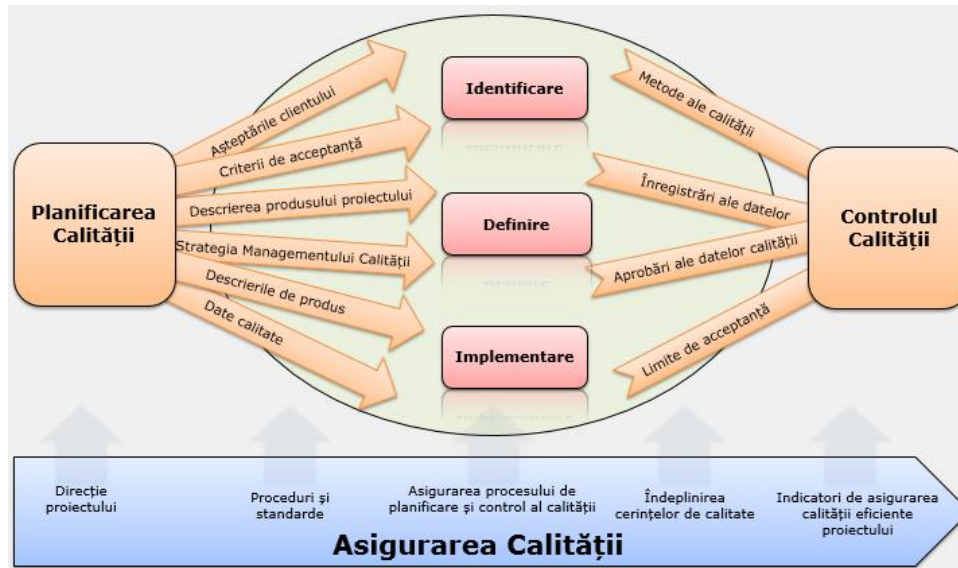


Fig. 2.16. Modelul calității bazat pe principiile PRINCE2

2.4 Managementul proiectului după IPMA

Abordarea IPMA se concentrează pe elemente de competență arătate în Fig. 2.17, fiind denumită și „ochiul de competență”, care reprezintă „integrarea tuturor elementelor managementului de proiect, așa cum sunt văzute prin ochiul managerului de proiect, atunci când evaluează o situație specifică. Ochiul reprezintă claritate și viziune” (IPMA, 2006).

Abordarea IPMA cuprinde 46 de elemente ale competenței: 11 competențe contextuale, 20 de competențe tehnice și 15 competențe comportamentale (Sanjuan & Froese, 2012).

După Obradovic și Petrovic, IPMA are următoarele obiective principale (Obradovic & Petrovic, 2012):

- dezvoltarea unui management de proiect bazat pe înțelegere standardizată;
- dezvoltarea unei arii de cunoaștere independente;
- promovarea competențelor din managementul de proiect la nivelul ariilor din industrie;
- promovarea unei societăți internaționale a managementului de proiect.

În abordarea IPMA este dezvoltat conceptul de competențe de bază care sunt cerute membrilor IPMA și care se referă la asigurarea unui anumit nivel al standardelor la care sunt aplicate certificările. În acest context sunt abordate patru nivele de competențe (Rozemeijer & van Bon, 2007):

- Nivel A – competențe în coordonarea programelor;
- Nivel B – competențe în administrarea proiectelor complexe;
- Nivel C – competențe în administrarea proiectelor cu complexitate limitată;
- Nivel D – sunt evaluate (în scris) competențe bazate pe cunoștințe.

După Binder, IPMA “furnizează o listă comprehensivă a competențelor ce trebuie să le îndeplinească fiecare manager de proiect, și care poate folosi ca bază o listă cu aptitudini cerute de la candidați” (Binder, 2007). Această abordare nu propune managerilor de proiect metodologii și mijloace de lucru, ci lasă la latitudinea fiecărui manager de proiect să folosească diverse mijloace în funcție de problema specifică în proiect.

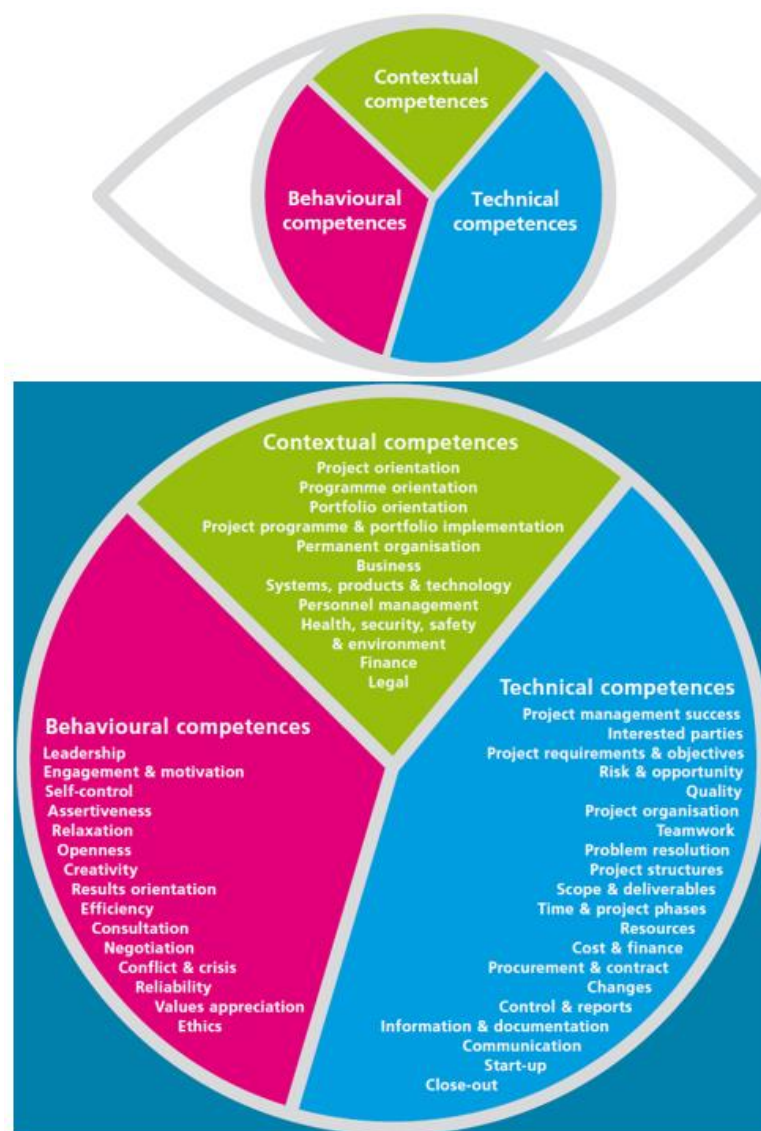


Fig. 2.17. Ochiul de competență și elementele sale (IPMA, 2006)

ICB (International Competence Baseline) descrie competența ca fiind o colecție de cunoștințe, atitudine personală, aptitudini și experiența relevantă

necesară pentru a performa într-o anumită funcție (IPMA, 2006). Aceste competențe sunt descrise ca fiind:

- Competențele tehnice - după ICB, acestea sunt elemente fundamentale ale competențelor managerului de proiect; după Straw, aceste elemente tehnice sunt legate de abilități mai complexe, cum ar fi cerințe ale proiectului, obiective și calitate (Straw, 2015);
- Competențele de comportament - după ICB, acestea descriu elementele de competență personale cu acoperire în atitudine și aptitudini (IPMA, 2006); de asemenea, Straw arată că aceste elemente includ competențe de conducere, negociere și orientare pe rezultate, crize și probleme, valori și etică (Straw, 2015);
- Competențele contextuale - conform ICB acestea sunt relaționate la elementele de context din care face parte proiectul, iar Ferraro explică aceste elemente contextuale prin înțelegerea programului și a portofoliului din care face parte proiectul, având responsabilități asupra aspectelor financiare, legale și de sistem (Ferraro, 2014).

Fiecare element dat de IPMA constă în titlu, descriere, o listă a pașilor posibili din proces, cât și criteriul de experiență (Chitteden, Visser, & Bent, 2012), iar metodele și mijloacele după care sunt rezolvate problemele specifice sunt puse la dispoziție de către organizație (Selig, PMP, & COP, 2015).

După IPMA, fiecare element este bazat pe cunoștințe și experiență, iar totalul cunoștințelor cerute pe fiecare nivel (A, B, C și D) este împărțit în proporțiile din Fig. 2.18.

Competence ranges	IPMA Level A %	IPMA Level B %	IPMA Level C %	IPMA Level D %
Technical	40	50	60	70
Behavioural	30	25	20	15
Contextual	30	25	20	15

Fig. 2.18. Ponderea de competență la nivelele propuse de IPMA (A, B, C și D) (IPMA, 2006)

Calitatea, ca element de competență tehnică, este descrisă ca și grad în care un set de caracteristici îndeplinește cerințele proiectului (IPMA, 2006). IPMA face o descriere destul de vagă în ceea ce privește acest element, abordarea fiind bazată pe o descriere succintă, propunerea unor posibili pași din proces care pot fi aplicați în cadrul proiectului, domeniile în care este adresat acest element, competențele cheie la cele patru nivele și elementele cu care relaționează.

Pașii de proces propuși de ICB sunt (IPMA, 2006):

- dezvoltarea planului calității;
- selectarea, construirea și testarea;
- obținerea aprobării pentru construire și testare a versiunii finale;
- executarea activităților de control și asigurare a calității;
- efectuarea testelor, documentarea și solicitarea aprobării pentru rezultate;
- recomandarea și aplicarea acțiunilor corective și o raportare în scopul eliminării defectelor;
- documentarea "lecțiilor învățate" și aplicarea lor în proiecte noi.

Sinteza abordării IPMA

IPMA este o abordare ce se concentrează pe competențele managerului și ale echipei de proiect și arată ce pași pot fi urmați pentru a atinge obiectivele proiectului.

Abordarea IPMA fiind bazată pe competențe, sunt puse în evidență mai bine și mai clar elementele tehnice recomandate de către IPMA, fiind arătată și relaționarea elementului de calitate cu alte elemente propuse de IPMA (Fig. 2.19). Practic, se observă care sunt elementele calității și care sunt competențele necesare.

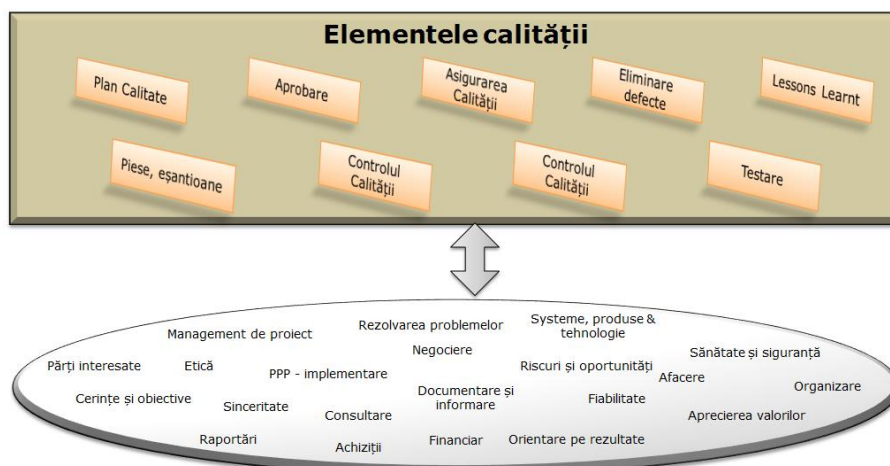


Fig. 2.19. Elementele calității și interacțiunea lor cu alte competențe (IPMA, 2006)

Avantajele acestei abordări:

- arată relația între elementele calității cu alte competențe ale managerului de proiect;
- arată așteptările la fiecare nivel de competență;
- sunt descriși pașii posibili care pot fi urmăriți în proces în scopul implementării în proiect;
- creează un cadru universal de evaluare a competențelor managerilor și echipei de proiect (Antropov, 2011);
- se face o diferențiere clară în ceea ce înseamnă cunoștințe față de competențe, care trebuie să fie baza managementului de proiect;
- este o abordare complementară la alte abordări (Ex. PRINCE2).

Dezavantajele abordării:

- oferă puține detalii de aplicabilitate a elementelor de proces în comparație cu alte abordări (Ex. PMI, PRINCE2 etc.);
- evaluarea competențelor poate fi subiectivă în cadrul proiectului;
- elementul de interes este competența tehnică de calitate, care descrie posibili pași de proces, ceea ce înseamnă că nu este o direcție strictă a ce ar trebui implementat în proiect.

2.5 Concluzii și obiective de cercetare

2.5.1 Concluziile studiului

În urma studiului bibliografic s-a constatat că abordările managementului de proiect sunt diferite în partea de management al calității.

Managementul proiectului este abordat pe domenii de aplicare. Se poate spune că sunt două curente internaționale care tratează pe larg problematicile managementului de proiect, și anume: ghidul PMBOK (curentul american) și metodologia PRINCE2 (curentul european).

PMBOK nu este o metodologie, ci un ghid care prezintă o interacțiune a domeniilor, fiind definite foarte clar ariile de cunoștințe, dar și grupurile procesului de management de proiect. Totuși, s-a observat că este destul de greu de folosit în proiectele mici, depinde foarte mult de aria de aplicabilitate și de alte constrângeri specifice ale proiectului.

Managementul calității de proiect este structurat de PMBOK în 3 părți:

- planificarea calității – se concentrează pe analiza specificațiilor;
- asigurarea calității – accentul și concentrarea este pe procesul de calitate;
- controlul calității – accentul și concentrarea este pe produs.

Un lucru de interes la acest ghid este faptul că toate ariile de cunoștințe se bazează pe următorul principiu: intrări, instrumente și tehnici, ieșiri. Toate elementele și/sau recomandările funcționează după această regulă.

PMBOK este unul dintre ghidurile cele mai folosite în întreaga lume și, de fapt, se referă la o structură generică a ciclului de viață al proiectului.

PRINCE2 este un curent european (apărut în Anglia) de abordare a managementului de proiect. În urma studiului s-a ajuns la concluzia că este o abordare bazată pe proces, în care sunt abordate nu numai domeniile de cunoștințe, ci și teme ale managementului de proiect, care sunt baza principiilor PRINCE2.

Ținând cont de impactul pe care îl poate avea calitatea în proiect, se apreciază însă că PRINCE2 tratează destul de sumar managementul calității. De fapt, este propus doar aspectul legat de planificarea și controlul calității.

În studiul bibliografic a fost studiată și abordarea după **IPMA**, care se concentrează pe elemente de competență. Practic, totul se rezumă la cum vede și cum trebuie să vadă managerul de proiect că ar trebui să se întâmple lucrurile în desfășurarea activităților de proiect.

IPMA tratează trei tipuri de elemente: competențe contextuale, competențe comportamentale și competențe tehnice. În această abordare totul pivotază în jurul managerului de proiect.

Managementul de proiect abordat de IPMA se bazează pe anumiți pași, care pot fi considerați până la urmă ca niște competențe. Calitatea nu este structurată într-un proces, descrierea și informațiile fiind destul de slab documentate.

În urma studiului bibliografic se pot concluziona următoarele:

- PMBOK este ghidul care detaliază și prezintă cel mai structurat și mai pe larg managementul calității, dar este o abordare destul de clasică, care se pretează în general la proiecte mari;
- Deși sunt prezentate diferite instrumente ale calității, nu se abordează întregul ciclu de viață al proiectului;
- detalierea instrumentele este sumară și sunt date doar posibile direcții;
- nu sunt dezvoltate elemente legate de tratarea pe larg a reclamațiilor de la client, instrumente folosite, documentarea informațiilor și pașii de închidere a problemei;
- lipsește, în general, tratarea problemelor;
- literatura de specialitate oferă informații ce completează abordările de mai sus, dar care urmează, de regulă, direcțiile date.

Așadar, managementul calității este abordat, dar fără a fi date direcții clare de urmărire.

2.5.2 Obiectivele cercetării

Obiectivul principal al tezei de doctorat îl constituie analiza și rezolvarea unor probleme actuale și extrem de sensibile legate de calitatea unui proiect de dezvoltare de produs, în vederea îmbunătățirii acesteia.

Obiectivele secundare, care derivă din acest obiectiv principal, sunt:

- eficientizarea și îmbunătățirea analizei cerințelor de calitate;
- îmbunătățirea analizei riscurilor în faza de concept a produsului;
- îmbunătățirea acțiunilor corective în cazul reclamațiilor de calitate.

Obiectivele secundare ale cercetării sunt problemele specifice și ele constituie direcțiile de cercetare abordate în următoarele capitole ale tezei de doctorat.

Pentru rezolvarea problemei specifice a primului obiectiv secundar se propune o abordare bazată pe anticipare în ceea ce privește analiza cerințelor clientului, concentrarea fiind pe cerințele de calitate; problema este abordată din perspectiva de a reduce timpul de analiză al cerințelor (în mod special al celor de calitate) prin crearea unui model nou, folosind TRIZ în combinație cu alte metode de analiză a cerințelor (e.g. QFD – Quality Function Deployment).

Pentru rezolvarea problemei specifice celui de-al doilea obiectiv secundar se folosește FMEA de produs în combinație cu TRIZ, din care va rezulta un model nou de evaluare a riscurilor.

Pentru rezolvarea problemei specifice celui de-al treilea obiectiv secundar este abordat modul de tratare al reclamațiilor. În acest scop sunt evaluate metodologiile actuale, este definit un set de instrumente de bază folosite în rezolvarea problemelor de calitate, care sunt combinate cu TRIZ. Tot aici este propusă trecerea de la modelul clasic la modelul modern sau trecerea la prevenție și detecție la anticipare sau de la posibilele cauze ale problemei la contradicții tehnice ferme ale problemei.

Pentru rezolvarea celor trei probleme se propune folosirea metodei TRIZ. În momentul de față aceasta nu este foarte cunoscută de echipele de proiect, dar spre deosebire de celelalte metode și mijloace, oferă soluții la probleme. Cele trei aspecte abordate în vederea rezolvării sunt evidențiate în Fig. 2.20, în care este arătat că cerințele – riscurile – reclamațiile pot fi văzute ca triunghiul problemă.

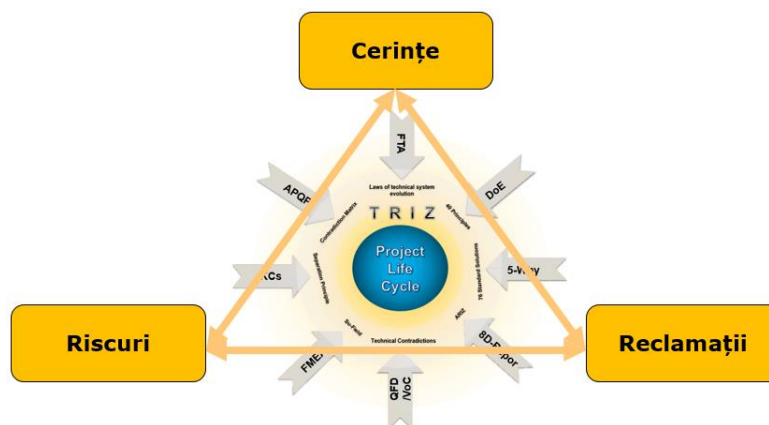


Fig. 2.20. Obiectivele secundare ale cercetării – triunghiul problemă

3. CONTRIBUȚII PRIVIND EVALUAREA CERINȚELOR SPECIFICE DE CALITATE

3.1 Introducere

În acest capitol se abordează prima problemă din cadrul cercetării, și anume evaluarea cerințelor specifice de calitate, urmărindu-se atingerea primului obiectiv secundar: eficientizarea și îmbunătățirea analizei cerințelor de calitate.

În cadrul proiectului, cerințele de calitate sunt preluate din cel puțin 3 direcții: client, interne și externe (reglementări și standarde internaționale). Problema identificată în faza de concepție preliminară constă în faptul că aceste cerințe specifice sunt fie supraevaluate, și atunci generează supracalitate, afectând bugetul și planificarea de proiect, fie subevaluate, și atunci designul produsului nu îndeplinește cerințele clientului și va genera probleme de calitate.

Cerințele specifice de calitate sunt de cele mai multe ori primite odată cu toate cerințele de produs și trebuie colectate, analizate, implementate, verificate, controlate și monitorizate de-a lungul ciclului de viață al proiectului.

O constatare din realitatea curentă arată faptul că în proiectele de dezvoltare, majoritatea cerințelor sunt adaptate de la produsele generației precedente. Specificațiile de calitate sunt astfel, de cele mai multe ori, documente generale, care prezintă conceptul de produs.

Pentru a atinge obiectivul de eficientizare și îmbunătățire a analizei cerințelor de calitate se propune folosirea metodei QFD (Quality Function Deployment – Desfășurarea Funcției Calitate), integrată cu metodologia TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach - Teoria de Rezolvare a Problemelor Inventive).

Acesta presupune:

- adaptarea metodei QFD la ciclul de viață al proiectului;
- adaptarea metodei TRIZ la ciclul de viață al proiectului;
- integrarea QFD și TRIZ pentru analiza cerințelor specifice de calitate, generarea unui model aplicabil în faza de dezvoltare a produsului și monitorizat în faza de producție.

3.2 Adaptarea metodei QFD la ciclul de viață al proiectului

3.2.1 Metoda QFD

Metoda QFD (Quality Function Deployment - Desfășurarea Funcției Calitate) este o metodă care a fost dezvoltată de Yoji Akao în anul 1966, fiind definită ca „o

metodă de satisfacere a clienților prin traducerea cerințelor lor în obiective de dezvoltare și puncte în asigurarea calității” (Akao, 2004).

Drăghici definește QFD ca „o metodă structurată de planificare și concepție a unui produs, care permite specificarea și identificarea dorințelor și nevoilor clientului și care traduce nevoia (vocea clientului) în cerințe tehnice și funcționale (vocea tehnicianului), folosind limbajul furnizorului” (Drăghici, 2013).

După Maropoulos & Ceglarek, QFD este „o metodologie orientată pe client pentru a fi folosită în dezvoltare și design de produs, având la bază sistemul de calitate și are aplicații extinse în industrie prin dezvoltarea multiplă a sistemelor și mijloacelor de înțelegere a vocii clientului” (Maropoulos & Ceglarek, 2010). QFD poate fi critică la „validarea de design, așa cum sunt traduse nevoile clientului în caracteristici de produs și control al producției, fiind format un set de criterii conform cărora sunt evaluate conformitatea produsului și a procesului” (Maropoulos & Ceglarek, 2010).

După Sawaguchi ș.a., QFD este folosită pentru a se înțelege mai bine și mai clar funcțiile cerute de către client (Sawaguchi, Ishikawa, & Izumi, 2015). Această metodă se concentrează pe ceea ce dorește clientul și ce trebuie livrat la client, adică comparația între așteptări și livrări.

După Sarja, QFD este „un instrument pentru optimizare și luare de decizii, având un puternic caracter numeric, care servește la: analiza și măsurarea „greutății” cerințelor; optimizarea soluțiilor cu alegere între diferite soluții; alegerea între planuri, design, metode sau produse alternative” (Sarja, 2006).

QFD este și o metodă de „identificare a cerințelor de client și relaționarea lor la specificațiile de produs” (ElMaraghy, Schun, ElMaraghy, Piller, & Schoensleben, 2013). De altfel, desfășurarea funcției calitate poate fi folosită de către echipa de proiect pentru a aduna date de la membrii echipei, în scopul urmăririi într-un mod mai bun a designului de produs (Chang, Lee, & Chen, 2014).

Un punct de vedere asupra metodei este de a observa, încă din faza incipientă a proiectului (analiza cerințelor), avantajele și dezavantajele produsului (Jin, Ji, & Gu, 2015).

O descriere a metodei QFD aparține lui Yang, care definește patru faze: „planificarea specificațiilor tehnice, cerințele funcționale, planificarea parametrilor de design și planificarea variabilelor de proces” (Yang, 2005).

De-a lungul timpului au fost dezvoltate și propuse mai multe abordări în ceea ce privește fazele de lucru. Eversheim propune patru faze în ciclul de viață al proiectului: „planificarea produsului, dezvoltarea produsului, planificarea procesului și măsurile de asigurarea calității” (Eversheim, 2008). Frede arată că „vocea clientului, dezvoltarea produsului, dezvoltarea procesului și planificarea producției pot fi considerate faze de lucru ale metodologiei QFD” (Frede, 2016). Se remarcă faptul că vocea clientului este elementul principal care dă „tonul” proiectului, fiind tradusă în specificații tehnice.

În ceea ce privește desfășurarea funcției, ReVelle ș.a. arată că aceasta constă în „desfășurarea atributelor produsului sau serviciului dorit de client prin toate componentele funcționale adecvate ale unei organizații” (ReVelle, Moran, & Cox, 1998).

Modelul QFD este reprezentat de **casa calității**, care este un instrument de bază, în care toți cei interesați, dar și participanți la proiect, comunică între ei prin corelația între CE și CUM al unui produs și organizarea în jurul matricei de relații ponderate CE/CUM, în care CE-urile sunt ponderate prin valori. QFD arată că pentru a obține calitatea produsului trebuie luată în considerare și măsurată satisfacția clientului, care este dată de satisfacerea cerințelor (Leanblog, 2016).

Desfășurarea funcției calitate "utilizează o abordare sistematică de identificare la întrebări: CE cerințe sunt prioritare și pentru cine anume? CUM trebuie realizate? DE CE?" (Leanblog, 2016).

În Fig. 3.1 este reprezentată grafic casa calității, în care se disting următoarele elemente:

1. Nevoile clientului - sunt listate toate cerințele și nevoile exprimate de client (CE?); sunt detaliate caracteristicile produsului, cerințele care pot fi contradictorii, ambigue sau incomplete, trebuind eliminate cerințele dublate și combinate cerințele similare (Oswald & Burati, 1993);

2. Importanța caracteristicilor clientului - se răspunde la întrebarea DE CE, fiind prioritizate caracteristicile ce trebuie să le îndeplinească produsul, în funcție de nevoia și importanța lor;

3. Specificații tehnice - CUM se va dezvolta produsul? toate cerințele de la client sunt transformate în specificații și caracteristici tehnice de produs;

4. Evaluarea competiției - se analizează ce nevoi are clientul și este evaluată concurența, pentru a identifica ce există deja pe piață; sunt făcute studii de piață, în care sunt arătate produsele similare, performanțele lor etc.; acestea sunt de obicei conduse de către oameni experimentați sau de specialiști din marketing (Oswald & Burati, 1993);

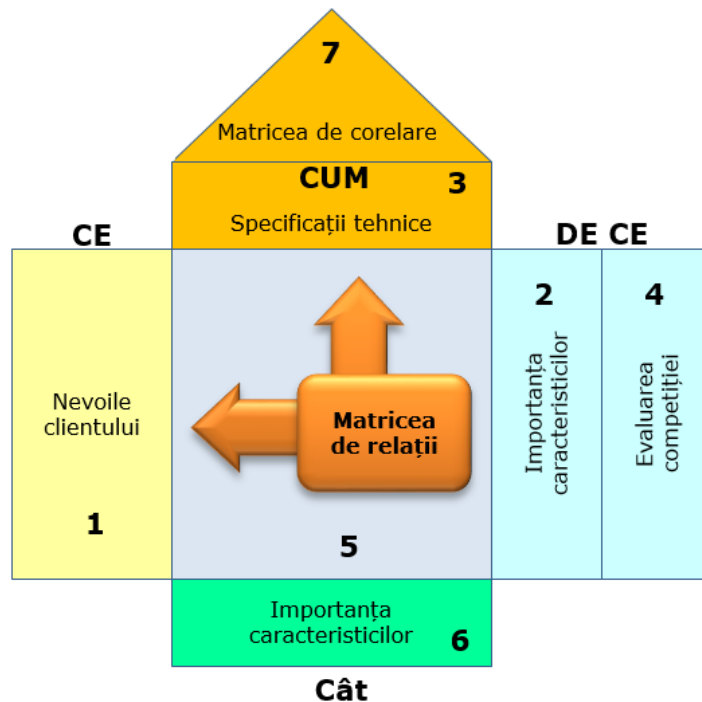


Fig. 3.1. Casa calității, după (Leanblog, 2016)

5. Matricea de relații - scopul este de a vedea relația dintre cerințele clientului și specificațiile tehnice (Haik, Shahin, & Sivaloganathan, 2010); exprimă CE dorește clientul față de CUM va fi îndeplinită acea nevoie; traduce faptul că un CUM (reprezentat printr-o coloană a matricei) este mai mult sau mai puțin oportun

pentru a realiza sau pentru a satisface un CE (reprezentat printr-o linie a matricii) (Drăghici, 2013);

6. Importanța specificațiilor tehnice - se răspunde la întrebarea CÂT sunt de importante caracteristicile tehnice; este măsurată importanța cerințelor versus prioritizarea cerințelor (Haik, Shahin, & Sivaloganathan, 2010);

7. Matricea de corelare între specificațiile tehnice – se face o analiza a cât de bine sunt corelate specificațiile între ele, fiind identificate contradicțiile ce apar în specificații (Haik, Shahin, & Sivaloganathan, 2010).

Desfășurarea matricilor constă în asocierea CUM-urilor la CÂT-uri, pentru a fi evidențiate CE-urile și ponderile următoarei matrici, principul de desfășurare fiind dat de propagarea unei matrici ca linie a următoarei matrici (Drăghici, 2013). Rezultă astfel: desfășurarea produsului, desfășurarea componentelor, desfășurarea proceselor, organizarea producției (Fig. 3.2).

Modelul de desfășurare a matricilor calității poate fi folosit în vederea atingerii obiectivului de evaluare a cerințelor specifice de calitate, pentru care sunt propuse următoarele faze de proiect:

- planificarea cerințelor;
- dezvoltarea produsului;
- fabricația produsului;
- planificarea, asigurarea și controlul calității.

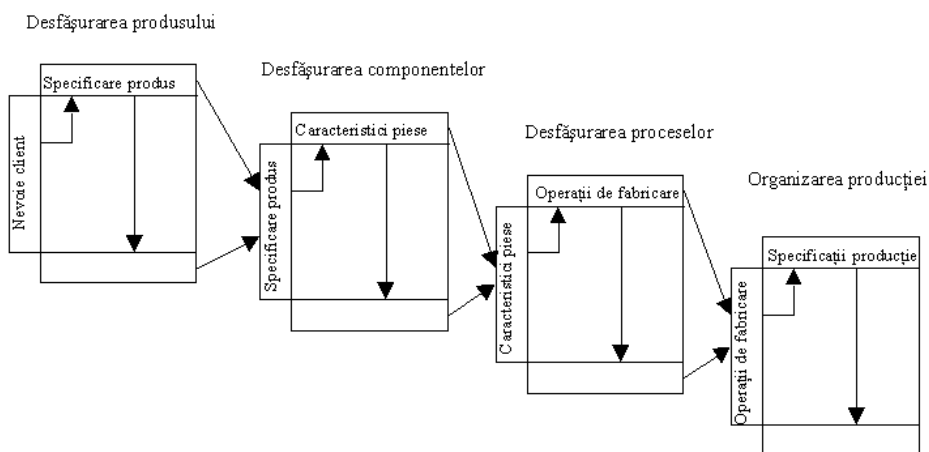


Fig. 3.2. Desfășurarea matricilor (Drăghici, 2013)

Această abordare se bazează pe considerarea rolului important al acestor faze ale proiectului. Desfășurarea produsului este analizată din punct de vedere al analizei și importanței cerințelor pentru studiul conceptual. Desfășurarea componentelor este analizată prin prisma concepției produsului și a procesului de fabricație. Desfășurarea proceselor este adaptată la fabricația produsului. În cadrul matricii de organizare a producției sunt aduse elemente de planificare, asigurare și control a calității.

3.2.2 Faza de planificare a cerințelor

În această fază a proiectului sunt inițiate și începute primele acțiuni, acțiuni care determină calitatea produsului (Leanblog, 2016). Obținerea și analiza

informațiilor și a specificațiilor de la client au impact direct în dezvoltarea viitorului produs și a performanțelor pe care acesta le va avea.

După Ficalora & Cohen, această fază a proiectului poate cuprinde următoarele activități (Ficalora & Cohen, 2010):

- identificarea cerințelor;
- analiza cerințelor;
- prioritizarea cerințelor;
- validarea cerințelor;
- începerea construirii casei calității (modelul QFD).

Activitățile din faza de planificare a cerințelor arată cum sunt satisfăcute acestea din perspectiva nevoilor clientului, fiind una din cele mai importante faze, deoarece aici se obțin cele mai relevante informații legate de proiect (Leanblog, 2016).

În această fază, pentru proiectele în care specificațiile există, în principiu, modificările făcute sunt mai mult sau mai puțin semnificative. Scopul este în primul rând de a permite o înțelegere clară asupra cerințelor clientului (ReVelle, Moran, & Cox, 1998), faza de planificare însemnând "traducerea cerințelor clientului în specificații tehnice" (Crowson & Walker, 1996).

Întrebarea care se pune este: CE dorește clientul? Răspunzând la această întrebare, cerințele clientului se transpun în specificații tehnice, în literatura de specialitate numindu-se "traducerea vocii clientului" (Herzwurm, Schockert, & Mellis, 2000).

După Dhillon, QFD trebuie să "asigure o desfășurare corectă a nevoilor clientului în cadrul organizației" (Dhillon, 2002). Faza de planificare a cerințelor arată clar ce dorește clientul să obțină și cum sunt traduse aceste dorințe și nevoi, evitându-se interpretarea incorectă a lor (Berger, Benbow, & Elshennawy, 2007), deoarece există o conexiune directă în interpretarea cerințelor (calitatea cerințelor) și calitatea produsului final. În Fig. 3.3 se arată influența cerințelor clientului asupra produsului.

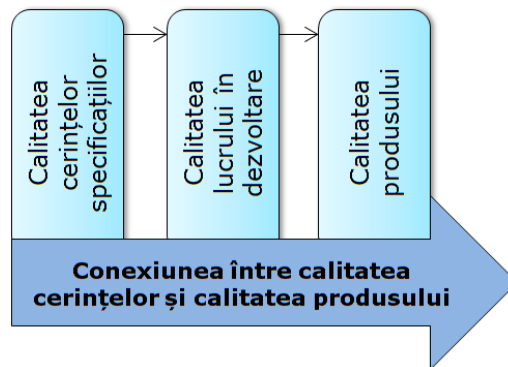


Fig. 3.3. Influența cerințelor clientului asupra produsului

În faza de planificare a cerințelor sunt parcurși următorii pași:

- colectarea cerințelor;
- documentarea specificațiilor;
- evaluarea cerințelor;
- documentarea deciziei asupra cerințelor.

În principiu, cerințele nu se referă doar la cele exprimate de client, în această fază fiind considerate trei tipuri de cerințe ale proiectului (Fig. 3.4): cerințe

de calitate, cerințe funcționale și constrângeri ale cerințelor. Acestea trebuie să fie identificate, analizate, prioritizate și apoi realizată o documentare de implementare a lor. În Fig. 3.5 sunt arătate sursele de unde pot proveni cerințele în proiect.

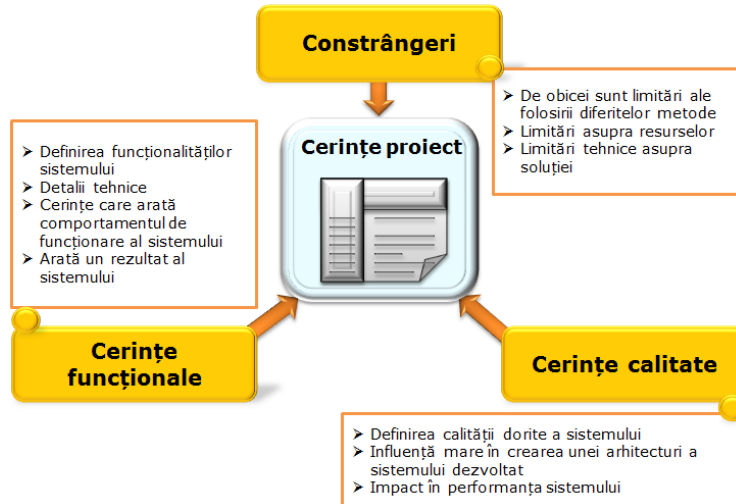


Fig. 3.4. Tipuri de cerințe în proiect

În cadrul proiectului, aceste cerințe sunt analizate de către fiecare responsabil de activitate. Problema apare în situația în care cerințele sunt de mai multe tipuri, având mai multe surse de proveniență și existând o conexiune care, în funcție de interpretarea ("traducerea") lor, influențează în final calitatea produsului.

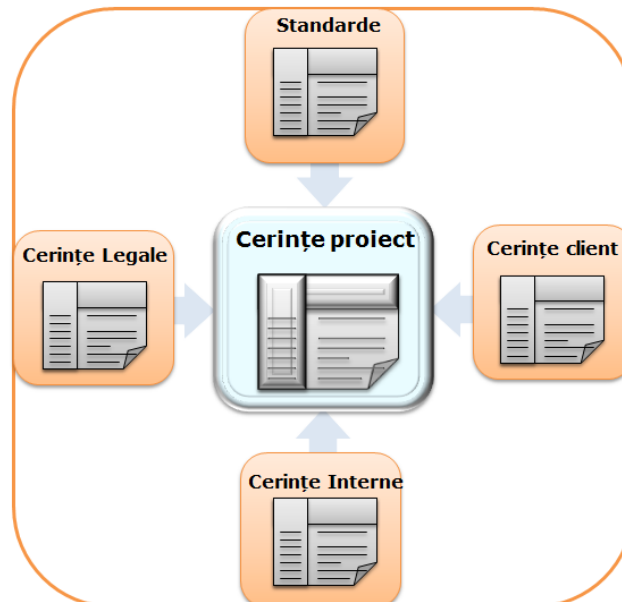


Fig. 3.5. Sursele cerințelor de proiect

3.2.3 Faza de dezvoltare a produsului

Faza de dezvoltare cuprinde activități ce au legătură directă cu realizarea proiectului (Leanblog, 2016), iar întrebarea la care se răspunde în această fază este CUM. După Omachonu & Ross, "cerințele tehnice din secțiunea matricei QFD arată CUM răspunde organizația la fiecare cerință de client" (Omachonu & Ross, 2004).

Specificațiile de produs "stau la baza nevoilor și dorințelor clientului, CUM le poate îndeplini cel care va produce sau va livra serviciile" (Rainey D. , 2008). Tot Rainey arată că metoda QFD poate fi folosită în timpul dezvoltării conceptului de produs, dar de obicei se folosește după ce acesta a fost dezvoltat (Rainey D. , 2008). Accentul în această fază, după Sullivan, este pus pe transferul parametrilor de design în caracteristici de produs (Sullivan & Manoogian, 2009). Faza de dezvoltare se concentrează pe CUM se realizează proiectul tehnic al produsului, folosind toate informațiile din faza de planificare, cerințele teoretice, dorințele și nevoile clientului fiind transpuse în cerințe de produs.

În această fază apar două caracteristici, și anume: specificațiile clientului și specificațiile de sistem (Fig. 3.6). Specificațiile clientului fac referire la rezultat, la finalitate, printr-o definiție teoretică și abstractă la CUM se dorește să fie produsul, ce funcționalități să conțină, performanțele sale, în final fiind arătată ce calitate va avea produsul respectiv. Specificațiile de sistem detaliază specificațiile clientului, aduc informații suplimentare, pentru a putea satisface cerințele clientului.



Fig. 3.6. Relaționarea între cerințele clientului și cerințele de sistem

În faza de dezvoltare a produsului sunt "traduse" intrările din faza de dezvoltare în cerințe tehnice pentru procesul de fabricație. După modelul QFD, în această fază sunt propuse soluțiile tehnice și este arătată corelația între nevoi și soluții orientate pe cerințele de client (Runhua, Guozhong, & Noel, 2009).

După Frede, în această fază sunt "determinați parametrii critici de produs sau de componentă, care trebuie controlați" (Frede, 2016). Tot el arată că "dezvoltarea produsului este mai mult decât o simplă dezvoltare și obținere a unui model oarecare, ci el exprimă, printre altele, cunoașterea despre cum poate fi făcut" (Frede, 2016).

Dezvoltarea produsului, după Drăghici, cuprinde următoarele etape: "studiul de fezabilitate, studiul conceptual, concepția produsului, concepția proceselor de fabricație" (Drăghici, 2013).

Rainey arată că dezvoltarea produsului "poate fi caracterizată ca și un proces al deciziilor interdependente, plecând de la oportunități, idei și concepte, pentru comercializare într-un mod sistematic" (Rainey D. , 2008).

O altă succesiune de faze a procesului de dezvoltare a produsului este dată de Priest și Sanchez, care propune o abordare tradițională, cuprinzătoare: "definirea cerințelor, designul conceptual, detalierea designului, testare și evaluare" (Priest & Sanchez, 2001).

Funcția primară și de bază de dezvoltare a produsului este de a acoperi nevoia clientului (Albers, Oerding, & Alink, 2010). În Fig. 3.7 sunt evidențiate obiectivele din faza de dezvoltare a produsului.

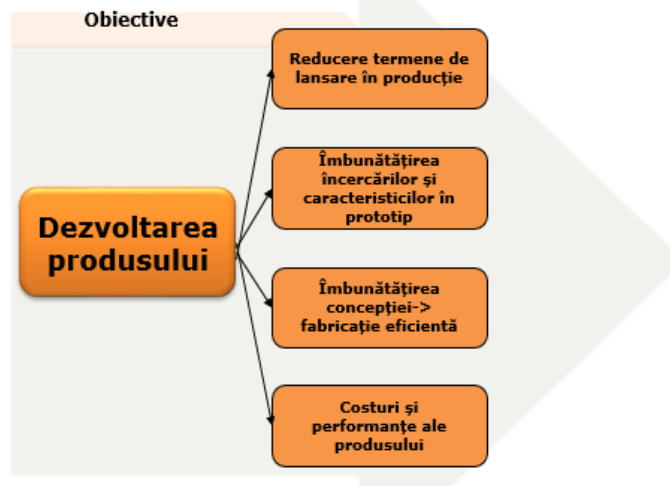


Fig. 3.7. Obiective și probleme în dezvoltarea produsului

Faza de dezvoltare a produsului este o parte a ciclului de viață al produsului. Activitățile sunt executate de către echipa de proiect, având la bază anumite mijloace de lucru, care sunt aplicate în scopul îmbunătățirii și eficientizării muncii de dezvoltare. Etapa de concepție a produsului cuprinde: "concepția preliminară, concepția constructivă și concepția detaliată" (Drăghici, 2013). În această etapă produsul este conceptualizat, proiectat, și sunt obținute prototipuri. Aceste prototipuri au ca scop:

- testarea de validare a designului (în conformitate cu cerințele legale, ale clientului și cele interne);
- testarea pentru validarea softului (în cazul în care softul este parte componentă a produsului);
- livrare la client pentru a fi efectuate testele de asamblare pe sistem;
- testarea pentru construirea echipamentelor de producție etc.

O abordare concentrată pe determinarea cerințelor funcționale ale produsului, este dată de Bower, care arată această nevoie de a împărți faza de dezvoltare în următoarele faze (Bower, 2003):

- Faza de definire – seamănă mai mult cu o listă de dorințe informală;
- Faza de design;
- Faza de planificare/arhitectura;
- Faza nivelului ridicat al designului;
- Faza de detaliere;
- Faza de implementare;
- Faza de acceptanță a testelor.

Aceste faze sunt propuse să fie folosite pentru controlul și monitorizarea progresului de dezvoltare a produsului (Bower, 2003).

O altă abordare este propusă de Ichida, care împarte dezvoltarea produsului în patru faze: concepție, definire, proiectare și fabricație (Ichida, 1996). Interacțiunea dintre aceste etape este arătată în Fig. 3.8.

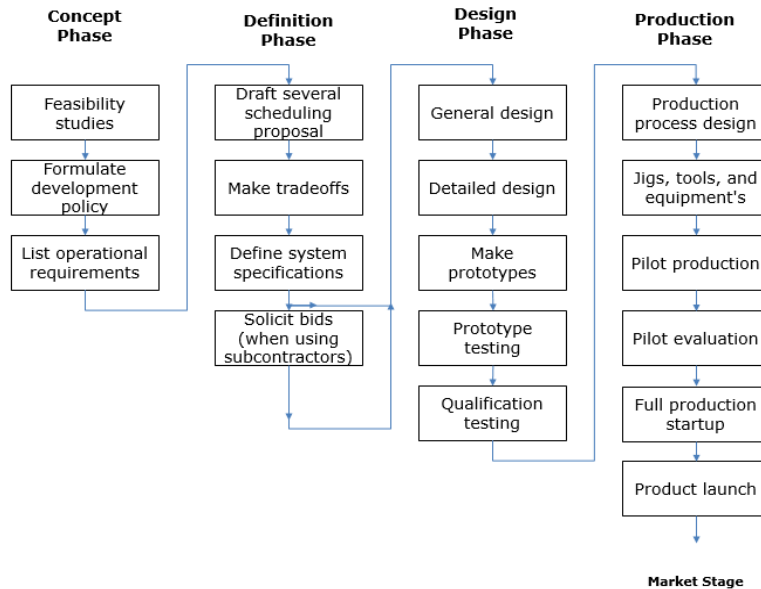


Fig. 3.8. Etape în dezvoltarea produsului (Ichida, 1996)

Activitățile din etapele de dezvoltare a produsului sunt utilizate ca și intrări în următoarea fază, cea de fabricație a produsului.

3.2.4 Faza de fabricație a produsului

În faza de fabricație sunt identificate și stabilite "procese cheie necesare pentru realizarea propriu-zisă a produsului: CUM se va produce fiecare componentă și produsul în întregul său, pornind de la proiectul detaliat (procese necesare, caracteristicile specifice fiecărui proces, echipamentele necesare etc.)" (Leanblog, 2016).

După Scallan, procesul de fabricație constă în "obținerea produsului din materii prime, folosind diverse procese, echipamente, operații și forță de muncă, după un plan detaliat, eficient și care generează surse de venit prin vânzarea produselor" (Scallan, 2003).

Procesul de fabricație are ca element de intrare proiectul de produs dezvoltat, iar ca și ieșire produsul fabricat, validat și care poate fi asamblat pe echipamente sau în cazul industriei automotive, direct pe automobil.

Procesul de producție este mai cuprinzător decât procesul de fabricație, cuprinzând activități desfășurate în trei mari etape (Halevi & Weill, 1995): inginerie (partea de dezvoltare), managementul producției și producția propriu-zisă (Fig. 3.9).

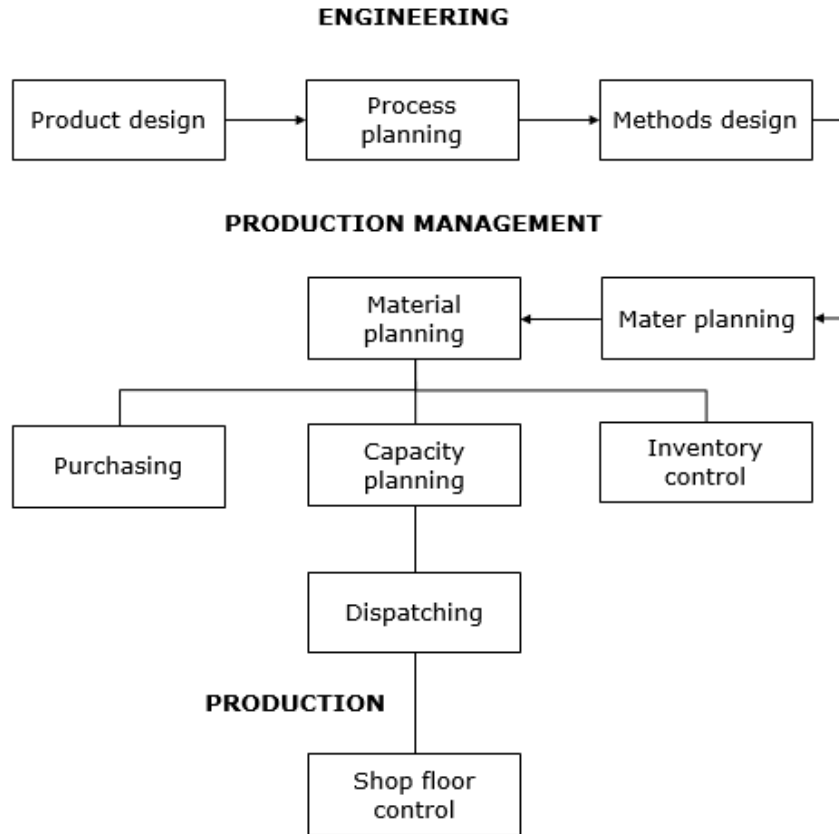


Fig. 3.9. Lanțul de activități al producției (Halevi & Weill, 1995)

După ce în faza de dezvoltare a produsului au fost luate în considerare caracteristici ce țin de îmbunătățirea produsului, dorindu-se obținerea unui produs cu performanțele cerute la un preț de fabricație cât mai mic și cu un nivel de calitate cât mai ridicat, în faza de fabricație acele caracteristici sunt controlate și asigurate de mijloacele implementate în proces.

Obiectivele în procesul de fabricație sunt de a menține productivitatea și calitatea la nivelul cerințelor planificate și cerute de client.

Un concept nou, de planificare adaptivă a procesului, este arătat de Denkena ș.a., scopul fiind de "creștere a flexibilității activităților din cadrul procesului de producție" (Denkena, Lorenzen, Kruger, & Schmidt, 2011).

În decursul procesului de fabricație, problemele care apar și trebuie rezolvate sunt legate de diferitele caracteristici ale produsului. În acest sens se fac simulări ale procesului. În Fig. 3.10 se prezintă o planificare detaliată, bazată pe simularea proceselor (Denkena, Lorenzen, Kruger, & Schmidt, 2011).

După cum este specificat, "procesele sunt însumate într-un proces linear, iar informațiile relevante despre procese sunt documentate într-o ontologie dinamică (3.1). Pentru construirea unei caracteristici, alocarea echipamentelor la operații se face printr-o planificare detaliată, într-un format de date standardizat. Stocarea parametrilor pentru operațiile de proces sunt stocate într-o bază de date (3.2). Pentru generarea alternativelor la proces este dezvoltat un ciclu virtual de creștere

(3.3). Operațiile alternative sunt evaluate și prioritizate pentru generarea planurilor de proces (3.4). Deciziile precise și dinamice evită defectările sistematice din proces, prin schimbarea operației la un echipament alternativ” (Denkena, Lorenzen, Kruger, & Schmidt, 2011).

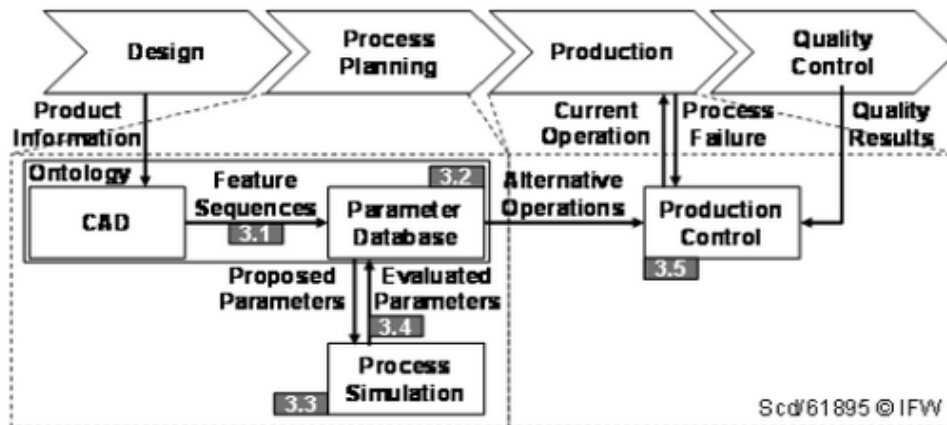


Fig. 3.10. Planificarea detaliată bazată pe simularea proceselor (Denkena, Lorenzen, Kruger, & Schmidt, 2011)

Indiferent de tipul de fabricație (de unicat, pe loturi sau în serie), în (Kesavan, Elanchezian, & Ramnath, 2004) se propun următoarele etape ale procesului de fabricație:

- analiza cerințelor și intrărilor din faza de dezvoltare a produsului;
- concepția liniei de fabricație;
- construirea mijloacelor de fabricație și a logisticii;
- calificarea procesului de fabricație;
- asigurarea și controlul calității;
- pregătirea fabricației în condiții de serie.

La nivel de proces de fabricație sunt identificate o serie de activități ce trebuie urmărite în ciclul de viață al proiectului. În acest scop este propus modelul prezentat în Fig. 3.11.

3.2.5 Faza de planificare, asigurare și control a calității

Este faza în care se stabilește “modul în care se transferă în producție procesele anterior proiectate: CUM trebuie operaționalizat și controlat fiecare proces cheie pentru a se asigura obținerea rezultatelor dorite, pornind de la cerințele clientului (standarde și instrucțiuni specifice de lucru)” (Leanblog, 2016).

În această fază sunt determinate activitățile care arată CUM va obține produsul calitatea cerută de client, precum și mijloacele necesare de rezolvare a problemelor care apar în timpul proceselor. Termenul “dimensiunea calității” este sinonim cu cerințele clientului (Madu, 2006).

Juran & Godfrey definesc calitatea legată de produs ca fiind “acele caracteristici ale produsului care îndeplinesc cerințele clientului și prin care aceasta aduce satisfacția clientului” (Juran & Godfrey, 1998).

După Nicholas și Steyn, "calitatea implică îndeplinirea cerințelor sau a specificațiilor, dar înseamnă mai mult decât atât" (Nicholas & Steyn, 2012). Ca și percepție, termenul de calitate este privit ca fiind o caracteristică bună a produsului sau serviciului (Jekosch, 2005).

O definiție simplă a calității poate fi: îndeplinirea cerințelor clientului în dezvoltarea unui produs sau serviciu.

Plecând de la politica de calitate, managementul proiectului trebuie să determine „care standarde sunt potrivite pentru proiect și cum vor fi îndeplinite acele standarde” (Wysocki, 2004).

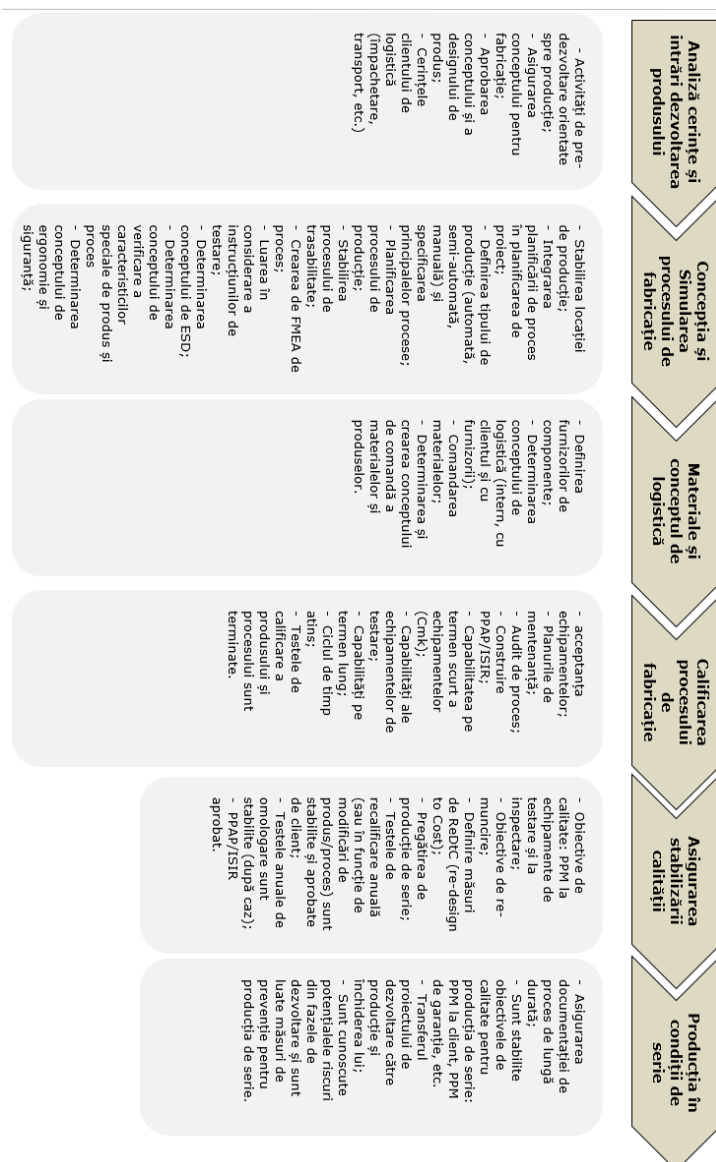


Fig. 3.11. Etape din ciclul de viață al proiectului și activitățile aferente

În managementul de proiect, cele trei etape ale calității prin care trece produsul sunt: planificarea, asigurarea și controlul calității (Fig. 3.12).

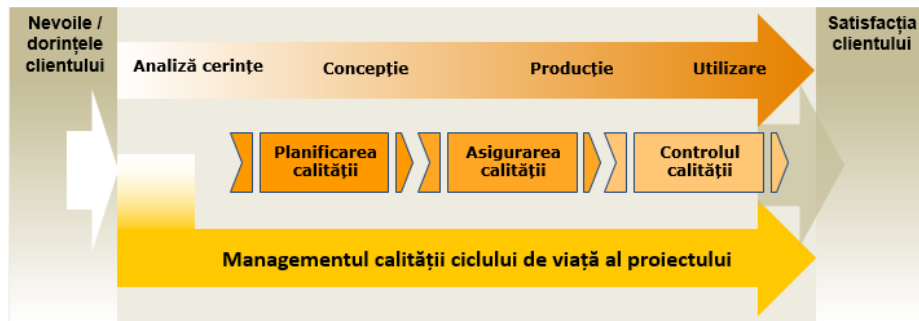


Fig. 3.12. Etapele managementului calității proiectului

Planificarea calității privește crearea mijloacelor necesare pentru atingerea obiectivelor de calitate. Cu alte cuvinte, sunt identificate și apoi implementate toate cerințele clientului, cerințele legale, cele interne, pentru dezvoltarea și fabricarea produsului.

În acest scop este definit un plan al calității, care se întocmește la începutul proiectului. PMI definește managementul planului calității ca fiind "procesul de identificare a cerințelor de calitate și/sau a standardelor pentru proiect și a livrabililor sale, precum și documentarea privind cum va demonstra proiectul conformitatea cu cerințele de calitate" (PMI, 2013).

În Fig. 3.13 se arată că planul de calitate al proiectului se obține folosind logicile de acțiune ale lui Asimov (Tiuc D. & Drăghici G., 2015), fiind considerat un document strategic în planificarea calității proiectului (Daniel & George, 2015).

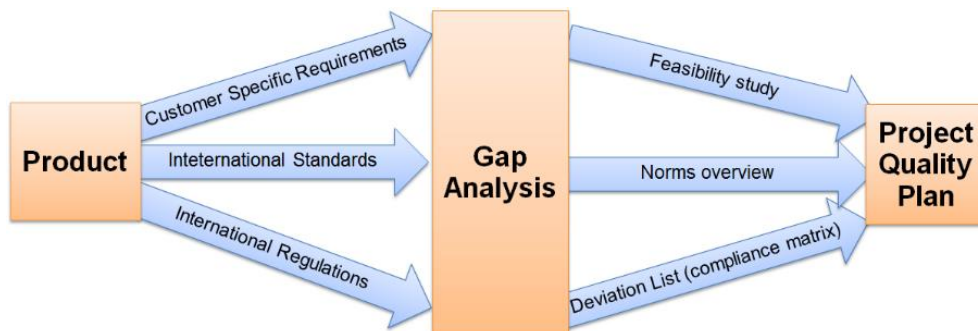


Fig. 3.13. Planul de calitate al proiectului (Tiuc & Drăghici, 2015)

Planificarea calității pune accent pe două caracteristici importante: resurse și obiective. Astfel, sunt stabilite obiectivele de calitate, dar totodată sunt arătate și care sunt resursele sau care este "calea" pentru a fi atinse acele obiective de calitate.

Asigurarea calității confirmă că toate cerințele identificate și acceptate au fost implementate în procesul de dezvoltare. Juran & Godfrey arată că asigurarea calității înseamnă o "demonstrare că cerințele de calitate au fost (pot fi) atinse" (Juran & Godfrey, 1998).

După Nicholas și Steyn, "asigurarea calității proiectului se referă la executarea planului de management al calității proiectului și poate reduce riscurile referitoare la neîndeplinirea caracteristicilor dorite sau cerințele de performanță a livrabilelor" (Nicholas & Steyn, 2012).

PMI definește asigurarea calității ca fiind "procesul de auditare a cerințelor de calitate și a rezultatelor, a măsurilor de control a calității, pentru asigurarea că sunt folosite cele mai potrivite standarde și definiții operaționale" (PMI, 2013). Asigurarea calității, prin mijloacele de calitate folosite, asigură că vor fi îndeplinite cerințele clientului. Astfel, se conferă încredere clientului asupra îndeplinirii cerințelor și asupra utilizării produsului. Prin asigurarea calității se verifică faptul că toate resursele identificate în planificare sunt implementate în mod eficient și eficace.

După Basu, asigurarea calității "acoperă trainingul și acțiunile planificate necesare minimizării defectelor și furnizează încrederea că produsul, procesul sau serviciul va satisface cerințele de calitate impuse" (Basu, 2013).

Cea mai utilizată metodă de a se asigura în cadrul proiectului că toate cerințele au fost și vor fi implementate este auditul sau revizuirea anumitor activități (Review concept).

Controlul calității înseamnă "verificarea produsului pentru a determina dacă este conform cu cerințele" (Stasiowski & Burstein, 1994). PMI arată că acesta "este un proces de monitorizare și înregistrare a rezultatelor, a executării activităților de calitate pentru evaluarea performanței, recomandând modificările necesare" (PMI, 2013).

Controlul calității are cea mai mare vizibilitate în faza de producție, atunci când produsele sunt verificate sau controlate dacă îndeplinesc cerințele și dacă ating performanțele pentru care au fost dezvoltate și realizate. În această etapă de control sunt identificate punctele slabe ale produsului și sunt propuse măsuri de îmbunătățire.

În faza de control a calității procesului și a produsului sunt luate în considerare și etapele de planificare și asigurare, altfel riscul ar fi ca produsul să ajungă în fabricația de serie cu probleme de calitate a căror rezolvare ar fi extrem de costisitoare.

O abordare globală la nivelul ciclului de viață al proiectului permite o implementare sistematică a funcțiilor calității, folosind cele mai potrivite mijloace de rezolvare a problemelor ce apar pe parcursul avansării proiectului. În acest sens, TRIZ poate fi folosită pentru îmbunătățirea sau rezolvarea problemelor, indicând soluții tehnice posibile.

QFD se poate aplica pe toată durata proiectului, impactul major fiind adus în etapa de concepție (produs și proces). Avantajele și dezavantajele sunt prezentate în Tab. 3.1.

Tab. 3.1. Avantajele și dezavantajele metodologiei QFD

Avantaje	Dezavantaje
Arată legătura între cerințe și factorii de design ai produsului (Yim, 2007).	Depinde de experiența și tehnica echipei de proiect.
Îmbunătățește comunicarea între client și tehnicieni prin traducerea "CE" în "CUM" (Yim, 2007).	Consumă foarte mult timp și cost pentru implementare (Yim, 2007) (Conger, 2011) (Samah, 2012).
Pot fi analizate mai multe caracteristici ale diferitelor domenii (financiar, calitate, furnizori etc.) într-un singur loc (Conger, 2011)	Cere practică și expertiză pentru aplicarea corectă (Conger, 2011).
Poate fi considerată și ca o metodologie suport în luarea deciziilor în dezvoltare, producție etc.	Informațiile rezultate pot fi complexe în interpretarea lor (Conger, 2011).

Dacă este aplicată conform recomandărilor, cu siguranță aduce valoare adăugată calității produsului și implicit satisfacție clientului.	Interpretările pot fi subiective și pot influența rezultatul (Conger, 2011).
Poate fi folosită în foarte multe domenii: dezvoltare produs/proces, marketing, calitate, servicii etc.	Este dificil să fie îndeplinite toate segmentele clientului (Samah, 2012).
Fiind prezentate foarte multe informații pe un singur grafic, această vizualizare poate ușura interpretarea datelor (Samah, 2012).	Diferențiere dificilă între cerințe de modificare diverse și contradictorii (Samah, 2012).

Pasul următor constă în a folosi această metodă integrată cu TRIZ, în scopul creșterii calității proiectului, prin reducerea timpului de analiză a cerințelor de calitate, eficientizarea modului de analiză, oferirea soluțiilor la probleme tehnice ce apar în etapa de analiză și abordarea sistematică a identificării cerințelor de calitate și a efectului acceptării.

3.3 Adaptarea metodei TRIZ la ciclul de viață al proiectului

3.3.1 Metoda TRIZ

TRIZ este un acronim din limba rusă pentru "Теория Решения Изобретательских Задач/Теория Решения Изобретательских Задач", care se referă la teoria de rezolvare a problemelor inventive (Theory of Inventive Problem Solving – TIPS). TRIZ este o metodă care rezolvă problemele prin generarea soluțiilor (Altshuller, 1999). TRIZ se poate aplica în următoarele situații:

- cercetarea și dezvoltarea de noi produse și sisteme;
- rezolvarea problemelor;
- identificarea problemelor și îmbunătățirea lor.

Marele avantaj al TRIZ este că oferă soluții posibile la probleme enunțate corect. Majoritatea metodelor de rezolvare a problemelor identifică cauzele, dar nu întotdeauna oferă și soluții concrete (Ilevbar, Phaal, Probert, & Padilla, 2011).

Pentru rezolvarea problemelor în ciclul de viață al proiectului, folosind TRIZ, se propune modelul din Fig. 3.14, care cuprinde următorii pași:

- definirea problemei reale – se definește care este problema sau ce se dorește să fie rezolvat;
- prin abstractizare se ajunge la o problemă generală;
- aplicând mijloacele de rezolvare TRIZ sunt găsite soluțiile generale;
- particularizând soluțiile la problema specifică rezultă soluțiile specifice.

TRIZ oferă mai multe instrumente care pot fi folosite în cazuri specifice de rezolvare a problemelor, cele mai frecvente fiind:

- cele 40 de principii inventive;
- cele 11 principii de separare;
- cele 76 de soluții standard;
- analiza funcție;
- analiza substanță-câmp.

În continuare sunt prezentate aceste instrumente care rezolvă probleme, a aduc îmbunătățiri produselor, proceselor sau chiar a unor servicii.

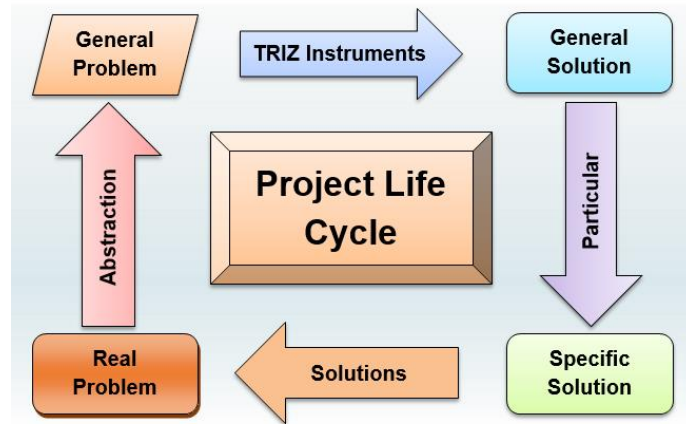


Fig. 3.14. Modelul de rezolvare al problemelor în ciclul de viață al proiectului, folosind TRIZ

3.3.2 Rezolvarea contradicțiilor

Altshuller a ajuns la concluzia că „o invenție este rezultatul rezolvării unei contradicții” (Altshuller, 1999). Calea principală de rezolvare a problemei este: identificarea problemei, formularea problemei, ridicarea contradicțiilor. Cele două tipuri de contradicții care generează probleme sunt:

- contradicții tehnice - îmbunătățirea unei caracteristici utile duce la degradarea unei alte caracteristici, ea însăși utilă (și reciproc);
- contradicții fizice - o caracteristică a unui element trebuie să prezinte două modalități contradictorii în același timp;

Pentru **rezolvarea contradicțiilor tehnice** este folosită o matrice, în care sunt analizați cei 39 parametri care generează conflicte, pentru rezolvarea cărora sunt propuse 40 de principii de inovare. Coloanele matricei corespund parametrilor de îmbunătățit, iar liniile corespund parametrilor care se degradează. La intersecția dintre o linie și o coloană, matricea indică 1...4 principii generale care corespund direcțiilor de cercetare a ideilor de aplicat la problema dată.

În Tab. 3.2 sunt prezentați cei 39 parametri care generează conflicte, în Tab. 3.3 sunt arătate cele 40 de principii inventive, iar în Fig. 3.15 este redată matricea de rezolvare a contradicțiilor tehnice (Altshuller, 1999).

Tab. 3.2. Cei 39 parametri care generează conflicte

Cei 39 parametri	
1. Greutatea unui obiect în mișcare	21. Puterea
2. Greutatea unui obiect staționar	22. Pierderea de energie
3. Lungimea unui obiect aflat în mișcare	23. Pierdere de substanță
4. Lungimea unui obiect staționar	24. Pierdere de informație
5. Aria unui obiect în mișcare	25. Pierdere timp
6. Aria unui obiect staționar	26. Cantitatea de substanță
7. Volumul unui obiect în mișcare	27. Fiabilitatea
8. Volumul unui obiect staționar	28. Precizia măsurării
9. Viteza	29. Precizia fabricației

10. Forța	30. Factori dăunători asupra unui obiect extern
11. Tensiunea/Presiunea	31. Factori dăunători asupra sistemului
12. Forma	32. Fabricația
13. Stabilitatea	33. Ușurință în folosire
14. Rezistența	34. Reparabilitate
15. Timpul de acțiune a obiectului în mișcare	35. Adaptabilitatea
16. Timpul de acțiune al obiectului staționar	36. Complexitatea sistemului
17. Temperatura	37. Complexitatea controlării sistemului
18. Strălucirea	38. Gradul de automatizare
19. Energia consumată de obiectul în mișcare	39. Productivitatea
20. Energia consumată de obiectul staționar	

Tab. 3.3. Cele 40 de principii inventive

Cele 40 de principii inventive

1. Segmentarea	21. Străpungere
2. Extracția	22. Conversie dăunător în util
3. Calitatea locală	23. Reacție
4. Asimetria	24. Mediere
5. Consolidarea	25. Auto-întreținere
6. Universalitatea	26. Copiere
7. Piesă –în-piesă (Combinarea / Matrioshka)	27. Dispunere/Longevitate în utilizare
8. Contragreutate	28. Înlocuirea sistemelor mecanice
9. Contra-acțiuni în avans	29. Sisteme pneumatice/hidraulice sau construcție fluidă
10. Acțiuni în avans	30. Membrane flexibil / straturi subțiri
11. Compensare / diminuare din timp a efectului acțiunii	31. Materiale poroase
12. Echipotențialitate	32. Schimbarea culorii
13. Inversare / reversie	33. Omogenitate
14. Sferoidalitate	34. Respingere/descărcare și recuperare
15. Dinamicitate	35. Schimbarea proprietăților
16. Acțiune parțială sau în exces	36. Tranziția fazei
17. Tranziție într-o dimensiune nouă	37. Expansiunea termică
18. Vibrație mecanică	38. Oxidanți puternici
19. Acțiune periodică	39. Mediu inert
20. Continuitatea acțiunii utile	40. Materiale compozite

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 Weight of moving object	x		15, 8, 29, 34											
2 Weight of stationary object		x		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27
3 Length of moving object	8, 15, 29, 34		x		15, 17, 4		7, 17, 4, 35			13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34
4 Length of stationary object		35, 28, 40, 29		x		17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26
5 Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		x		7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14
6 Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		x				1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37		2, 38	40
7 Volume of moving object	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17		x		29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7
8 Volume of stationary object		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14				x		2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15
9 Speed	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34		x	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14
10 Force (Intensity)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	x	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27
11 Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 36, 37	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21	x	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40
12 Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	x	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40
13 Stability of the object's composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	x	17, 9, 15
14 Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 10, 18, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	x

Fig. 3.15. Matricea de rezolvare a contradicțiilor tehnice (Altshuller G. , 1999)

Unul din obiectivele TRIZ este de a crește rezultatul final ideal (RFI), care se calculează cu relația din Fig. 3.16.

$$\text{Rezultatul Final Ideal} = \frac{\sum \text{Beneficii}}{(\sum \text{Costuri} + \sum \text{Efecte negative})}$$

Fig. 3.16. Rezultatul final ideal

Rezultatul final ideal arată "cât de aproape este sistemul de a avea cele mai bune soluții, în condițiile date" (Ilevbar, Phaal, Probert, & Padilla, 2011). Idealitatea este unul din conceptele de bază ale TRIZ.

Pentru **rezolvarea contradicțiilor fizice** sunt folosite cele 11 principii de separare. După Kim, contradicțiile fizice sunt cerințe fizice contradictorii sau opuse și pe care un obiect trebuie să le îndeplinească, adică să aibă două valori diferite în același timp (Kim, 2016). O problemă este definită în general de contradicția a doi parametri. Atunci când se îmbunătățește un parametru se va înrăutăți un altul, iar TRIZ oferă soluții sau posibile soluții care, aplicate într-un mod creativ, duc la eliminarea contradicțiilor și, în final, la rezolvarea problemei.

3.3.3 Analiza funcției și analiza substanță-câmp

Analiza funcției (FA – Function Analysis) se concentrează pe înțelegerea și cunoașterea interacțiunilor și comportamentului componentelor unui sistem. După Haines-Gadd, analiza funcției este "o formă simplă a analizei substanță-câmp,

ambele identificând problemele la soluțiile standard TRIZ. Analiza funcției constituie procesul de înțelegere a sistemului, prin concentrarea asupra funcțiilor sale” (Haines-Gadd, 2016). Analiza funcției se concentrează pe găsirea problemelor prin descompunerea sistemului în componente, fiecare componentă fiind descompusă în funcții.

În Fig. 3.17 Heines-Gadd propune îmbunătățirea rezultatului final ideal folosind analiza funcției.

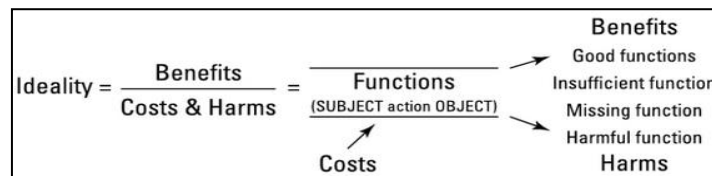


Fig. 3.17. Îmbunătățirea rezultatului final ideal cu analiza funcției (Haines-Gadd, 2016)

Analiza funcției se aplică la produse existente (deja dezvoltate), în ceea ce privește componentele și funcțiile acestora, funcția fiind privită ca un efect al interacțiunii fizice între două componente ale sistemului. Această metodă se folosește în general la formularea problemei (Abdulwahed, Hasna, & Froyd, 2015).

Analiza substanță-câmp (Su-field Analysis) este un instrument TRIZ care se concentrează, la fel ca și analiza funcției, pe formularea problemei. Spre deosebire de analiza funcției, care se concentrează pe rezolvarea problemei cu cele 40 de principii inventive, analiza substanță-câmp, schematizată în Fig. 3.18, se axează pe rezolvarea problemelor cu cele 76 de soluții standard.

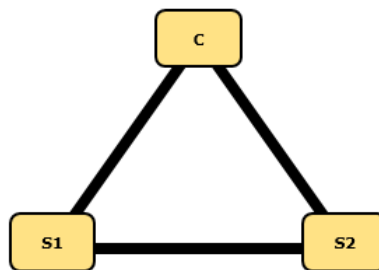


Fig. 3.18. Triunghiul substanță-câmp


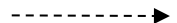

Pentru un sistem, există patru tipuri de bază ale analizei substanță-câmp (Gadd, 2011), (Terninko, Zusman, & Zlotin, 1998):

- a) Sistem eficient complet;
- b) Sistem incomplet;
- c) Sistem care nu este suficient complet și este ineficient;
- d) Sistem complet dăunător.






Substanța este reprezentată de "orice obiect sau instrument în sistemul produsului, iar câmpul se referă la energia cerută de interacțiunea între cele două substanțe" (Chen & Huang, 2011).

În ceea ce privește relațiile între elemente (substanță-câmp), după Chen și Huang există trei situații (Tab. 3.4), iar după Terniko, Zusman & Zlotin sunt cinci tipuri de relații (Tab. 3.5).

Tab. 3.4. Relația între elemente, după (Chen & Huang, 2011)

Nr.	Descrierea	Simbol
1	Acțiune dorită	
2	Acțiune folositoare inadecvată	
3	Acțiune dăunătoare	

Tab. 3.5. Relația între elemente, după (Terninko, Zusman, & Zlotin, 1998)

Nr.	Descrierea	Simbol
1	Aplicația	
2	Efect dorit	
3	Efect dorit insuficient	
4	Efect dăunător	
5	Model de transformare	

Gadd descrie și definește următoarele noțiuni pentru substanță-câmp (Gadd, 2011):

- Substanța este orice obiect, neținând cont de complexitatea sa - S1, S2, S3 etc.
- Substanța poate fi un sistem, subsistem, instrument etc.;
- Substanța S1 poate fi modificată, procesată, convertită, descoperită, inspectată etc.;
- Substanța S2 asigură acțiunea cerută;
- Câmpul (F - field) furnizează energia, forța care garantează reacția S2 la S1;
- Substanțele sau câmpul nu pot produce, ele însăși, nici un efect; substanța S1 (agent) are nevoie de substanța S2 (instrument) și de câmpul F (energie).

Tot Gadd arată care sunt pașii de analiză substanță-câmp pentru a defini o problemă și pentru a găsi soluții la problemă (Gadd, 2011):

- se definește generic problema la nivel de sistem;
- se intră în detalii pentru a putea identifica componentele din zona problemei;
- se determină și se desenează modelul problemei (triunghiul substanță-câmp);
- se definește tipul de problemă;
- se alege soluția standard din clasa propusă;
- se aplică particular soluția standard la problemă, prin transformarea conceptului în soluție specifică problemei.

La aplicarea analizei substanță-câmp s-a observat că este foarte importantă alegerea substanțelor și a câmpului. Există mai multe surse de energie care pot fi atribuite câmpului: mecanică, termică, electrică, chimică, nucleară, magnetică, electromagnetică, gravitațională etc. (Terninko, Zusman, & Zlotin, 1998), (Altshuller & Altov, 2004).

3.3.4 Soluții standard de rezolvare

Cele 76 de soluții standard sunt o urmare a rezolvării problemei definite de analiza substanță-câmp. Cele 76 de soluții standard identificate de către Altshuller sunt folosite la rezolvarea sau îmbunătățirea problemelor detectate (El-Hak, 2005). Soluțiile standard sunt împărțite în cinci clase, prezentate în Tab. 3.6.

Cele 76 de soluții standard sunt aplicate la problemele identificate prin analiza substanță-câmp. Pentru obținerea soluției sunt efectuați următorii pași:

- se alege clasa de soluții standard la care se referă problema;
- se identifică ceea ce se va rezolva (CE?);
- se recenzează cazurile de rezolvare (DE CE?);
- se analizează și se identifică modul de rezolvare (CUM?);
- odată identificate elemente de compunere a sistemului, se construiește modelul de rezolvare a problemei.

Tab. 3.6. Clasele de soluții standard, după (Silverstein, DeCarlo, & Slocum, 2008), (Yang, Tan, & Tian, 2006).

Cele 76 de soluții standard	
1. Îmbunătățirea sistemului cu/fără modificări - mici modificări	13
2. Îmbunătățirea sistemului prin schimbarea lui	23
3. Tranziția sistemului	6
4. Detecție și măsurare	17
5. Strategie pentru simplificare și îmbunătățire	17

După Gadd, cele 76 de soluții standard sunt o listă de elemente conceptuale care arată cum sunt administrate și tratate efectele dăunătoare și insuficiențele apărute în diverse sisteme (Gadd, 2011). În urma aplicării acestei metode sunt modificate substanțele și/sau câmpul (sursa energiei), care duc la creșterea calității sistemului (Rotini, Borgianni, & Cascini, 2012).

3.4 Integrarea QFD-TRIZ în ciclul de viață al proiectului

În faza de RfQ (Request for Quotation) clientul se așteaptă la o evaluare rapidă și precisă a îndeplinirii cerințelor sale. Pentru a atinge obiectivul de eficientizare și îmbunătățire a analizei cerințelor de calitate în cadrul proiectului se propune integrarea QFD și TRIZ. Modelul de analiză a cerințelor de calitate bazat pe integrarea QFD-TRIZ este prezentat în Fig. 3.19. Scopul urmărit este de a propune un format de analiză bazat pe QFD-TRIZ.

După cum s-a constatat, aplicarea metodei QFD în analiza cerințelor necesită un consum semnificativ de resurse (timp, buget, oameni) și totodată depinde foarte mult de experiența echipei de proiect. În ceea ce privește TRIZ, metoda se folosește de obicei în rezolvarea problemelor, oferă posibile soluții și are instrumentele necesare pentru a defini problemele.

În analiza cerințelor sunt folosite de obicei ca mijloace specifice:

- arborele specificațiilor (Norm tree);
- matricea de compatibilitate (Compliance matrix);
- analiza de diferențe (Gap analysis).

Mijloacele de analiză a cerințelor oferă următoarele informații:

- enumerarea și clasificarea pe diverse categorii a cerințelor;
- arată diferența între ceea ce se cere și ceea ce se poate oferi;
- sunt definiți responsabili pentru analiza fiecărei cerințe;
- arată situația curentă și situația viitoare (cea dorită).

În noul format de analiză a cerințelor bazat pe QFD-TRIZ, în care se arată situația curentă și situația viitoare (cea dorită), sunt necesare următoarele:

- clasificarea pe elemente cheie a cerințelor;
- identificarea potențialelor probleme din faza de analiză a cerințelor;
- identificarea parametrilor de contradicție și propunerea de posibile soluții.

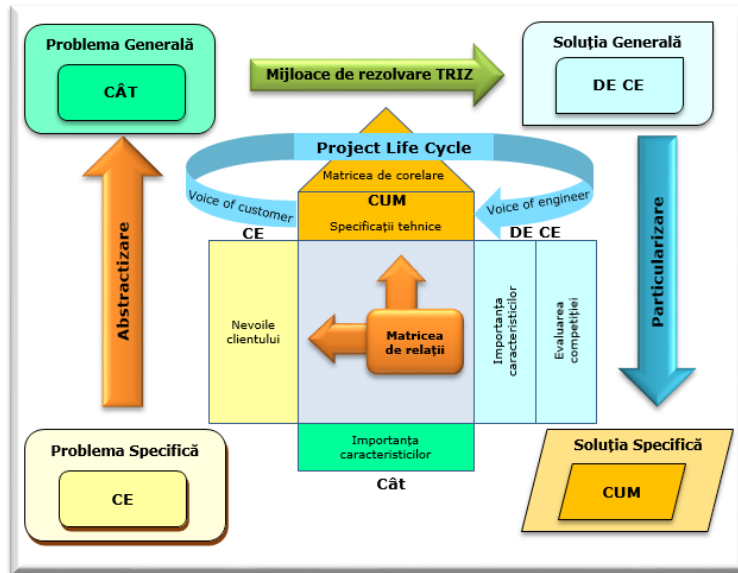


Fig. 3.19. Modelul de analiză a cerințelor specifice de calitate bazat pe integrarea QFD-TRIZ

În contextul actual al proiectelor din industria automotive cerințele și specificațiile sunt refolosite de la proiecte similare anterioare și doar adaptate la nevoie de actualitate cerute de clienți. Scopul refolosirii cerințelor este de a reduce timpul de analiză. În acest context, soluția propusă, bazată pe combinarea QFD-TRIZ este eficientă.

În modelul prezentat în Fig. 3.20, Casa Calității din QFD conține elemente combinate cu Analiza Funcției din TRIZ, care permite înțelegerea alegerilor și a constrângerilor în rezolvarea problemelor (Gadd, TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving, 2011), prin descompunerea sistemului în componente și apoi în funcții.

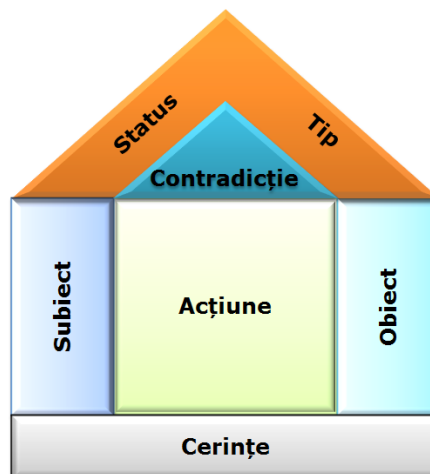


Fig. 3.20. Modelul de analiză a cerințelor bazat pe casa calității

Modelul conține:

- Cerințele – sunt cerințele de bază refolosite, care pot intra în analiza S-A-O (Subiect-Acțiune-Obiect);
- Subiectul – în locul "nevoilor clientului" sistemul este descompus în componente; acestea pot fi componente (cerințe) noi sau existente;
- Acțiunea – la fiecare subiect corespunde o acțiune; se răspunde la întrebarea "ce trebuie să asigure subiectul sau care este acțiunea ce o produce subiectul?";
- Obiectul – este componenta care primește acțiunea și răspunde la întrebarea "asupra cui acționează subiectul?"; în obiect este arătat unde apare efectul;
- Contradicția – pentru rezolvarea contradicțiilor se folosește matricea de contradicții din TRIZ, pentru obținerea posibilelor soluții;
- Status – pentru fiecare cerință este determinat un status: acceptat, respins sau în analiză.

Validarea modelului propus s-a făcut prin simularea pe un produs aflat în faza de dezvoltare. Pentru analiza cerințelor s-a folosit un nou format, în care se găsesc elemente de QFD și TRIZ. Pentru o înțelegere mai bună a aplicabilității modelului propus este descris produsul pe care s-a făcut simularea.

Produsul A (RADAR 24 GHz), funcționează pe principiul Doppler de emisie și recepție a undelor care detectează diverse obiecte staționare sau aflate în mișcare, fiind folosit pentru aplicațiile din spatele autovehiculului. Modelul produsului aflat în dezvoltare este prezentat în Fig. 3.21.

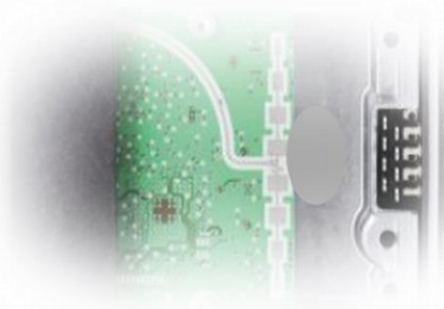


Fig. 3.21. Modelul produsului A (Hella, 2016)

Aplicațiile de bază ale produsului sunt (Hella, 2016):

- Monitorizarea punctului mort (BSD – Blind Spot Detection): monitorizează unghiul mort la autovehicul și avertizează șoferul printr-un semnal luminos în oglinda retrovizoare atunci când șoferul semnalizează în scopul schimbării bandei de mers;
- Schimbarea bandei de mers (LCA – Lane Change Assistant): atunci când se dorește modificarea bandei de circulație produsul monitorizează pe o distanță de aproximativ 70 m dacă șoferul poate face manevra în siguranță; este asigurată o siguranță mai mare în schimbarea bandei în mod special atunci când se circulă pe autostrada;
- Avertizarea la ieșirea din parcare cu spatele (RCTA – Rear Cross Traffic Alert): monitorizează ieșirea în siguranță din parcare cu spatele autovehiculului și se

3.4 – Integrarea QFD-TRIZ în ciclul de viață al proiectului 65

activează automat atunci când schimbătorul se află în poziția de mers cu spatele.

În faza de analiză a cerințelor din RfQ pentru produsele aflate în dezvoltare sunt folosite diverse formate (nestandardizate), prezentate în: Fig. 3.22 - analiza de specificații (Norm tree), Fig. 3.23 - analiza diferențelor (Gap analysis), Fig. 3.24 - analiza de specificații (Specification analysis) și Fig. 3.25 - matricea de compatibilitate (Compliance matrix).

List of Customer Specifications Applicable to Product A												
Document provided?	Issue applies to internal database?	Version	No.	Status	Internal Status	Referenced Document	Document No.	Date and Version	Title	Description	Level	Effectivity
Yes	NS + DocM	Most recent version (6.3.2)		1 active	for information	Product A	LHV 91001	2015-09 V.6.3.2	General requirements of the component customer specification for EE, SW and mechanical scopes	General contents		1 OEM
Yes	NS + DocM	Revision level V1.5		2 active	Project Spec	Product A	ASAP 2- INTERFACE SPECIFICATION	2003-03-11	ASAP 2- Interface Specification	Specification of the ASAP2 interface (see http://www.asap.net/03_standards_06.php)		1 OEM
Yes	NS + DocM	Revision level V3		3 inactive	for information	Product A	A000001239	2010-09-19 V.4.0	Implementation regulation of E/E components	Requirements regarding processing capability and execution process		OEM
Yes	NS + DocM	Revision level V2.2		4 active	being examined	Product A	A000009599	2011-07-20	EVC - Specification	Specification Extended Vehicle Configuration		OEM
Yes	NS + DocM	Revision level V2.2		5 active	Project Specific Assessment	Product A	A760014399	2007-07	Ensuring the robustness of vehicle functions by electro/electronic tolerance calculation	Implementing regulation of E/E tolerance calculation		1 OEM

Fig. 3.22. Analiza de specificații (Norm tree)

Customer	OEM	Basis:	Product B
Projectname:	Product B	Specification	
Project no.	TBD		6/25/2015
Part no.	123.456		
1. Analyserunde			
Chapter	Headline	Status	Comment
1	OEM general requirements	Discussion	WI-123-345 (Internal status: for information. The document is from 2009-Feb-11. Is there a newer version? ERSD23er4 - Drawing numbering system (it is not known internal) ETR123498 - OEM Line-up Code explanation (not known at internal) ESS435634 - Internal status: for information. ETS454354 - Tolerances not indicated on drawing (not known) WI-9885-1455 - Creating an Application D-FMEA and defining Special Characteristics Q-T-57-000 - General Quality Requirements for supplied parts (not known) WI-3215-656 - Fault tree analysis (FTA) (not known)
2	Electric technical requirements	OK	Headline only
2.1	Function of the electrical a Produsul B	Discussion	Minimum torque after lifetime @ xxxV & xxx°C after lifetime is xxxNcm peak torque and xxx Ncm continuous torque min torque after lifetime is xxx Ncm (@xxx V; xxx°/ms; Tmax)
2.2	Mechanical connection to componenta B	OK	Drawing has to be sent

Fig. 3.23. Analiza diferențelor (Gap analysis)

Specification	Design to date	Internal status	Responsibility	Support	Status	Review cycle	Validation status	Development status	Change status	Change owner	Date of change
ERSD23er4 - Drawing numbering system	2009-Feb-11	n/a	Responsibility	n/a	Discussion						
ETR123498 - OEM Line-up Code explanation	2009-Feb-11	n/a	Responsibility	n/a	Discussion						
ESS435634 - Internal status: for information	2009-Feb-11	n/a	Responsibility	n/a	Discussion						
ETS454354 - Tolerances not indicated on drawing	2009-Feb-11	n/a	Responsibility	n/a	Discussion						
WI-9885-1455 - Creating an Application D-FMEA and defining Special Characteristics	2009-Feb-11	n/a	Responsibility	n/a	Discussion						
Q-T-57-000 - General Quality Requirements for supplied parts	2009-Feb-11	n/a	Responsibility	n/a	Discussion						
WI-3215-656 - Fault tree analysis (FTA)	2009-Feb-11	n/a	Responsibility	n/a	Discussion						

Fig. 3.24. Analiza de specificații (Specification analysis)

I. Project outline	Compliance (O.X)	Responsible Person	Checked by	To Clarify by	Comments, Remarks of HELLA
1.4.4 Mounting condition/Method					
1) Design easy to install or uninstall/remove wiring side connector	o	MD			
1) Should enter the design and flow to install and working in the for Layout of OQ vehicle	A	MD			What does OQ mean?
2) Installation structure make problems. Supplier is responsible for improvement	A	MHE		Tier 1	Bumper charge should be limited to 4 times
3) Design Layout easy to install functional wiring connector	o	MD			Install and uninstall function is depending on the shape of the relay(Socket).
4) Should satisfy Mounting tightening torque to meet OEM Spec	o	MD			Bumper supplier is responsible for the relay(Socket) mounting. Mounting tightening torque have to be defined during the development.
5) Apply normal, extended, and slot holes in the bracket to deal with in-Line and AS	A	MD		Tier 1	Bumper supplier is responsible for the relay(Socket) mounting. TED does not have responsibility for design, manufacturing and assembly of sensor into bracket and bracket into bumper.
6) If alignment process/method that supplier provides is changed by OEM AS & IN-LINE environment and also TBD side should be changed when needed (Supplier can't request the related cost to OEM)	o	SM		Tier 1	
3.2.3.1 Alignment (horizontal/vertical) is possible after install	o	MD/SM		MHE	Sensor themselves can not aligned after installation.
3.2.3.2 Alignment is possible without any relevant part removal at service station	o	MD/SM		MHE	Sensor themselves can not aligned after installation.

Pentru a îmbunătăți timpul și calitatea analizei cerințelor, într-o fază incipientă a proiectului, au fost efectuate următoarele:

- analiza metodei QFD;
- planificarea cerințelor referitoare la produs și la proces – tipurile de cerințe și sursele de unde provin;
- studierea principalelor faze de proiect redate de literatura de specialitate și formularea unei propuneri de faze de proiect;
- studierea și sintetizarea metodologiei TRIZ, a instrumentelor folosite pentru rezolvarea problemelor.

Contribuțiile aduse pentru rezolvarea problemei și atingerea obiectivului se referă la:

- modelul propus pentru analiza cerințelor specifice de calitate bazat pe QFD;
- modelul de rezolvare a problemelor în ciclul de viață al proiectului, folosind TRIZ;
- dezvoltarea unui model propriu de analiză a cerințelor specifice de calitate (Customer Specific Requirements) care înglobează într-o singură bază de date toate cerințele și care, folosind filtre, reduce semnificativ timpul de analiză;
- simularea modelului de analiză a cerințelor pe produsul RADAR, în ceea ce privește eliminarea contradicțiilor tehnice;
- modelul de analiză a cerințelor de calitate bazat pe integrarea QFD-TRIZ.

Ca rezultat al analizei propuse în formatul din Fig. 3.27 se observă existența unor legături directe între analiza cerințelor și analiza riscurilor cu D-FMEA. În această etapă, cerințele clientului sunt transpuse în funcții, iar efectele generate se regăsesc în analiza FMEA. Această metodă de analiză a cerințelor creează structura de bază în analiza riscurilor cu FMEA, care va fi tratată în capitolul următor.

4. CONTRIBUȚII PRIVIND ANALIZA RISCURILOR

4.1 Introducere

Acest capitol este axat pe cel de-al doilea obiectiv secundar al cercetării: îmbunătățirea analizei riscurilor în faza de concept a produsului.

În managementul proiectelor, metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis - Analiza Modurilor de Defectare, a Efectelor și Criticității) este cea mai folosită pentru analiza riscurilor. În anul 1949 ea a fost aplicată de armata americană, iar în anul 1963 de NASA, în programul Apollo (Carlson C., 2012).

FMEA este prezentată ca o metodă sistematică de identificare și prevenire a problemelor ce pot apărea în concepția produsului sau în procesul său de fabricație (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2008).

Cu ajutorul acestei metode sunt prevenite riscurile (cunoscute) de apariție a defectărilor, sunt evaluate efectele lor, sunt definite cauzele și sunt luate în considerare acțiuni de prevenție și detecție.

Scopul metodei este de prevenire a defectărilor și de obținere a calității optime a unui sistem care trebuie să îndeplinească anumite cerințe.

Obiectivele FMEA sunt sugerate de VDA (Verband der Automobilindustrie): îmbunătățirea cerințelor de calitate, optimizarea costurilor și asigurarea cerințelor legale.

În momentul de față se știe că metodele de analiză preventivă au anumite dezavantaje, cum ar fi:

- sunt doar metode de evaluare, dar care nu elimină problemele;
- este greu de a combina efectele multiplelor moduri de defectare a componentelor pentru identificarea riscurilor compuse;
- apar dificultăți în cuantificarea efectelor sistemului, din lipsă de detalii;
- aplicarea depinde în măsură foarte mare de experiența echipei și cunoștințele tehnice.

Până în prezent nu s-a abordat analiza efectelor interacțiunii componentelor și evaluarea riscurilor compuse în sistem, datorită faptului că metodologiile actuale nu sunt destul de robuste în acest sens. De aceea, este necesară o cercetare care să scoată în evidență analiza efectelor și, în principal, conceptul de evaluare a riscurilor compuse.

Pentru analiza riscurilor integrate și compuse, în acest capitol se propune o metodologie bazată pe FMEA combinată cu TRIZ, într-o formă simplificată, care să ajute la identificarea riscurilor compuse din interacțiunea componentelor. La baza cercetărilor întreprinse stau rezultatele studiilor efectuate anterior, fiind luate în considerare următoarele elemente:

- abordarea generică a FMEA și în raport cu direcțiile din industria automotive;
- analiza celor trei tipuri de FMEA: FMEA de Produs (Design), FMEA de Proces și FMEA de Sistem;

- integrarea cerințelor specifice de client în FMEA;
- integrarea în baza de Lessons Learned (lecții învățate în urma unor probleme sau lucruri bune care au avut loc în proiect sau în proiecte similare) și rezolvarea problemelor de calitate folosind TRIZ pentru validarea acțiunilor;

4.2 Abordarea generică a metodei FMEA

4.2.1 Metoda FMEA în ciclul de viață al produsului

FMEA este o metodă inductivă, care permite studiul sistematic al cauzelor și efectelor defectărilor care afectează componentele unui sistem (produs, proces, mașină) (Drăghici, 2013). Metoda urmărește evaluarea previzională a fiabilității sistemului, analizând în mod sistematic diversele defectări pe care acesta le poate avea în cursul utilizării sale (Drăghici, 2013).

Metoda FMEA este bazată pe o abordare ierarhică, în care sunt determinate posibilele moduri de defectare care afectează funcționalitatea produsului (Pecht, 2009).

FMEA este folosită în descoperirea modurilor de defectare, a efectelor potențiale ale defectărilor și a cauzelor posibile de defectare, fiind un mijloc ce se bazează pe evaluarea riscurilor integrate în planificarea dezvoltării produselor și a procesului (Bertsche, 2008).

FMEA se efectuează de către echipa de proiect, în care sunt invitați și alți specialiști, din diverse domenii. FMEA este o metodă care depinde foarte mult de pregătirea profesională a echipei.

În Fig. 4.1 se arată impactului costului defectelor apărute de-a lungul ciclului de viață al produsului (John, Acharya, & Chakraborty, 2013).

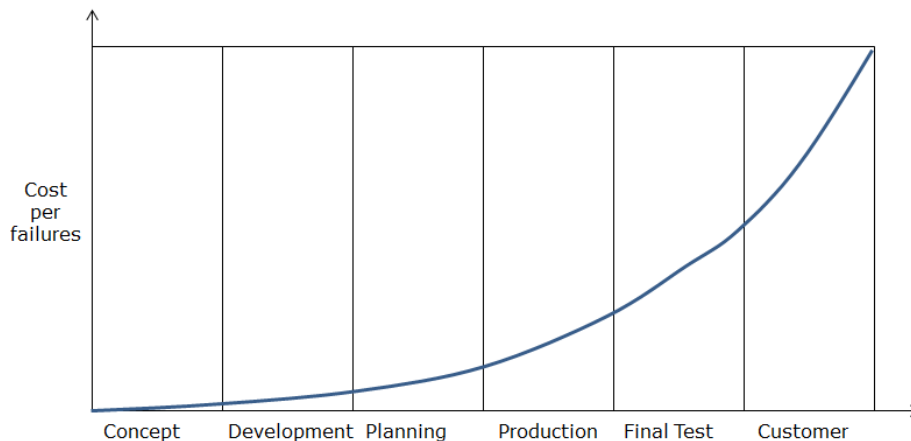


Fig. 4.1. Impactul costului defectelor de-a lungul ciclului de viață al produsului (John, Acharya, & Chakraborty, 2013)

O mapare a tipurilor de FMEA în fazele ciclului de viață al proiectului este redată în Fig. 4.2 (John, Acharya, & Chakraborty, 2013).

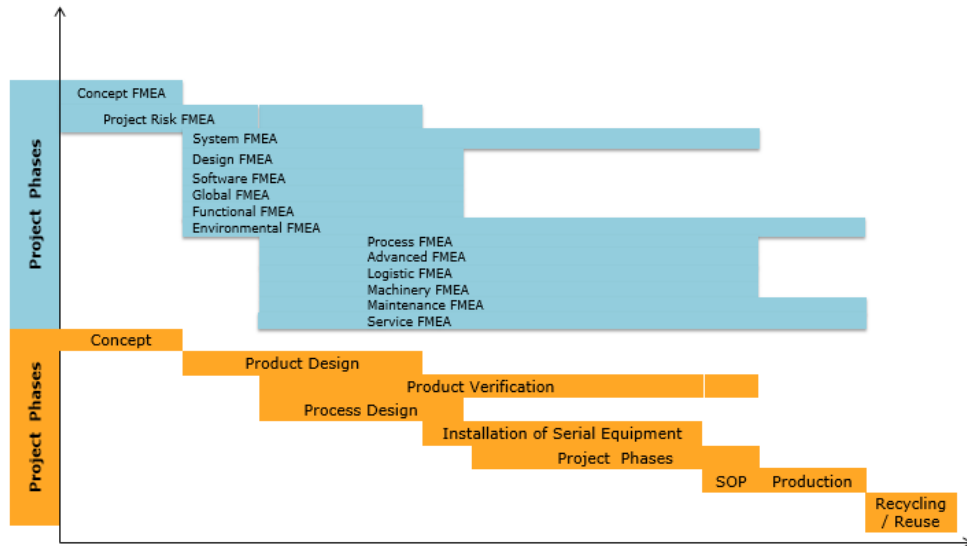


Fig. 4.2. Aplicațiile tipurilor de FMEA în diferite faze ale ciclului de viață al proiectului (John, Acharya, & Chakraborty, 2013)

Pentru atingerea obiectivului propus, au fost abordate cele mai folosite tipuri de FMEA în industria de automotive: FMEA de Sistem, FMEA de Prodes (Design) și FMEA de Proces. O dezvoltare în timp a acestor tipuri de FMEA în ciclul de viață al proiectului este propusă o adaptare după (Leondes, 2005) a principalelor tipuri de FMEA de-a lungul ciclului de viață al proiectului în Fig. 4.3.

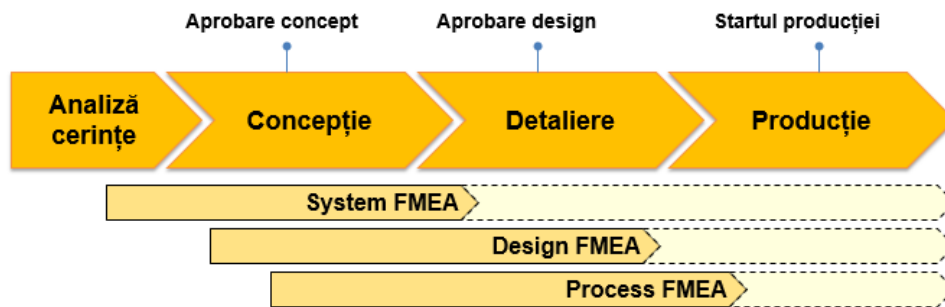


Fig. 4.3. Ciclul de viață al proiectului și FMEA (Leondes, 2005)

În demersul de aplicare al metodei FMEA sunt abordate următoarele etape (Drăghici, 2013):

- Inițializarea/pregătirea:
 - constituirea unui grup de lucru,
 - culegerea de informații asupra subiectului tratat,
 - planificarea acțiunii,
 - prevederea materialului necesar;
- Acționarea:
 - descompunerea produsului în funcții (analiza funcțională),
 - stabilirea pentru fiecare funcție a cauzelor eventualelor defectări,

- evaluarea Criticității pe care o pot genera,
 - calcularea indicelui de prioritate a riscurilor (RPN);
 - Prevederea de acțiuni corective specifice.
- Cuantificarea rezultatului FMEA se face prin calcularea indicelui RPN (Risk Priority Number), cu formula (Stamatis, 2003):

$$RPN = S * O * D, \quad (4.1)$$

- S – impactul (gravitatea) - definit printr-un număr de la 1 la 10, în care 1 este efectul cu gravitate foarte mică, iar 10 reprezintă gravitate foarte mare (efecte care pot pune în pericol utilizatorul final);
- O – ocurența – reflectă frecvența de apariție a defectului pentru o anumită cauză, dar care are controalele menționate în FMEA și implementate în produs sau proces (Stamatis, 2003); nivelele sunt de la 1 la 10, în care 1 este nivelul cel mai scăzut al apariției (este de dorit să fie 1) și 10 cel mai slab nivel în care defectul apare cu o frecvență foarte mare;
- D – detecția – este dată de metoda sau testul de detectare sau prevenire a apariției problemei la client; nivelul de detecție se măsoară de la 1 la 10, în care 1 este nivelul cel mai ridicat de detecție iar 10 nivelul cel mai slab (nu sunt detectate la timp problemele).

Elementele de bază în construirea FMEA sunt redate în Fig. 4.4 (Carlson, 2012).

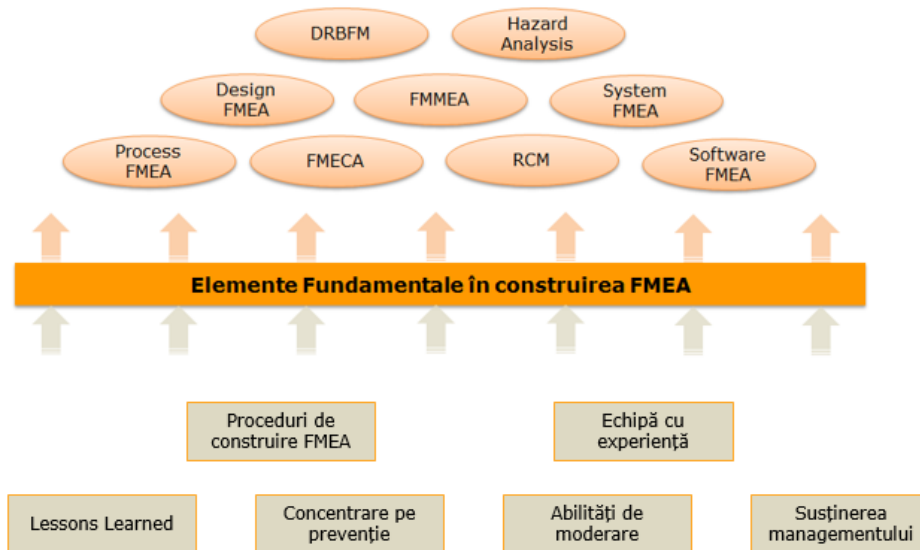


Fig. 4.4. Elemente de bază în construirea FMEA (Carlson, 2012)

În industria de automotive există două abordări generice ale FMEA: abordarea VDA și abordarea AIAG (Automotive Industry Action Group).

4.2.2 Abordarea VDA

După (VDA, 2006), FMEA este „o metodă orientată pe echipă, folosită la minimizarea riscurilor procesului de planificare și dezvoltare, care facilitează cooperarea interdisciplinară între departamentele implicate, echipa fiind condusă de un moderator de FMEA”.

În această abordare sunt cinci faze ale FMEA, după modelul DAMIC (Define, Analysis, Measures decisions, Implementation, Communication):

- **D**efinition (definire) – este definit scopul pentru care se face FMEA, care sunt condițiile și cerințele ce trebuie luate în considerare, interfețele cu alte sisteme cu care comunică produsul;
- **A**nalysis (Analiza) – este analizată plauzibilitatea cerințelor, sunt identificate riscurile, sunt stabilite acțiunile și potențialul de îmbunătățire, fiind parcurși următorii pași: analiza structurii, analiza funcțiilor, analiza acțiunilor, optimizarea, evaluarea riscurilor;
- **M**easures decisions (Măsurarea deciziilor) – sunt decise posibilele acțiuni dezvoltate în echipă și sunt puse la dispoziție resursele pentru implementarea lor;
- **I**mplementation (Implementare) – are loc implementarea acțiunilor; dacă acțiunea a adus rezultatul așteptat, aceasta se va închide, dacă nu, atunci sunt reevaluate și definite alte acțiuni;
- **C**ommunication (Comunicarea) – sunt comunicate rezultatele obținute la organizația internă, distribuirea informațiilor la client sau la furnizor.

Abordarea VDA este recomandată de către constructorii de automobile din Germania.

4.2.3 Abordarea AIAG

În abordarea AIAG (Automotive Industry Action Group), FMEA este definită ca fiind „o metodologie analitică folosită pentru ca potențialele probleme să fie luate în considerare de-a lungul dezvoltării de produs și proces” (Chrysler, Ford, & GM, 2008).

În această metodologie sunt abordate următoarele aspecte:

- Identificarea echipei – din echipă fac parte specialiști din toate domeniile afectate, echipa de FMEA fiind condusă de un lider;
- Definirea scopului – sunt definite următoarele elemente care ajută echipa: blocul diagramă funcțional, P-diagrama, diagramele de interfață, process flow diagram, matricea de inter-relații, scheme, BOM (Bill of Materials – lista cu materialele și componentele din care este compus un produs);
- Definirea clientului – sunt luate în considerare cerințele clientului și cerințele legale;
- Identificarea funcțiilor, cerințelor și specificațiilor – sunt clarificate cerințele și specificațiile relevante pentru scopul definit;
- Identificarea modurilor posibile de defectare – maniera în care produsul sau procesul se poate defecta;
- Identificarea efectelor posibile – efectele defectării pe care le vede clientul (client intern sau client final – cel care beneficiază de produsul/sistemul final);
- Identificarea cauzelor posibile – indicație privind cum poate apărea defectul, descrisă în termeni în care poate fi controlat sau corectat;

- Identificarea controlului – activități care previn sau detectează cauza defectării sau a modului de defectare;
- Identificarea și evaluarea riscurilor – evaluarea severității (efectul final) apariției și a detectării apariției posibilului defect;
- Recomandare acțiuni și rezultate – acțiunile au ca scop să reducă riscurile și probabilitatea apariției modului de defectare.

FMEA este o metodă de evaluare a riscurilor, care depinde de factorul uman, fiind total dependentă de pregătirea profesională a echipei de proiect. În general, există unele reguli care conturează ce înseamnă ca FMEA să conțină anumite caracteristici de calitate. În (Carlson C., 2012) sunt date câteva caracteristici de calitate ce trebuie să le îndeplinească FMEA:

- Îmbunătățirea designului – ar trebui să fie obiectivul primar al FMEA;
- Modurile de defectare de risc ridicat – sunt identificate riscurile cu cel mai mare impact, având un plan de acțiuni eficiente și executabil;
- DVP (Design Validation Plan) și Control Plan – în planul de validare al designului și în planul de control sunt luate în considerare toate riscurile din FMEA;
- Interfețele – sunt integrate interfețele din diagrama bloc și analiză;
- Lessons Learned – la identificarea modului de defectare sunt luate ca și intrări toate "problemele" anterioare;
- Nivelul de detaliu – la fiecare nivel trebuie să fie atinsă o anumită granularitate, în așa fel încât să fie obținute cauzele rădăcină și acțiunile eficiente;
- Planificarea (timpul) – FMEA trebuie executată într-o fază în care se mai poate influența designul (de produs sau de proces);
- Echipa – oamenii adecvați trebuie să fie școlarizați în FMEA și să participe cu echipa în analiză;
- Documentarea – se face o documentare completă la fiecare nivel (se completează acțiunile, statusul etc.);
- Timpul alocat – se alocă un timp anumit în care se efectuează FMEA eficient și eficient (FMEA fiind și un document "viu", se fac actualizări în funcție de nevoie/cerință), care aduce valoare designului.

Ca observație, la aceste caracteristici de calitate echipa joacă un rol decisiv, putând influența rezultatul analizei de risc. Evaluarea se face pe bază de presupuneri, probleme trecute/actuale, neavând o bază tehnică la problemă care să ajute la luarea/validarea acțiunilor, efectelor și vizualizarea riscurilor compuse.

Abordarea AIAG este recomandată de către constructorii de automobile din SUA.

4.3 Tipuri de FMEA

4.3.1 FMEA de Sistem

FMEA de Sistem este realizată printr-o serie de pași care includ designul conceptual, designul detaliat, testarea și evaluarea. Practic, FMEA de Sistem se face urmărind (Stamatis, 2003):

- transformarea nevoii operaționale într-o descriere a parametrilor de performanță ai sistemului și configurarea sistemului, folosind analiza

funcțională, sinteza, optimizarea, definirea, designul, testarea și evaluarea;

- integrarea parametrilor tehnici, asigurarea compatibilității fizice, și funcționale, programarea interfețelor, în scopul de a optimiza definirea sistemului și designul;
- integrarea în totalul efortului tehnic a fiabilității, mentenanței, suportului tehnic, a factorilor umani, siguranței, securității și productibilității.

Scopul FMEA de Sistem este de a defini și demonstra un echilibru între funcționare (referitor la eficacitate și performanță) și factorii economici (Stamatis, 2003).

FMEA de Sistem este văzută de multe ori ca fiind mai mult o FMEA de concept, datorită faptului că analizează funcțiile produsului într-o fază foarte incipientă, ținând cont de toate constrângerile știute; cu aceasta este validat și faptul că riscurile au fost identificate și minimizate la nivel de sistem (Yang G. , 2007).

În Fig. 4.5 este descrisă relația între FMEA de Sistem, FMEA de Design și FMEA de Proces.

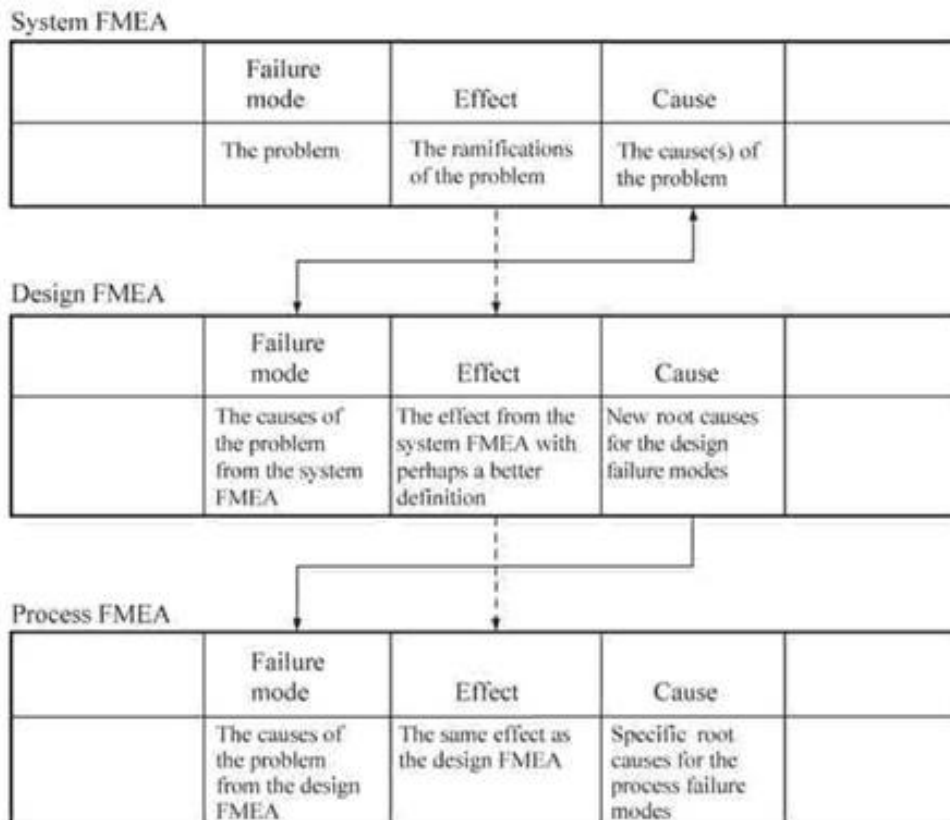


Fig. 4.5. Relația între FMEA de sistem, design și proces (Stamatis, 2003)

În sistem, efectele sunt văzute ca o ramificare a problemei, apoi acestea sunt transferate către efectele de design, cu o redefinire mai concretă, iar acestea

sunt transferate către proces. Cauzele sistemului sunt transpuse în moduri de defectare ale designului, putând fi și cauze de defectare în sistem. Cauzele de defectare ale designului sunt moduri de defectare în proces.

FMEA de Sistem se concentrează pe definirea funcționalității individuale a componentelor de sistem relaționate la întreg sistemul și interconectate între componentele individuale (Leondes, 2005).

În (Yang G. , 2007) sunt arătate câteva beneficii atunci când este realizată FMEA de Sistem:

- identificarea modurilor de defectare sistemice potențiale cauzate de deficiențele cauzate de configurarea sistemului;
- examinarea specificațiilor de sistem care pot induce probleme în design;
- alegerea unui design optim;
- determinarea, dacă este nevoie, a unui sistem hardware redundant;
- specificarea cerințelor de testare la nivel de sistem;
- luarea în considerare a cerințelor clientului într-o fază incipientă de dezvoltare;

FMEA de Sistem se face atunci când este necesară o analiză la nivel de sistem și, în mod special, la analiza interfețelor cu care comunică componenta (produsul).

4.3.2 FMEA de Produs

Există mai multe abordări ale FMEA de Produs sau D-FMEA (Design FMEA).

După (Stamatis, 2003), D-FMEA este o metodă/analiză disciplinată de identificare a modurilor de defectare cunoscute și furnizarea de acțiuni de corecție înainte de începerea producției. Obiectivul analizei în această fază este acela de minimizare a efectelor defectării la sistem, indiferent de nivelul la care a fost făcută FMEA și de a maximiza calitatea la nivel de sistem, fiabilitatea, costurile, mentenabilitatea. Acestea sunt îndeplinite atunci când sunt luate în considerare următoarele reguli (Stamatis, 2003):

- transformarea nevoii operaționale în parametri de performanță ai sistemului și configurarea acestuia, printr-o analiză de proces interactivă funcțională, sinteză, optimizare, definire, design, revizuire de design, testare și evaluare;
- integrarea parametrilor tehnici și asigurarea compatibilității tuturor interfețelor fizice, funcționale și de program, într-o manieră de optimizare a sistemului;
- integrarea fiabilității, mentenabilității, suportului tehnic, factorilor umani, siguranței, securității, productibilității, într-un efort total tehnic;

După (Yang G. , 2007), D-FMEA este un instrument analitic folosit la: identificarea mecanismelor și modurilor potențiale de defectare, evaluarea riscurilor defectărilor, furnizarea de acțiuni corective înainte de lansarea designului în producție. D-FMEA funcționează ca un instrument de prevenție.

D-FMEA este un instrument de evaluare a riscurilor, ce are ca scop reducerea riscurilor defectelor, dar în aceeași timp evaluează designul din punct de vedere al cerințelor funcționale, alternativelor la design, fabricația. Aceasta se traduce prin a garanta că cerințele clientului sunt satisfăcute într-un design inițial și într-o fază timpurie de dezvoltare (Yang G. , 2007). În Fig. 4.6 este arătat un flux cu pașii ce trebuie urmați în D-FMEA.

Pașii D-FMEA propuși de (Stamatis, 2003) sunt:

- definirea funcțiilor de design;
- definirea modului potențial de defectare;

- determinarea efectului potențial al defectării;
- determinarea severității (Severity);
- determinarea cauzelor potențiale ale defectării;
- determinarea gradului de posibilă apariție (Occurrence);
- stabilirea metodei de detecție și determinarea nivelului de detecție;
- calcularea RPN (Risk Priority Number);
- definirea acțiunilor recomandate;
- alocarea unui responsabil și stabilirea datei de implementare a acțiunilor;
- completarea rezultatului acțiunilor (acțiuni luate, redefinire severitate, apariție, detecție și recalculare RPN).

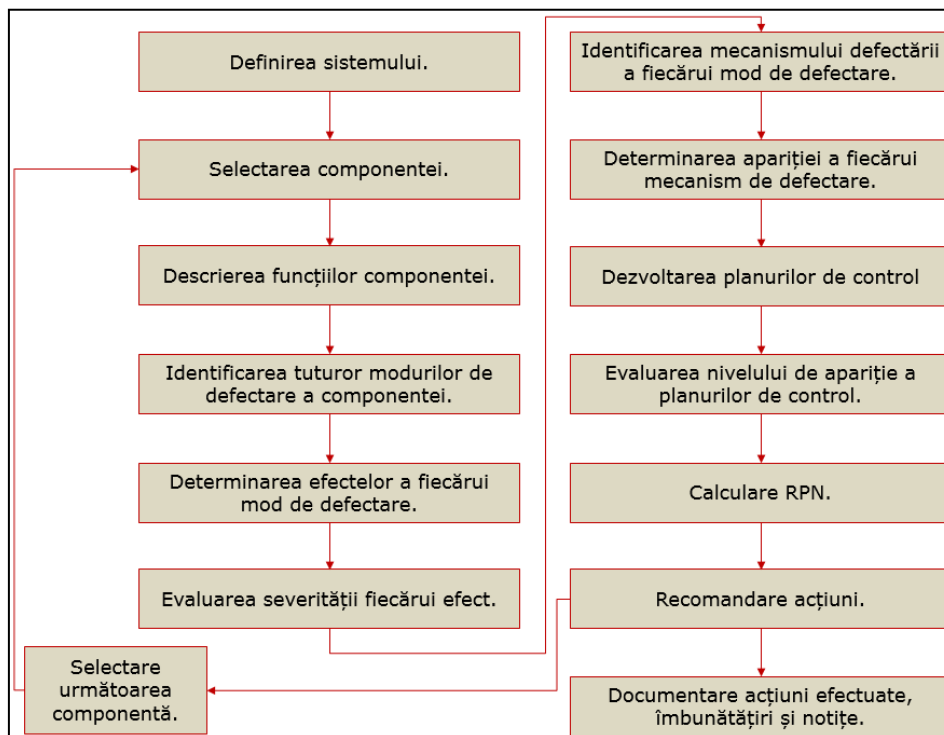


Fig. 4.6. Pași pentru efectuarea D-FMEA, după (Yang G. , 2007)

În procesul de dezvoltare a produsului, una din activități este aceea de a descoperi riscuri de siguranță, disfuncționalități ale produsului sau reducerea duratei de viață a produsului (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2008).

Ca moment de finalizare a D-FMEA, recomandarea dată de (Dyadem, 2005) este că aceasta trebuie să fie înainte de aprobarea desenelor pentru producție și pentru începerea construirii echipamentelor necesare fabricației de serie.

O imagine de ansamblu, cu principalele activități efectuate este arătată în Fig. 4.7.

În Tab. 4.1 (Dyadem, 2005) recomandă câteva cazuri în care este începută D-FMEA, pentru fiecare cauză și scop.

În final, evaluarea riscurilor poate fi subiectivă, uneori din cauza lipsei de experiență a echipei de lucru sau a nivelului de pregătire în ceea ce privește folosirea metodologiei și aplicarea ei în situații specifice, atunci când se face

evaluarea din punct de vedere al efectului. Efectul la client este dat de risc și evaluat ca și severitate. Practic, echipa estimează, pe baza expertizei și experienței, cât de grav va fi efectul la client dacă o problemă nu este detectată și rezolvată la timp. În Fig. 4.8 se prezintă evaluarea riscurilor prin D-FMEA.

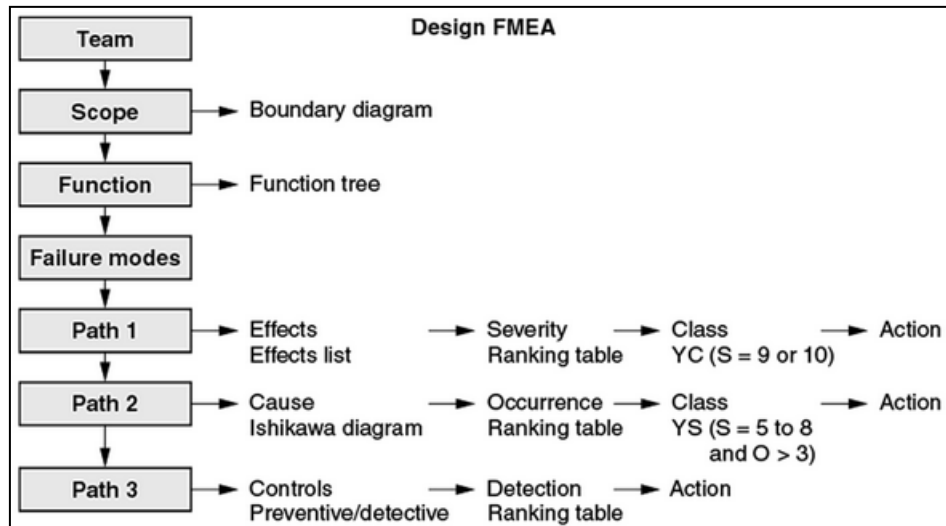


Fig. 4.7. Imagine de ansamblu a D-FMEA (Stamatis, The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), 2014)

Tab. 4.1. Cazurile de bază pentru generarea de FMEA (D-FMEA și P-FMEA)

Cauză	Scop
Design, tehnologie sau proces nou	Concentrare pentru completare design, tehnologie sau proces
Modificări ale designului sau procesului actual	Concentrare pe modificări la design sau proces, posibile interacțiuni din cauza modificărilor.
Folosirea designului sau procesului existent în alt mediu, locație sau aplicație	Concentrare pe impactul noului mediu sau a noii locații asupra designului sau procesului

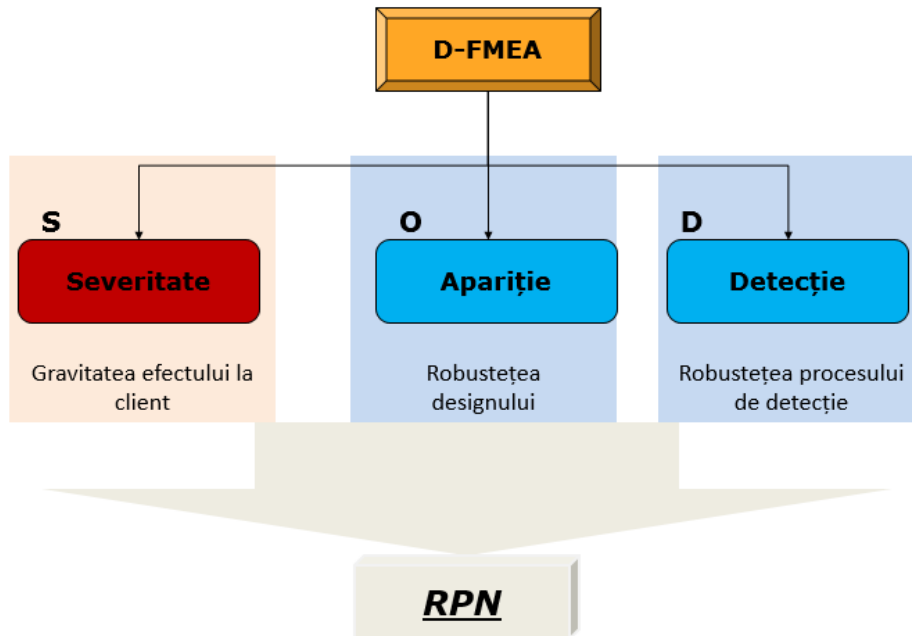


Fig. 4.8. Evaluarea riscurilor prin D-FMEA

Ca și concluzie în ceea ce privește evaluarea riscurilor, la fiecare cauză trebuie asignat un RPN, care arată gradul de gravitate al efectului posibil la client (Stamatis, *The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, 2014).

În urma D-FMEA se evaluează riscurile la un design preliminar, cu o configurație de bază, iar specificațiile funcționale "traduc" cerințele în caracteristici cantitative și calitative de proces și de ansamblu.

În ciclul de viață al proiectului din industria de automotive, D-FMEA este un mijloc "viu", în care se fac actualizări la orice problemă raportată, fie în calificări de design sau la alte teste ce se execută pe produsul dezvoltat și analizat. O importanță majoră o au și caracteristicile cheie, care vor fi tratate în secțiunea referitoare la integrarea cerințelor specifice în FMEA.

4.3.3 FMEA de Proces

FMEA de Proces (P-FMEA) este o parte a FMEA în care sunt analizate toate riscurile posibile ce pot apărea în timpul fabricației.

În (Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*, 2003) se consideră P-FMEA ca fiind o metodă de identificare a modurilor de defectare potențiale sau cunoscute și de implementare a acțiunilor de corecție, înainte de primul start al producției.

În (Borror, 2009), P-FMEA se definește ca fiind un set de specificații care descriu toate aspectele procesului (componentele funcționale, debitul, pașii de proces, echipamentele folosite, operatorii sau alte persoane implicate etc.).

Ca și obiectiv al P-FMEA, după (Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*, 2003), aceasta trebuie să se concentreze pe minimizarea efectelor defectărilor procesului de producție asupra sistemului.

În (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2008) se consideră că în această fază sunt descoperite problemele relaționate la fabricația produsului.

Ca punct de plecare al P-FMEA se află diagrama de flux a procesului curent, fiind analizate și identificate, pentru toți pașii din proces, potențialele moduri de defectare (Urdhwareshe, 2011).

Atunci când se face P-FMEA există prezumția că designul de produs îndeplinește toate cerințele și acestea au fost implementate (Besterfield, Besterfield-Michna, Besterfield-Sacre, Urdhwareshe, & Urdhwareshe, 2013).

P-FMEA implică considerarea a cinci factori importanți care, la un moment dat, pot avea influențe în proces, și anume: omul (operatorul), materialele, echipamentul, metodele și mediul (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2008).

În scopul asigurării că acești factori de influență au fost identificați și analizați, se recomandă a fi respectați anumiți pași în efectuarea unei P-FMEA (Urdhwareshe, 2011):

- înțelegerea și identificarea factorilor de proces și a funcțiilor;
- documentarea asupra modului de a se defecta fiecare funcție de proces;
- cuantificarea severității, ocurenței și a detecției (RPN).

Prin P-FMEA se dorește să se găsească din timp acele variabile de proces care influențează calitatea produsului. Metodologia folosită este similară cu a D-FMEA. Cazurile și scopul au fost deja prezentate în Tab. 4.1.

O imagine de ansamblu a P-FMEA este arătată în Fig. 4.9.

În ciclul de viață al proiectului, în timpul fabricației de serie, P-FMEA trebuie actualizată de fiecare dată când apare o problemă de calitate (internă sau la client) (Stamatis, Quality Assurance: Applying Methodologies for Launching New Products, Services, and Customer Satisfaction, 2015). De altfel, se fac actualizări periodice, bazate pe rezultatele capabilităților de proces sau a modificărilor de design. Actualizarea periodică trebuie văzută ca o activitate proactivă și reactivă (Stamatis, Quality Assurance: Applying Methodologies for Launching New Products, Services, and Customer Satisfaction, 2015). Modul cum se fac aceste actualizări se arată în secțiunea care urmează.

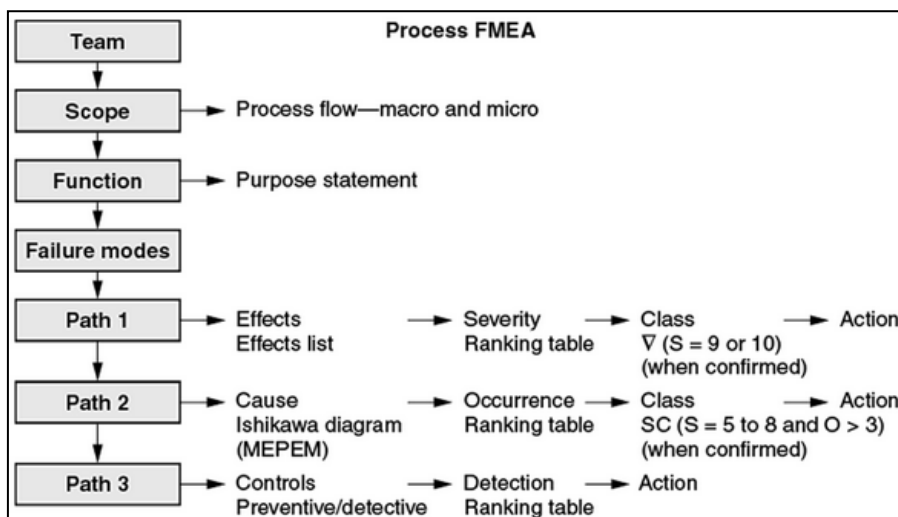


Fig. 4.9. Imagine de ansamblu a P-FMEA (Stamatis, The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), 2014)

4.4 Integrarea cerințelor specifice în FMEA

Cerințele specifice de calitate integrate în FMEA provin din mai multe direcții: client, cerințe interne, cerințe internaționale (standarde, regulamente etc.). În (ISO/TS16949, 2009) există o cerință specifică în ceea ce privește distribuția și implementarea tuturor cerințelor de client, a standardelor/specificațiilor și a modificărilor bazate pe cerințele clientului.

Între documentele cerute de clienți în faza de RfQ (Request for Quotation) este FMEA (în general D-FMEA și P-FMEA). Acestea sunt două evenimente importante în concepția produsului și a procesului, fiind considerate analize de risc de produs și de proces. Este normal ca riscurile legate de produs și de proces să fie cunoscute clientului.

În Fig. 4.10 se propune un model de integrare a cerințelor specifice în FMEA. Aceste cerințe pot fi considerate ca și constrângeri în proiect, aplicate la produs/proces.

În ceea ce privește cerințele specifice, sunt luate în considerare toate direcțiile de influențe posibile, excepție fiind doar recomandările făcute de VDA și AIAG, deja abordate în secțiunile 4.2.2 și 4.2.3, cele două abordări ale FMEA fiind considerate la nivel generic. În mod particular, fiecare OEM își dezvoltă propriile cerințe legate de FMEA, prin așa numitul APQP (Advanced Product Quality Planning).

Atunci când un OEM este în faza de negociere (RfQ) cu un furnizor pentru dezvoltarea unui produs, este luat în considerare și APQP. Acesta fiind un document bazat pe ciclul de viață al produsului, definește ce activități de asigurare a calității trebuie efectuate în fiecare fază de dezvoltare (Redmill & Anderson, 2001).

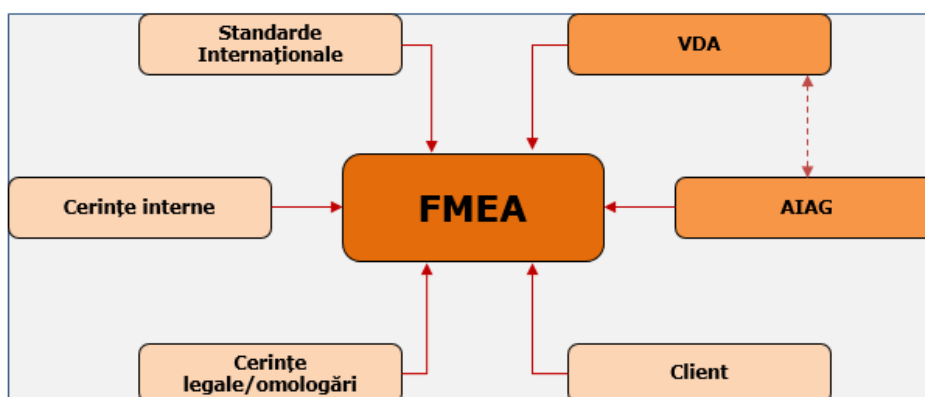


Fig. 4.10. Modelul de integrare a cerințelor specifice în FMEA

Cerințele specifice legate de FMEA sunt, în general:

- respectarea metodologiei generice după care este realizată FMEA (AIAG sau VDA);
- stabilirea momentelor de revizuire a statusului cu clientul, în ceea ce privește conținutul FMEA;
- urmărirea și implementarea caracteristicilor cheie în FMEA;
- modul de analiza riscurilor: analiza Pareto și matricea de riscuri;
- alocarea severităților pe efectele văzute la nivel de sistem și vizibile la client.

Pentru o exemplificare a modului de abordare, se prezintă un exemplu de cerințe specifice de FMEA, adaptate după Ford Motor Company (Ford, 2011). Definiția dată se referă la FMEA ca fiind un grup de activități sistematizat, care recunoaște și evaluează defectările potențiale, identifică acțiuni care elimină sau reduc șansa apariției unui defect și documentează procesul (Ford, 2011).

Această secțiune de cerințe specifice de client (OEM) a fost tratată și dezvoltată în capitolul 3 al lucrării, unde au fost abordate cerințele specifice incluzând cele de calitate, fiind propus și un model special de format pentru folosirea în analiza cerințelor specifice, folosind TRIZ.

În Tab. 4.2 este prezentat un exemplu de cerințe specifice de FMEA, adaptate după cerințele Ford Motor Company. Cerințele sunt în număr de 18 și au fost alese ca fiind cele mai reprezentative, dar aceasta nu înseamnă că alte cerințe din standardul Ford nu sunt sau nu trebuie îndeplinite.

Tab. 4.2. Exemplu de cerințe specifice de FMEA, adaptate după Ford Motor Company (Ford, 2011)

Nr. Crt.	Cerință	Ford
1	Standard	AIAG
2	Începere D-FMEA	Înainte de finalizarea conceptului de design
3	Începere P-FMEA	Înainte de studiul de fezabilitate
4	D-FMEA completă	Înainte de aprobarea desenelor pentru realizarea de echipamente, designul aprobat pentru producție.
5	P-FMEA completă	Înainte de a avea echipamentele de producție: toate operațiile considerate, caracteristicile speciale implementate și adresate, planul de control creat.
6	FMEA Team	Poate include, dar nu sunt limitate: asamblare, producție, design, analiză/testare, fiabilitate, materiale, calitate, service, furnizor, responsabil de design.
7	Diagramă Block / Boundary Diagram	Ilustrează grafic relațiile între subsisteme, ansamble, subansamble, și componente ale obiectului, dar și sistemele învecinate și mediul.
8	P-Diagram	Identifică semnalele de intrare, factorii de zgomot (perturbare), factorii de control, statusul erorilor asociate cu funcțiile ideale.
9	Item/Function	Funcțiile trebuie să fie: <ul style="list-style-type: none"> - măsurabile - verificate/validate - incluse constrângerile - incluse standardele și cerințele
10	Modul potențial de defectare	Moduri de defectare: <ul style="list-style-type: none"> - non-funcționale - funcționare parțială - funcționare intermitentă - funcționare neprevăzută

11	Efectul potențial al defectului	Identificarea efectului la client, conformitatea cu cerințele legale, impactul asupra componentelor, ansamblurilor, sistemului, autovehiculului.
12	Severity	10 - 9 Defecte de siguranță și/sau neîndeplinirea cerințelor legale ce trebuie să le asigure 8 - 7 Pierderea funcției primare 6 - 5 Pierderea funcției secundare 4 - 2 Disconfort 1 - Fără efect
13	Identificarea caracteristicilor critice	Caracteristicile speciale sunt asociate la severități de 10 și 9 Caracteristicile critice notate cu "YC" în FMEA.
14	Cauze potențiale	Cauzele modului de defectare sunt identificate pentru: • Efect cu severitate 9 sau 10 (YC). • Efect cu severitate 5, 6, 7, or 8.
15	Ocurență	Incidente pe autovehicul Foarte ridicat - 10 - $\geq 100/1000 \geq 1$ in 10 Ridicat: 9 - 50/1000 (1 in 2); 8 - 20/1000 (1 în 50); 7 - 10/1000 (1 în 100); Moderat: 6 - 2/1000 (1 în 500); 5 - 0.5/1000 (1 în 2000); 4 - 0.1/1000 (1 în 10000); Mic: 3 - 0.01/1000 (1 în 100000) 2 - $\leq 0.001/1000$ (1 în 1000000) Foarte mic: 1 - defect eliminat prin măsuri de prevenție
16	Caracteristicile Speciale - YS	- efect al modului de defectare cu severitate între 5 - 8 - nevoia de capabilități de proces să fie făcute în producție pe anumite "YS".
17	Deteecție	Fără deteecție - 10 - Aproape imposibil Nu este posibil de a detecta în nici o fază 9 - foarte rar Înainte de lansarea și stabilirea designului: 8 - Rar 7 - Foarte Slab 6 - Slab Înainte de stabilirea designului: 5 - Moderată 4 - Moderat ridicată 3 - Ridicăță Analiză Virtuală 2 - Foarte ridicată Nu se aplică deteecție 1 - Aproape sigur se detectează
18	Risk Priority Number (RPN)	$RPN = (S) \times (O) \times (D)$ - nu este recomandată o anumită limită

O astfel de evaluare standardizată a cerințelor specifice de la client are mai multe avantaje:

- se evaluează încă de la începutul proiectului, din faza de RfQ, costurile reale ale proiectului; știindu-se activitățile standard cerute de client, modelul propus în Fig. 4.11 (Tiuc & Drăghici, 2014) arată un mod de evaluare (estimare) a costurilor în faza incipientă a proiectului;
- se reduce timpul de analiză a cerințelor specifice; următorul pas este de a face simple verificări privind cerințele care sunt îndeplinite standard și cele care trebuie negociate cu clientul;
- se realizează clasificarea standardizată a tuturor cerințelor specifice de la clienți; se reduce timpul de analiză general pe organizație în vederea analizei cerințelor specifice;
- se creează structuri de FMEA standard cu cerințele specifice implementate; la o FMEA se alege doar modelul dorit și se continuă dezvoltarea sa.

Importanța de a respecta cerințele de FMEA provenite din diferite direcții poate avea implicații foarte mari. De altfel, există o "traducere" a cerințelor din diverse standarde și a anumitor cerințe legale, în specificații interne.

Practic, organismele internaționale nu obligă a adera la anumite cerințe specifice, ci mai mult la principii de bază care sunt construite în jurul securizării modului de control al modurilor de defectare și al efectelor acestora.

Modul de colaborare între standarde internaționale, cerințe legale și reglementări și traducerea în cerințe interne se prezintă în Fig. 4.12.

Standardele internaționale dau direcțiile generale, recomandările sau chiar regulile ferme care trebuie respectate. Studiul prezent se referă la cerințele privind modul de abordare, documentare și notare a caracteristicilor cheie în FMEA. Cerințele legale se referă la respectarea anumitor reglementări internaționale, de exemplu la produsele care emit unde trebuie controlată lățimea bandei de frecvență. Aceste reglementări sunt: 2000/53/EC – end-of-life vehicles; 2005/64/EC - type-approval of motor vehicles with regard to their reusability, recyclability and recoverability, General Safety Regulation (EC) No 661/2009 etc. (EUR-Lex, 2016).

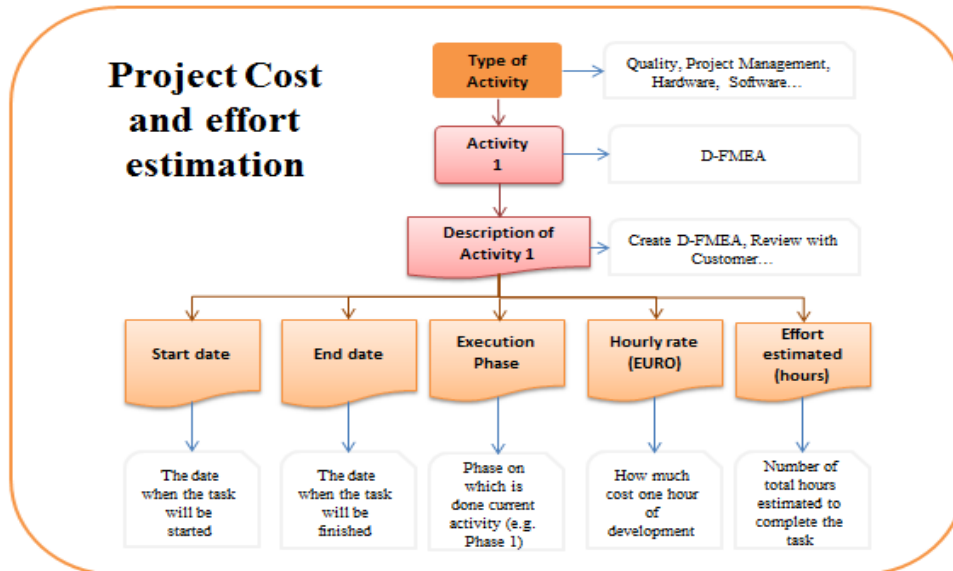


Fig. 4.11. Costurile de proiect și estimarea de efort (Tiuc & Drăghici, 2014)

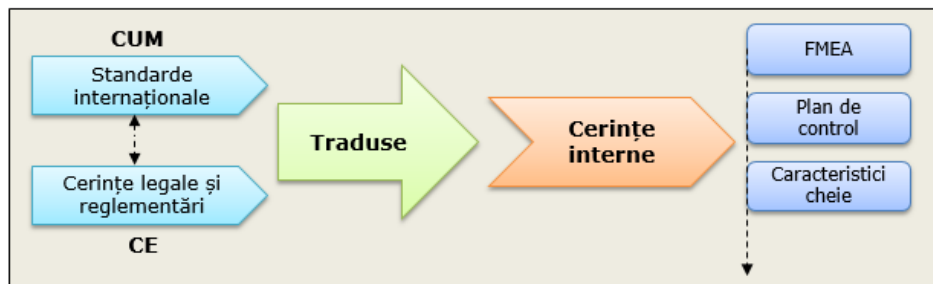


Fig. 4.12. Modul de colaborare între standarde internaționale, cerințe legale și reglementări și traducerea în cerințe interne

Exemplele de mai sus arată, pe de o parte, ce trebuie respectat, condițiile de dezvoltare și livrare a unui produs pe piața europeană. Pe de altă parte, în standardele internaționale (E.g. ISO/TS16949, ISO9001 etc.) sunt date principiile de abordare a problemei. Cerințele interne cuprind, în acest caz, atât ceea ce trebuie respectat, cât și principiile de bază specifice pentru implementarea în organizație, în departamente, a documentelor etc.

De altfel, în auditurile de certificare sau recertificare ce au loc în organizațiile care produc componente în industria automotive, FMEA este, de obicei, un punct abordat în care, pe baza unui exemplu, se demonstrează compatibilitatea la cerințele de mai sus.

Una din cerințele cu caracter general și imperativ impuse de OEM, dar și de standardele internaționale, este de a evidenția caracteristicile speciale (Special Characteristics, în ISO/TS 16949) sau caracteristicile cheie (Key Characteristics - KCs, în literatura de specialitate). De fapt, acesta este un caz practic de implementare în FMEA a caracteristicilor cheie, a modului de acordare de severitate, de trasabilitate, în toate documentele relevante și la nivel de control în producție.

Această cerință este evidențiată în (ISO/TS16949, 2009) secțiunea 7.3.2.3, fiind parte a capitolului de design și dezvoltare. O caracteristică specială poate fi de produs sau de proces, care poate afecta siguranța sau conformitatea cu reglementările existente, de potrivire (fixare), funcție, performanță sau utilizare a produsului (ISO/TS16949, 2009).

În standardul ISO/TS 16949 există mai multe secțiuni, și anume (ISO/TS16949, 2009):

- 4.2.3.1 Specificații tehnice, care trebuie regăsite în FMEA;
- 7.3.1.1 Abordare multidisciplinară, în ceea ce privește realizarea produsului, ceea ce implică dezvoltarea și revizuirea de FMEA, acțiuni de reducere a riscurilor potențiale;
- 7.3.2.3 Caracteristici speciale, care trebuie identificate în documentele de control ale procesului, fiind incluse desenele, FMEA, planul de control și alte documente relevante;
- 7.3.3.1 Ieșirile designului, trebuie să includă printre altele ca cerință obligatorie și D-FMEA;
- 7.3.3.2 Ieșirile procesului de producție, trebuie să includă printre altele ca cerință obligatorie și P-FMEA;
- 7.5.1.1 Planul de control, în care, pentru fabricația de pre-serie și serie trebuie ținut cont de rezultatele (ieșirile) D-FMEA și P-FMEA.

Caracteristicile cheie au un rol important în fazele de dezvoltare și fabricație, din cauza multiplelor consecințe: rebut, reclamații de garanție, siguranța pasagerilor, impact asupra mediului, reluarea muncii, restricții de omologare (Tiuc D. , Drăghici, Pârvu, & Enache, 2015).

Cerințele legate de caracteristicile cheie sunt date de OEM, modul principal fiind stabilit de organisme de standardizare, iar cerințele legale sunt cerute prin reglementări internaționale (Tiuc D. , Drăghici, Pârvu, & Enache, 2015).

Principalele caracteristici cheie sunt cele de produs și cele de proces. Caracteristicile de produs se caracterizează prin: dimensiuni, performanță, toleranțe etc. Caracteristicile de proces sunt reprezentate de parametrii de proces: forță, debit aer, presiune, tensiune, curent etc. Cerințele legale sunt: asigurarea cantității de noxe, inflamabilitatea materialelor, reciclarea componentelor electronice, protecția mediului etc.

Identificarea caracteristicilor cheie este un proces complicat și scopul efortului unei caracteristici cheie (KCs) este de a identifica și controla caracteristicile designului care au cel mai mare impact în ceea ce privește timpul de fabricație, costurile și performanța generală. Acestea sunt denumite, de obicei, caracteristici critice. Ele obligă echipa de proiectare să se concentreze asupra lor. Identificarea acestora începe cu cerințele produsului și ajunge până la cerințele elementare (Priest & Sanchez, 2001).

În Fig. 4.13, (Tiuc D. , Drăghici, Pârvu, & Enache, 2015) au propus modelul de identificare a cerințelor cheie în cadrul unui proiect.

Legătura între FMEA și caracteristicile cheie o reprezintă severitatea alocată fiecărui efect posibil al produsului. De obicei, severitatea se stabilește de către client, în prima fază de revizuire a FMEA. Caracteristicile cheie sunt alocate în funcție de cerința clientului (prezentat în exemplul de la Ford Motor Company).

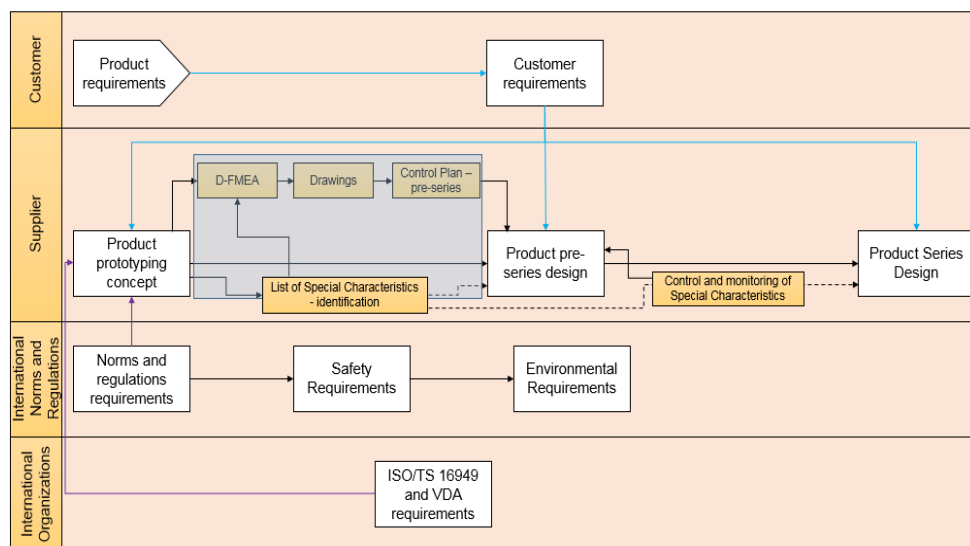


Fig. 4.13. Modelul de identificare a caracteristicilor cheie (Tiuc D. , Drăghici, Pârvu, & Enache, 2015)

Într-o organizație, dacă nu există o cerință externă (OEM, standard etc.), alocarea de caracteristici cheie se propune a fi făcută în funcție de severitate. Această alocare propusă este prezentată în Tab. 4.3, bazată pe studiul din (Tiuc D. , Drăghici, Pârvu, & Enache, 2015).

Tab. 4.3. Alocarea caracteristicilor cheie în funcție de severitatea efectului

Clasificare catalog FMEA	Tip caracteristică cheie	Descriere
10, 9	Caracteristică cheie	Risc critic: poate afecta cerințe legale, de siguranță sau mediu.
7, 8	Caracteristică funcțională	Risc ridicat: impact asupra funcțiilor de bază. În cazuri bine întemeiate nu se alocă caracteristică cheie, dar trebuie motivat.
5, 6	-	Risc mediu: impact asupra funcțiilor intermediare. Alocarea de Caracteristici funcționale se face doar dacă decide echipa de analiză că este nevoie în urma analizei: timp, costuri, buget.
4-1	-	Risc mic: nu este nevoie să fie controlată printr-o caracteristică cheie.

În exemplul de D-FMEA care urmează este prezentat modul de notare al caracteristicilor cheie. În document au fost luate în considerare toate cerințele prezentate anterior. Abordarea este, de altfel, un mod de a integra toate cerințele referitoare la un produs. Aceleași principii se aplică în D-FMEA și P-FMEA. Pentru potențialele riscuri cu severitate mai mică de 6 (indiferent de catalogul urmat) nu sunt întreprinse măsuri speciale, deoarece au un impact destul de mic, ca efect la client, putând fi controlate prin metode clasice. Caracteristicile cheie pentru severitate între 10 – 7 sunt controlate prin capabilități de proces (SPC – Statistical Process Control), frecvența fiind stabilită de echipa care a dezvoltat produsul și care

a efectuat analiza de riscuri cu FMEA. Procesul de verificare și validare al acestor caracteristici este arătat în Fig. 4.14.

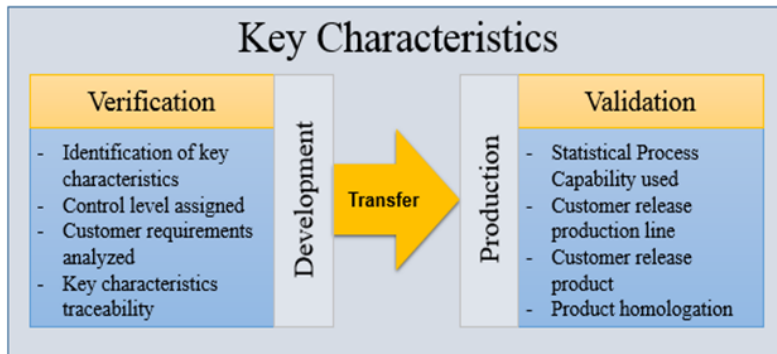


Fig. 4.14. Procesul de verificare și validare al caracteristicilor cheie (Tiuc D. , Drăghici, Pârvu, & Enache, 2015)

Scopul validării caracteristicilor cheie este de a asigura că atributele de calitate ale produsului sunt monitorizate și verificate continuu, iar limitele de calitate nu se modifică, ci rămân aceleași cum au fost agreeate cu clientul.

Cerințele specifice sunt implementate în FMEA în scopul de a asigura respectarea cerințelor și de a obține o analiză de riscuri cât mai acurată și specifică produsului.

4.5 Procesul de analiză a riscurilor

4.5.1 Riscurile unui proiect și managementul lor

Orice proiect, pe parcursul ciclului său de viață, este expus la riscuri, fie că ele sunt interne proiectului, generate de acțiunile de realizare, fie externe, cauzate de acțiunile din alte surse decât proiectul.

Riscul poate fi o combinație între un eveniment anormal sau un defect și consecințele acelui eveniment sau a defectului asupra unui sistem, a operatorilor, utilizatorilor sau mediului.

Riscul este o problemă care încă nu a avut loc, dar care poate cauza pierderi sau poate amenința succesul proiectului.

Riscul este definit ca: „șansa sau probabilitatea de a pierde, sau dispersia preconizată a rezultatelor ce se vor obține” (Filipoiu I.-D., 2008).

Toate evaluările, testele, auditurile, verificările unui proiect nu demonstrează altceva decât dorința de reducere a riscurilor spre zero.

Evaluarea riscurilor comportă câteva aspecte:

- identificarea riscului și analizarea certitudinii/incertitudinii acestuia;
- existența reală a riscului, nu doar recunoașterea sa de către echipă;
- anticiparea riscurilor, calcularea probabilității ca acestea să apară.

Cea mai mare problemă într-un proiect este de a identifica, analiza și controla un risc. Dacă echipa de proiect nu gestionează corect riscurile, atunci acestea pot aduce pagube sau prejudicii proiectului și produsului.

Riscul este un eveniment posibil în procesul de dezvoltare al produsului.

În funcție de probabilitatea de realizare, evenimentele pot fi:

- evenimente cu risc ridicat, la care gravitatea pe care o implică realizarea lor este foarte mare;
- evenimente cu risc mediu, la care probabilitatea de realizare este moderată;
- evenimente cu risc scăzut, la care gravitatea este redusă.

Managementul riscurilor cuprinde totalitatea metodelor și mijloacelor prin care se gestionează incertitudinea, ca bază majoră a factorilor de risc în scopul îndeplinirii obiectivelor planificate. Scopul managementului riscurilor este de a identifica, analiza, trata și monitoriza continuu riscurile. Procesele propuse a fi urmărite în managementul riscurilor de dezvoltare a produsului sunt următoarele (Filipoiu I.-D., 2008):

- identificarea riscurilor;
- cuantificarea riscurilor;
- elaborarea măsurilor de atenuare;
- aplicarea măsurilor de atenuare.

Fiecare proces intervine cel puțin odată pe parcursul derulării unei faze a proiectului, ceea ce înseamnă că managementul riscurilor este un document "viu" care se va revizui la fiecare termen stabilit.

Managementul riscurilor este procesul sistematic de identificare, analiză și de răspuns la riscul potențial al unui proiect. Acesta include procesele referitoare la identificarea, analiza și răspunsul la riscul proiectului, implicând identificarea riscului, cuantificarea riscului, cât și dezvoltarea și controlul răspunsului la risc.

Riscul poate fi definit ca fiind gradul de expunere la un eveniment (Bârsan-Pipu N., 2003), ceea ce înseamnă că evenimentul, care de obicei este negativ, poate cauza pierderi proiectului (cost, timp, calitate). De aici poate rezulta expunerea la risc, care se definește între probabilitatea apariției aceluși eveniment negativ și impactul pe care îl poate avea în proiect. De asemenea, "riscul poate fi descris ca o combinație dintre probabilitatea ca riscul să apară și consecințele în termenii pierderii sau câștigului ca urmare a apariției riscului" (Bârsan-Pipu N., 2003).

Expunerea la risc trebuie controlată de la începutul proiectului, atunci când au fost planificate activitățile sale.

Riscurile trebuie identificate, analizate, controlate și urmărite, pentru a atinge obiectivul proiectului, încadrarea în bugetul stabilit și în perioada de timp stabilită cu clientul. Tot ce apare pe parcursul proiectului ca fiind evenimente sau probleme trebuie eliminate sau diminuate prin mijloace și metode prevăzute în managementul de risc al proiectului. Nu toate riscurile sunt "riscuri", unele dintre ele sunt probleme care au apărut și trebuie tratate ca atare, de aceea "managementul riscului proiectului este un proces continuu, pentru a mări cât mai mult potențialul la succes al proiectului" (Bârsan-Pipu N., 2003).

Obiectivul managementului riscurilor este de a crește probabilitatea și impactul evenimentelor pozitive și de a scădea probabilitatea și impactul evenimentelor negative în proiect (Project Management Institute, 2013). Aceasta înseamnă că pe toată durata proiectului riscul provine din activități care sunt realizate sau care nu sunt realizate.

Activitățile efectuate sunt controlate și verificate, iar pentru "activitățile" neefectuate se calculează probabilitatea și impactul în proiect. Riscul unui proiect este un eveniment incert sau o condiție care, dacă apare, va avea un efect pozitiv sau negativ (Project Management Institute, 2013).

Pentru un eveniment se pot asigna unul sau mai multe riscuri și, de asemenea, fiecare risc poate genera unul sau mai multe impacturi; există cazuri în care un risc poate avea un singur impact, dar sunt rare.

O cauză care generează un risc poate să fie o cerință a clientului, o implementare nouă care apare la mijlocul proiectului, o constrângere (legală sau de la client), sau pot fi anumite activități pe care clientul nu le cere (asigurarea nivelului maturității softului la furnizorii de gradul II), caz în care va fi urmat procesul intern al companiei care dezvoltă produsul. Într-un proiect vor exista întotdeauna riscuri care au fost identificate și care sunt controlate, dar vor exista și riscuri care nu pot fi identificate și deci nu pot fi controlate.

Riscurile necunoscute nu pot fi gestionate în mod pro activ. Un risc negativ apărut în proiect nu mai este considerat un risc, ci o problemă (Project Management Institute, 2013). Într-un proiect pot exista riscuri individuale și riscuri globale ale proiectului. Riscurile individuale ale proiectului sunt diferite de cele globale. Riscurile globale reprezintă efectul de incertitudine al proiectului global. Este mult mai mult decât o sumă a tuturor riscurilor individuale în proiect, deoarece include toate sursele de incertitudine ale proiectului și reprezintă expunerea tuturor celor implicați (stakeholders) la rezultatele proiectului, negative și pozitive (Project Management Institute, 2013).

Analiza managementului de risc trebuie aplicată pe toată durata proiectului, fiecare proiect fiind unic. El conține riscuri – pericole, ambele cunoscute sau necunoscute.

Managementul de risc este mijlocul prin care incertitudinea este gestionată sistematic, pentru creșterea probabilității de atingere a obiectivelor proiectului. Cuvântul cheie este „sistematic”, pentru că, cu cât o abordare este mai disciplinată, cu atât mai mult proiectul este mai capabil de a controla și reduce riscurile.

Managementului de risc are în vedere:

- riscurile cunoscute – reprezintă potențialele probleme identificate, și chiar dacă nu se știe exact ce se va întâmpla, se știe că există o posibilitate de a pune în pericol proiectul (Verzuh E. , 2003) (e.g. Clientul vine cu cerințe noi, alți parametri sau mici modificări, dar nu se știe cât va dura dezvoltarea, integrarea și testarea noilor cerințe);
- riscurile necunoscute – sunt riscurile pe care echipa de proiect nu le cunoaște, nu au fost identificate, dar proiectul trebuie să fie pregătit, dacă se va întâmpla să apară (Verzuh E. , 2003) (e.g. Se știe ce funcționalități trebuie să conțină produsul, dar clientul vine cu puțin timp înainte de startul producției cu o nouă funcționalitate ce trebuie dezvoltată și integrată, care poate destabiliza maturitatea produsului);
- la orice problemă care nu a fost luată în considerare se va reacționa mult mai prompt și eficient (e.g. a fost prevăzut un buget pentru situații neclare);
- cunoașterea din timp a incertitudinilor;
- diferențierea, de la startul proiectului, a problemelor, incertitudinilor și a riscurilor;
- transparența proiectului (vizibilitate pe termen lung a activităților de proiect).

Planificarea riscurilor se face de la începutul proiectului. În faza de cotație, echipa de proiect va analiza riscurile globale care pot apare pe parcursul proiectului.

În planul managementului de risc (Fig. 4.15) trebuie regăsite riscurile provenite de la toți participanții de proiect:

- echipa de proiect;
- clientul intern;
- departamentele suport (achiziții, vânzări etc.);
- organizația.

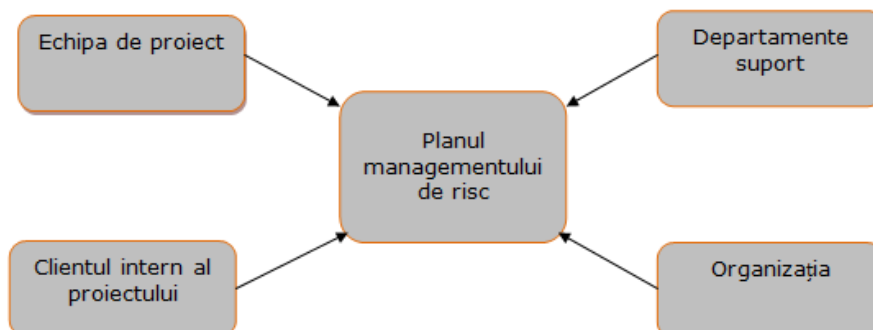


Fig. 4.15. Planul managementului de risc

Toate aceste riscuri trebuie să apară în manualul de proiect al organizației. Planul managementului de risc este o componentă a planului managementului de proiect.

Un plan al managementului riscului poate să conțină următoarele:

- metodologia de abordare, metode folosite, instrumente etc.;
- costurile estimate pentru activități cu risc;
- categorii de riscuri: tehnice, administrative, de calitate, externe, ale companiei sau care țin de managementul proiectului (Heldman K. , 2011);
- definirea probabilității și impactului – probabilitatea descrie un eveniment potențial de risc care apare, iar impactul este un efect ce va apărea în proiect în urma unui risc;
- toleranța la risc pe întregul ciclu de dezvoltare al produsului;
- roluri și responsabilități ale echipei de proiect, în administrarea riscurilor;
- urmărirea evoluției riscurilor, expunerea la risc în proiect;
- re-evaluarea riscurilor după măsurile de corecție, noua probabilitate de a apărea riscuri și impactul lor;
- matricea probabilității și impactului, care ajută la determinarea și clasificarea riscurilor ce trebuie detaliate și controlate mult mai riguros (Heldman K. , 2011).

Scopul planului de management al riscului este:

- identificarea, analiza, controlul și verificarea riscurilor semnificative în proiect;
- creșterea maturității produsului (cu cât nivelul de riscuri scade, cu atât produsul devine mai matur);
- evaluarea riscurilor conform procesului de dezvoltare;
- diminuarea expunerii la risc.

Odată cu planificarea riscurilor, la începutul fiecărui proiect, se întocmește și strategia de gestionare a riscurilor, în care se vor cuprinde următoarele aspecte (Verzuh, 2003):

- Cine sunt responsabilii de acțiuni corective pe disciplinele proiectului?
- Cine este responsabil de gestionarea riscurilor?
- Când se vor face revizuirile ale riscurilor?
- Care este toleranța la risc?

Proiectul trebuie să fie pregătit pentru fiecare risc care apare, iar la fiecare risc trebuie să existe câte o acțiune corectivă (Mcmanus, 2004).

Tot acum se vor seta obiectivele managementului de risc pentru fiecare disciplină. Fiecare responsabil de arie trebuie să aducă la cunoștință riscurile cu care se va confrunta în viitor.

Ca și rezultat de succes al implementării managementului de risc se așteaptă (SIG, 2010-05-10):

- stabilirea domeniului de aplicare al managementului de risc - să fie definit clar, de la început, care este proiectul pentru care se va face o evaluare a riscurilor, care sunt responsabilii etc.;
- definirea și implementarea strategiei adecvate managementului de risc - în prima ședință de proiect (kick-off meeting) se va prezenta strategia (planul de management al riscurilor);
- analizarea și prioritizarea riscurilor;
- definirea măsurilor de corecție;
- evitarea și tratarea impactului riscurilor, bazat pe prioritate, probabilitate și consecințe.

Obiectivul managementului de risc este de a identifica și a reduce potențialele probleme în timp, pentru a preveni impactul pe factorii de proiect, cum ar fi: bugetul, planificarea, resursele, costurile și calitatea produsului (Richard, 2009).

Fiecare acțiune corectivă luată împotriva unui risc trebuie cel puțin să reducă riscul, dacă nu îl elimină. Întotdeauna se va încerca reducerea impactului acolo unde este cel mai mare și cu costurile cele mai mari, indiferent dacă este vorba de timp sau buget.

Planul managementului de risc definește nivelul la care va fi făcută analiza riscurilor, frecvența ședințelor de analiză, cum vor fi înregistrate și actualizate riscurile (Pieplow, 2012).

Pentru aceasta trebuie definite responsabilitățile fiecărui membru din echipa de proiect: sponsorul proiectului, managerul de proiect, echipa principală de proiect, echipa extinsă a proiectului (Fig. 4.17).

Planul managementului riscului trebuie să conțină următoarele activități:

- specificarea intervalelor de timp la care se vor organiza ședințele de management al riscului;
- specificarea căii de comunicare a analizei riscurilor către management (Pieplow, 2012);
- estimarea efortului pentru ședințele de analiză;
- aprobarea analizei de risc, dacă este necesar, de la managementul de nivel superior (Pieplow, 2012);
- documentarea și raportarea riscurilor.

Rolurile și responsabilitățile trebuie definite conform Fig. 4.16, echipa de proiect fiind împărțită în:

- echipa principală, formată din reprezentanți ai fiecărei discipline (Ex. Test Manager – conducătorul echipei care testează produsul);
- echipa extinsă, reprezentată de cei care execută activitățile, subordonați funcțional reprezentatului din echipa principală, separat pe fiecare disciplină.

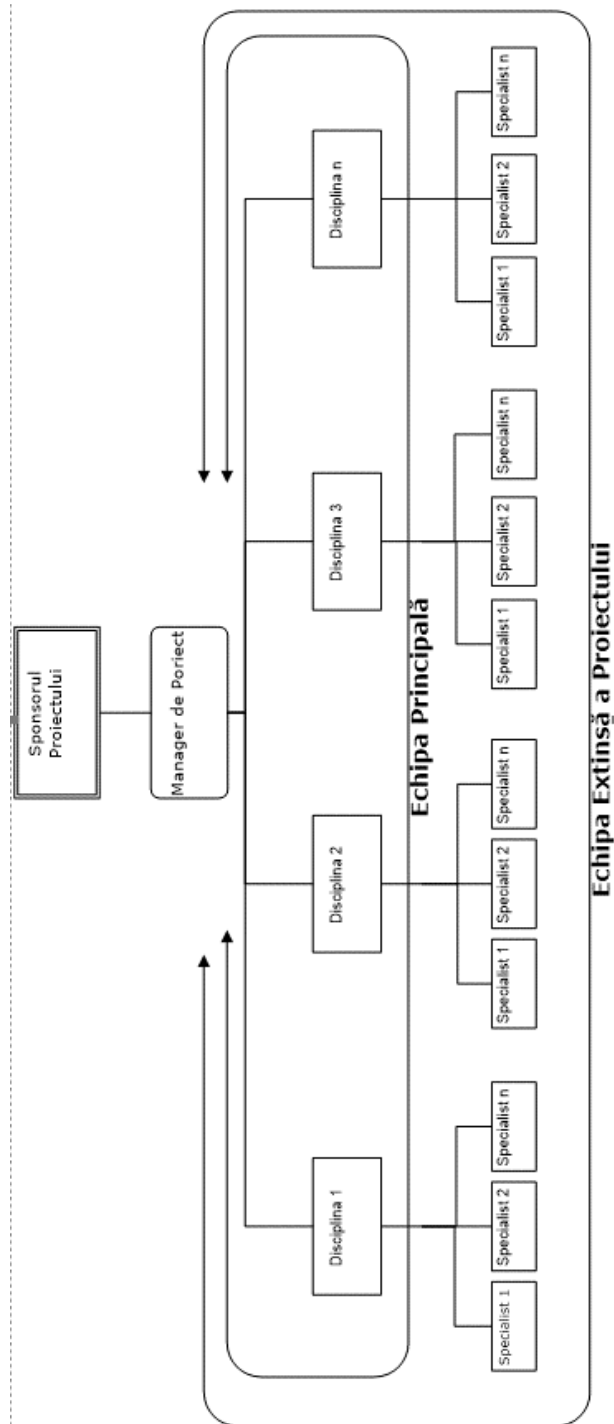


Fig. 4.16. Structura echipei de proiect

Principalele roluri în proiect le au:

Managerul de Proiect - este responsabilul de proiect și are următoarele responsabilități:

- planifică și conduce ședințele de analiză pe toată durata proiectului;
- monitorizează și actualizează riscurile (Pieplow, 2012);
- asigură de calitate riscurilor înregistrate;
- asigură eficiența acțiunilor luate împotriva riscurilor (Pieplow, 2012);
- solicită buget pentru administrarea riscurilor (extern, de la client, pentru cele de proiect și intern, pentru cele administrative);
- raportează și informează riscurile la managementul superior.

Inginerul de Calitate-Dezvoltare - asigură planificarea calității în proiect și are următoarele responsabilități:

- asistă managerul de proiect la implementarea managementului de risc;
- asigură expertiză, direcție și asistență;
- poate conduce (la înțelegere cu managerul de proiect) ședințele de management de risc (Pieplow, 2012);
- ajută la identificarea riscurilor;
- identifică responsabilii de acțiuni corective și stabilește termenele limită pentru acțiuni.

Echipa de proiect este cea care derulează întregul proiect, fiind formată din diverși specialiști.

Echipa de analiză de risc poate fi doar echipa principală, dar pot face parte din această echipă și specialiști din echipa extinsă, care au următoarele responsabilități:

- execută acțiunile corective;
- identifică și evaluează riscurile (Pieplow, 2012);
- comunică noi riscuri care apar;
- reține riscurile (Pieplow, 2012).

Echipa de risc este responsabilă de riscurile identificate, evoluția lor și impactul care îl au în proiect.

Activitățile de management al riscului cuprind: identificarea, evaluarea, reducerea și validarea riscurilor (Fig. 4.17).

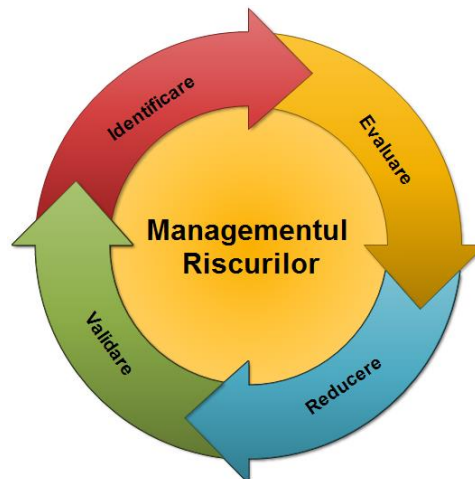


Fig. 4.17. Activitățile de management al riscului, după (Project Management Institute, 2013)

4.5.2 Identificarea și prioritizarea riscurilor

Riscurile au impact negativ, influențând costurile și calitatea proiectului.

Identificarea riscurilor trebuie făcută pe tot ciclul proiectului de dezvoltare al produsului (se poate mapa pe livrările de la client analizate în cap.1).

Identificarea riscurilor este definită ca fiind un proces de determinare a factorilor care pot afecta proiectul și documentarea asupra caracteristicilor lor (Project Management Institute, 2013).

Identificarea riscurilor este o abordare sistematică, ce implică determinarea riscurilor care pot afecta proiectul și, în aceleași timp, documentarea asupra caracteristicilor acestor riscuri (Bârsan-Pipu N., 2003).

Identificarea riscurilor înseamnă găsirea situațiilor defavorabile în care poate ajunge proiectul. Identificarea riscurilor constă în:

- realizarea unei liste a riscurilor posibile și a unui profil de risc;
- stabilirea riscurilor pe baza experienței acumulate;
- compararea riscurilor cu cele din alte proiecte similare derulate anterior sau în paralel (Filipoiu I.-D., 2008);
- stabilirea riscurilor ce pot să apară pe parcursul derulării activităților și care pot afecta bugetul planificat al proiectului (Filipoiu I.-D., 2008);

La identificarea riscurilor participă echipa prezentată în secțiunea anterioară, de planificare a riscurilor.

Pentru o definiție cât mai clară a procesului de identificare al riscurilor se vor analiza intrările în proces, metodele de analiză și ieșirile din proces.

Identificarea riscurilor ia în considerare nu numai riscurile legate de cost, timp și realizarea produsului, dar și riscuri din alte sfere, cum sunt: calitatea produsului, securitatea, încrederea, răspunderea profesională, tehnologia informației, siguranța, sănătatea, mediul înconjurător etc. (Filipoiu I.-D., 2008).

Pentru identificarea riscurilor nu există o limită impusă de client sau de un superior. Toate riscurile care apar și care sunt riscuri, trebuie identificate și înregistrate. În etapa de identificare a riscurilor sunt evidențiate toate riscurile care pot avea o influență asupra proiectului. Pentru orice risc identificat trebuie desemnat un responsabil care va răspunde de acțiunea corectivă atribuită (Filipoiu I.-D., 2008).

Cea mai mare provocare în identificarea riscurilor este aceea de evitare a confuziei între cauza riscului, originea riscului și efectul riscului. Cauzele în identificarea riscurilor sunt definite ca „un set de evenimente sau circumstanțe care există în proiect sau în mediul proiectului, și care ridică gradul de incertitudine” (Pieplow, 2012), de exemplu: lipsa cunoștințelor datorită folosirii unei tehnologii noi de dezvoltare, lipsa unor proiecte similare etc.

Informațiile folosite pentru identificarea riscurilor pot fi: lecțiile învățate din alte proiecte, istoricul proiectelor similare, specialiști care au lucrat sau lucrează în proiecte similare, planificarea activităților proiectului etc. Atunci când se identifică, riscurile se pot clasifica în: riscuri minore, riscuri medii și riscuri majore.

Riscurile pot fi identificate din mai multe surse: interne și externe (Filipoiu I.-D., 2008).

Pentru *identificarea riscurilor externe* trebuie analizate următoarele:

- Cerințele de sistem ale clientului sau specificațiile de dezvoltare. Se vor analiza cerințele care sunt în primul rând noi, care aduc tehnologii noi de dezvoltare, cerințe care oferă detalii de implementare a softului, cerințele de design etc.;

- Specificațiile de client pentru testare. Se vor analiza cu precădere cerințele care reglementează validarea designului (DV – Design Validation);
- Reglementările internaționale. Se va analiza dacă au fost modificate reglementările internaționale, ce a fost modificat și ce impact poate avea în proiect, de exemplu modificarea frecvențelor la care lucrează sistemul;
- Timpul de dezvoltare. Se va analiza în corelare cu alte proiecte în derulare, să nu apară suprapuneri de resurse etc.;
- Cerințe de mediu.

Pentru *identificarea riscurilor interne* trebuie analizate următoarele:

- Alocarea resurselor. Se vor identifica resursele necesare în proiect, să nu existe suprapuneri de activități;
- Alocarea echipamentelor. Se vor identifica toate riscurile legate de echipamente, cum ar fi: defectarea lor datorită uzurii în alte proiecte.
- Diferențe de cultură între client și echipa de proiect

Tehnicile și metodele care pot fi folosite pentru identificarea riscurilor în proiect sunt:

- Brainstorming – este o tehnică utilizată pe scară largă, în toate domeniile posibile. Scopul este să se identifice riscurile care pot apărea în proiect, riscuri care vor fi analizate cantitativ sau calitativ (Bârsan-Pipu N., 2003). Se organizează o ședință cu toți membrii echipei de proiect, la care pot fi invitați și alți specialiști din proiecte similare, care sunt mai avansați în folosirea metodei (LL - Lessons Learned). Ședința este condusă de un moderator (manager de risc, manager de proiect, inginer calitate-dezvoltare etc.). Toate ideile sunt înregistrate într-un soft special creat sau într-o bază de date, unde apoi vor fi analizate de către echipa de proiect.
- Analiza SWOT – se identifică punctele tari, punctele slabe, oportunitățile și amenințările proiectului în urma cărora se pot identifica riscurile de proiect.
- Diagrama cauze-efect – se vor utiliza cei 5 (cinci) „de ce” pentru a ajunge la un risc acurat, care poate avea impact în proiect și pentru a diferenția o problemă de risc posibil.
- Delphi – datele de proiect sunt furnizate de către moderator unor experți care nu se cunosc între ei, fiindu-le cerute idei asupra celor mai mari riscuri posibile și comentarii pe marginea lor (Bârsan-Pipu N., 2003).

Toate riscurile identificate se vor înregistra într-un document sau un soft dedicat.

Prioritizarea riscurilor se face în funcție de impactul pe care îl pot avea în proiect, de tipul proiectelor în faza de identificare, riscurile putând fi: de siguranță, tehnice, reglementări naționale și internaționale, de mediu, testare, indici de calitate, timp și buget.

4.5.3 Evaluarea riscurilor

Pentru evaluarea riscurilor se folosesc metode de analiză calitativă și metode de analiză cantitativă.

Analiza calitativă constă în evaluarea raportului între probabilitatea apariției riscurilor și impactul acestora. Pentru această evaluare, a legăturii între impact și probabilitate, se pot urmări stările unui proiect complex în care managementul riscului apare ca un proces integrat.

Analiza calitativă este o analiză de acuratețe, în care fiecare risc este evaluat “calitativ” și în care impactul poate fi estimat.

Analiza calitativă a riscurilor constă, de fapt, într-o clasificare a importanței riscurilor ce pot apare în proiect. Analiza calitativă este bazată pe o scală nominală sau descriptivă pentru descrierea probabilităților și a consecințelor riscului (Dale, Stephen, Geoffrey, & Phill, 2005), ceea ce înseamnă că există o legătură între evaluarea probabilității pe o prioritate a riscurilor și pe o prioritate a impactului care îl poate avea un risc.

În Fig. 4.18 este redată o matrice de analiză din punct de vedere al impactului versus probabilitate, din care rezultă expunerea la risc.

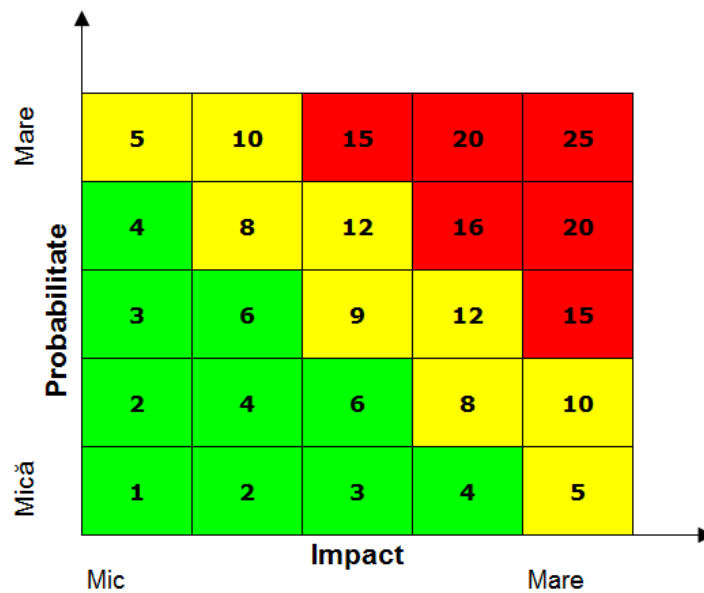
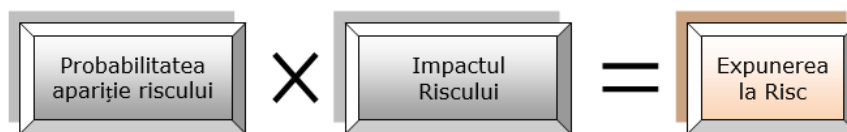


Fig. 4.18. Matricea Impact – Probabilitate

Expunerea la risc determină o clasificare a riscurilor proiectului, indicând modul în care se va acționa prioritar.

Expunerea la risc se calculează astfel:



În raport cu expunerea la risc calculată, din matricea de analiză rezultă că:

- riscurile din zona verde sunt riscuri minore, nu au impact financiar și pot fi rezolvate la nivel de disciplină; riscurile din această zonă pot fi acceptate;
- riscurile din zona galbenă sunt riscuri cu impact în proiect, care pot rezolvate la nivel de manager de proiect; riscurile au impact financiar sau în calitate și au fost prevăzute în buget; riscurile din această zonă trebuie reduse;
- riscurile din zona roșie sunt riscuri grave, care au impact mare în bugetul proiectului, în obiectivele de calitate și în livrările ce vor fi făcute pe durata ciclului de viață a produsului; riscurile din această zonă trebuie eliminate și

escaladate la managementul superior și la client, deoarece au cel mai mare impact în proiect.

Analiza cantitativă se bazează pe rezultatele analizei calitative, iar ca elemente de intrare se vor folosi planificarea activităților și planul managementului de risc (Greene & Stellman, Head First PMP 2nd Edition, 2009).

În analiza cantitativă, acele "numere" rezultate din analiza calitativă vor arăta distribuțiile impactului, ale probabilității și se pot simula riscurile. Pentru această cuantificare se pot folosi mai multe metode.

Analiza cantitativă nu face altceva decât o analiză a numărului defectelor care au apărut și a acțiunilor efectuate împotriva riscurilor. Pentru aceasta este calculată *valoarea monetară așteptată* (Tab. 4.4). Probabilitatea se calculează în procente, iar impactul în cost (bani) (Greene & Stellman, Head First PMP 2nd Edition, 2009).

Tab. 4.4. Calculul valorii monetare așteptate

Riscul identificat	Probabilitatea apariției riscului	Impactul riscului	Valoarea monetară așteptată
Date incorecte primite de la client pentru simulări	50%	-200€	-100€
Implementare cerință nouă	25%	-150€	-37,5€
Insuficiente resurse la testare	20%	-500€	-100€

Valoarea monetară așteptată se va face prin însumarea valorilor rezultate din identificarea riscurilor:

$$V_{MT} = V_{M1} + V_{M2} + \dots + V_{Mi} \quad (4.2)$$

V_{MT} - Valoarea Monetară Totală

Analizele grafice care arată o distribuție a probabilităților și impactul unui eveniment dat sunt prezentate în Fig. 4.19. Cele mai frecvente fiind beta și triunghiulară (PMI, 2013). Distribuțiile probabilității și ale impactului pot fi:

- Distribuție normală (1);
- Distribuție log normală (2);
- Distribuție beta (3).
- Distribuție triunghiulară (4);
- Distribuție uniformă (5).

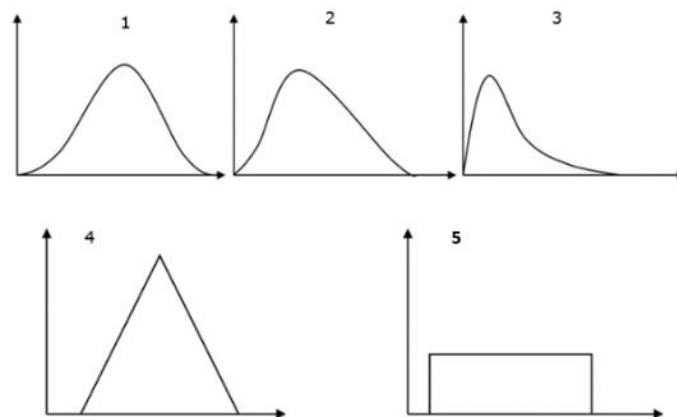


Fig. 4.19. Distribuția probabilităților și impactul unui eveniment, adaptare după (PMI, 2013)

Pentru fiecare variabilă, probabilitatea unui risc și consecința corespunzătoare pentru acel eveniment poate varia. Depinde dacă evenimentul de risc apare, pentru ca o reacție la eveniment de să poată apărea.

În analiza riscurilor tehnice se propune să fie urmărită diagrama din Fig. 4.20, care arată modul de evoluție al riscurilor în cadrul proiectului.

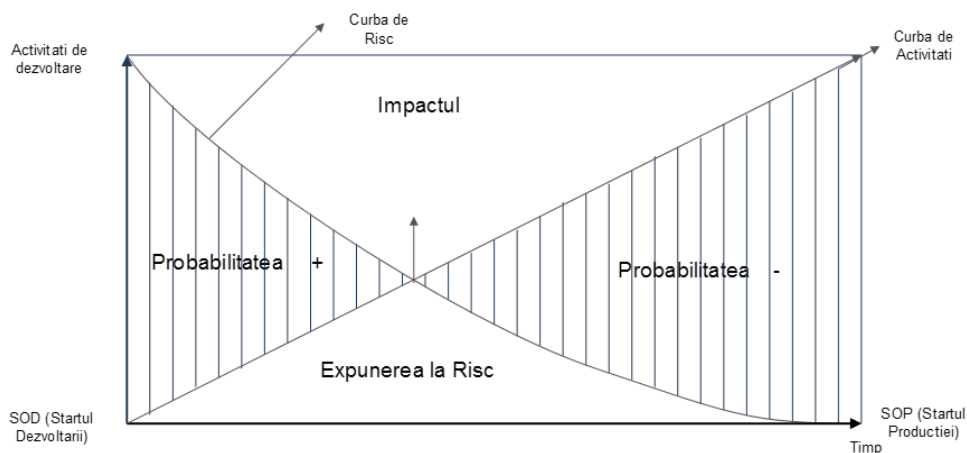


Fig. 4.20. Modul de evoluție al riscurilor în cadrul proiectului

4.5.4 Reducerea și validarea riscurilor

În industria automotive evoluția în ultimii ani este una explozivă, produsele fiind din ce în ce mai complexe, conținând tot mai mult software, iar componentele mecanice și hardware sunt reduse ca dimensiuni, de la generație la generație. De fapt, o trecere de la o generație mai veche la una nouă nu constă în reducerea neapărat a numărului de componente (care crește), ci mai ales în îmbunătățirea performanțelor: mecanice (greutate, mărime, tip materiale etc.), hardware (complexitate, material, număr componente, performanțe etc.) și software

(performanțe, adaptabilitate, comunicare cu alte componente, arhitectură, complexitate etc.). Toate aceste implică însă și numeroase riscuri.

Îmbunătățirea analizei riscurilor în faza de concept a produsului constituie un obiectiv al cercetării prezente. Cu cât riscurile sunt descoperite mai repede, cu atât impactul este mai mic, adică probabilitatea unui efect negativ major scade. De fapt, acesta este și scopul analizei riscurilor, de a identifica riscurile tehnice de produs într-o fază cât mai devreme.

În momentul de față, FMEA este cea mai utilizată metodă de a descoperi și analiza modurile potențiale de defectare și de a determina cauzele defectării. FMEA este orientată pe evaluarea riscurilor prin analiză calitativă. Impactul și expunerea la risc sunt două caracteristici care există în orice produs și scopul analizei de risc cu FMEA este de a se reduce spre zero probabilitatea apariției unui mod de defectare, iar dacă apare, impactul sau efectul să fie minim. FMEA este folosită pentru reducerea și validarea riscurilor de peste 60 de ani, evoluând continuu, de la varianta clasică în formate de tabel, până la softuri speciale având ca scop creșterea eficientizării analizei de risc. Riscurile în D-FMEA sunt analizate prin: indicele RPN și matricea de riscuri.

În acest scop a fost propusă validarea acțiunilor de prevenție și detecție din D-FMEA cu ajutorul TRIZ. În cele ce urmează vor fi analizate riscurile tehnice cu D-FMEA și vor fi prezentate studii de caz aplicate în proiecte din familia de produse de Driver Assistance Systems. Datorită confidențialității, pentru validarea metodei propuse sunt exemplificate doar două componente din produs. Validarea se face în două moduri:

- analiză D-FMEA cu ajutorul softului APIS IQ-RM PRO Trial Version;
- analiză D-FMEA cu ajutorul unui model propus în format tabelar, care include câmpuri speciale pentru integrarea TRIZ în evaluarea riscurilor și reducerea lor.

Scopul urmărit este de a găsi un mijloc eficient și obiectiv de analiză și evaluare a riscurilor calitative. Se propune o metodă îmbunătățită a FMEA, care în combinație cu TRIZ duce la creșterea calității produsului dezvoltat. TRIZ este o metodă care se folosește la rezolvarea problemelor. FMEA este o metodă care analizează riscurile, adică posibilele viitoare probleme. Noua metodă care rezultă din această combinație este una inovativă, deoarece aduce echipa de proiect într-o fază în care experții pe domenii sunt ajutați pentru a lua decizii concrete în rezolvarea posibilelor probleme care constituie riscuri în proiect.

În continuare sunt prezentate câteva exemple din industria automotive, în care este analizat întregul proces, de la cerință la reducere risc, fiind abordate următoarele:

- analiza unei componente din cadrul unui produs aflat în faza de concept;
- analiza clasică a riscurilor cu metoda D-FMEA;
- analiza matricei de riscuri și a diagramei Pareto;
- acțiuni corective de detecție și prevenție cu metoda clasică;
- integrarea TRIZ în D-FMEA;
- modelul propus de analiza riscurilor;
- riscuri compuse prin combinarea modurilor de defectare și a cauzelor;
- acțiuni de prevenție și corecție după integrarea metodei TRIZ în FMEA;
- de la noul mod de defectare la efect și cauză;
- avantajele integrării metodei TRIZ în FMEA.

Pentru început, se efectuează D-FMEA de componentă și se dezvoltă analiza de risc. În cadrul unei structuri de D-FMEA sunt folosite diverse modele de FMEA.

Pentru analiza componentei s-a folosit modelul propus în Fig. 4.21, părțile modelului fiind:

1. Date ale furnizorului: produsul, denumirea componentei etc.;
2. Date ale clientului: informații care pot interesa clientul sau alți membri ai echipei de proiect;
3. Funcția/Cerința: sunt documentate funcțiile ce le are produsul, componenta, pasul din proces; se răspunde la întrebarea: care este funcția ce trebuie să o îndeplinească?
4. Modul de defectare: sunt documentate modul/modurile posibile de defectare; pentru definire se răspunde la întrebarea: cum se poate defecta funcția sau cerința?
5. Efectul defectării: sunt documentate potențialele efecte ale defectării, care pot fi efectele la client în timpul funcționării unui produs; echipa se concentrează pe efectul defectării, ce va observa clientul;
6. Severitatea: se alocă o notă conform catalogului de evaluare ales (după AIAG sau VDA); notele sunt de la 1 la 10, în care nota 10 se alocă atunci când efectul poate pune în pericol viața pasagerilor (e.g. un airbag care trebuia să se deschidă la un impact, dar nu se deschide sau se deschide mai târziu);
7. KCs - caracteristicile cheie: acestea sunt asociate cu impactul; care va fi impactul dacă apare un defect?; în funcție de acesta, anumite caracteristici de produs sau proces; după (ISO/TS16949, 2009) sunt caracteristici care pot avea impact asupra siguranței, reglementărilor naționale și internaționale, de fixare, funcționare sau performanță (e.g. grosimea materialului sudat); acestea sunt menționate în D-FMEA/P-FMEA și, de asemenea, pe desen și alte documente relevante (e.g. Planul de Control);
8. Cauza de defectare: sunt documentate potențialele cauze de defectare; acestea trebuie să fie definite cu metodele clasice de determinare a cauzei rădăcină, care însă sunt foarte generice și de cele mai multe ori presupuneri; se pune accent pe factorii ce cauzează defectarea componentei;
9. Acțiuni de prevenție: sunt luate în considerare pentru implementare acțiunile ce pot preveni apariția unei defectări a componentei (e.g. simulări, calcul de toleranțe etc.);
10. Ocurența sau apariția defectului: produsele din industria de automotive au o rată de apariție a defectelor; se alocă o notă conform cataloagelor AIAG sau VDA de la 0 la 10, în care 10 este cea mai slabă notă, adică defectarea va apărea la peste 50% din produse/componente;
11. Acțiunile de detecție: sunt definite acțiunile care, în caz de apariție, vor detecta defectul încă din faza de concepție și detaliere (e.g. după testele de vibrații se verifică dacă au apărut fisuri la componentă); acestea se concentrează pe detecția problemei apărute;
12. Detecția: sunt alocate note de la 1 la 10, conform cataloagelor AIAG sau VDA, în care 1 este nota cea mai bună, adică se poate detecta 100% apariția defectului în design; concentrarea este pe detectarea problemei;
13. RPN – Risk Priority Number;
14. Acțiunile recomandate: sunt documentate acțiunile ce se întreprind pentru a reduce ocurența sau a îmbunătăți detecția;
15. Responsabilul de implementarea acțiunii;
16. Data de implementare a acțiunilor;
17. Rezultate acțiunii: acțiunile noi luate; sunt documentate noile rezultate.

În modelul propus anterior se observă că echipa de proiect însărcinată cu dezvoltarea componentei este responsabilă de D-FMEA, adică cu documentarea tuturor informațiilor conform cerințelor specifice de client. Astfel, D-FMEA depinde de experiența și pregătirea profesională a echipei.

Din punct de vedere tehnic, există o legătură între cauze și efect, acestea trebuind să fie corelate astfel încât să definească problema. În momentul de față, dacă se dezvoltă o D-FMEA clasică (în format tabelar), este destul de greu să se dezvolte o matrice de riscuri după ocurență și severitate, respectiv după detecție și severitate, aceasta fiind o analiză calitativă a riscurilor: ocurență versus severitate (Fig. 4.22) și detecție versus severitate (Fig. 4.23).

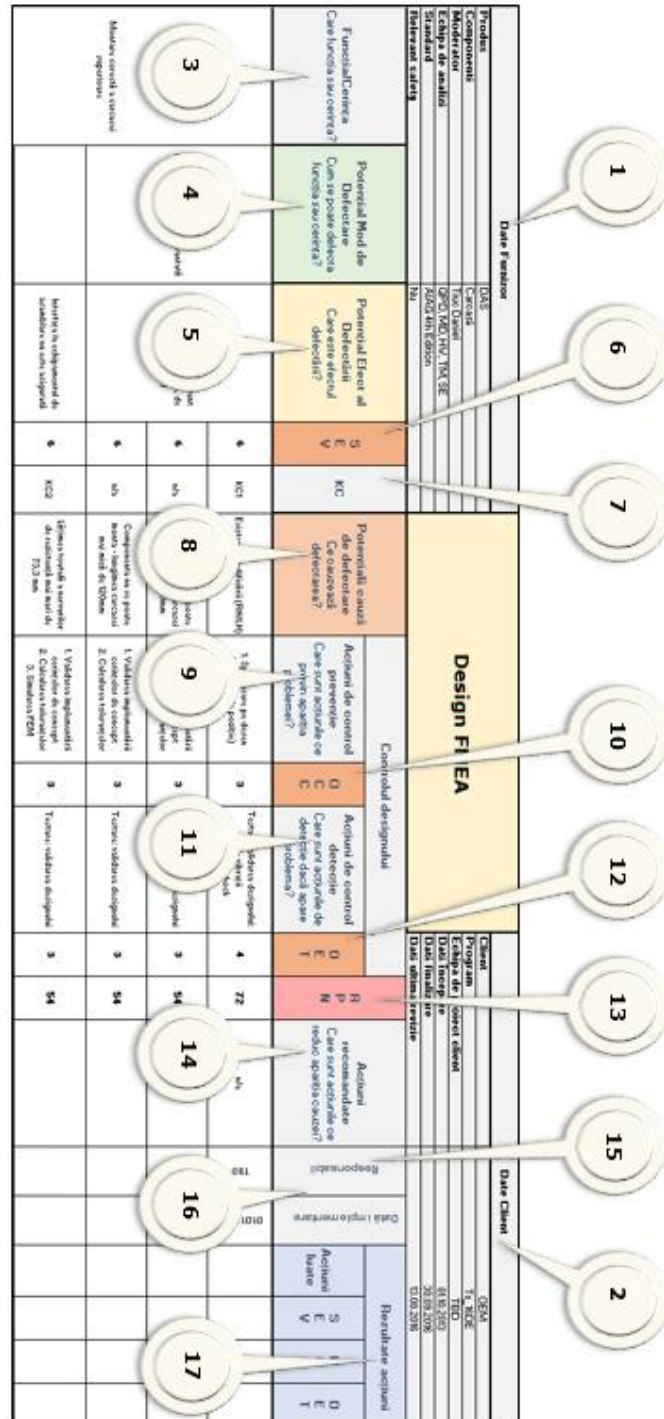


Fig. 4.21. Structura analizei de risc la o componentă mecanică, cu D-FMEA

10	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
9	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
8	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	1	Red
7	Yellow	Red	Red	Red	2	Red	2	Red	6	Red
6	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	1	Red	Red	Red
5	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	1	Red	Red	Red
4	Green	Yellow	Yellow	Yellow	2	Yellow	Red	Red	6	Red
3	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	1	Yellow	1	Red
2	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
1	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	1	Green
O/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fig. 4.22. Ocurență versus severitate, sub forma matricei de riscuri în D-FMEA

10	Yellow	Red	Red	Red	2	Red	2	Red	1	Red
9	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
8	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
7	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	1	Red	5	Red
6	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
5	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
4	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	2	Red
3	Green	Green	Green	Yellow	1	Yellow	2	Yellow	5	Red
2	Green	Green	Green	Green	1	Green	Green	Green	1	Yellow
1	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	1	Green
D/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fig. 4.23. Detecție versus severitate, sub forma matricei de riscuri în D-FMEA

În matricea de riscuri sunt arătate vizual câte cauze sunt într-o anumită zonă de risc. Cauzele care sunt în zona roșie prezintă risc major de a crea probleme și, de aceea, sunt necesare acțiuni prin care să fie aduse cel puțin în zona galbenă, iar pentru cele care rămân în zona roșie trebuie să fie arătate motivele tehnice pentru care nu pot fi scoase din zona de risc major.

În analiza FMEA, în mod special atunci când se folosește un software, există o legătură între efect, mod de defectare și cauze, iar matricea de riscuri poate să fie rulată doar dacă sunt făcute toate legăturile, așa cum rezultă de exemplu în Fig. 4.24.

Efect	Mod de Defectare	Cauza
<p>S=6 Produs_test Asigurarea montabilitatii si integrarii pe autovehicul [1-8] - Componenta nu poate fi integrata/montata</p>	<p>Carcasa Conceptul de carcasa trebuie sa asigure montabilitatea [1-8] - Pozitionarea nu este garantata</p>	<p>RPN=54 Caracteristicile carcasei Asigurarea interfetei mecanice la autovehicul [4] - Lungimea totala mai mare/mica de 95,5+/-0,2 mm O=3 Release de concept - revizuire tehnica D=3 Teste de validare al designului</p>
<p>S=6 Produs_test Asigurarea cerintelor de mediu si de dezvoltare [14], [17], [27] - Cerinte de mediu nu sunt indeplinite</p>		<p>RPN=54 Caracteristicile carcasei Asigurarea interfetei mecanice la autovehicul [4] - Latimea totala mai mare/mica de 64,5 +/-0,2 mm O=3 Release de concept - revizuire tehnica O=3 Calculul toleranțelor O=3 Simulari mecanice D=3 Teste de validare al designului</p>

Fig. 4.24. Legătura între efect, mod de defectare și cauze

Legătura între efect, mod de defectare și cauze s-a făcut cu ajutorul softului folosit în dezvoltarea D-FMEA, fiind o metodă simplă de a urmări impactul unei cauze de defectare. Pe baza acestor legături este generată și matricea de riscuri bazată pe combinarea între severitate și ocurență sau detecție.

Accentul se pune pe matricea de riscuri bazată pe ocurență versus severitate. Aceasta arată cât de robust este produsul, pe când detecția arată cât de bune sunt acțiunile de detecție. Dar aceasta se poate face doar dacă se utilizează un software special pentru FMEA. Folosind acest model, care leagă efectul de cauze, se oferă informații importante clientului și echipei de proiect, despre vulnerabilitatea produsului. Aceasta înseamnă ca echipa de proiect să găsească soluțiile de optimizare bazate pe informațiile redade în matricea de riscuri. În realitate, aceste acțiuni sunt validate odată cu validarea produsului, în testele de calificare.

Plecând de la ideile expuse s-a integrat metodologia TRIZ în analiza de riscuri FMEA. Validarea metodei propuse s-a făcut în cadrul unui proiect aflat în dezvoltare, dar cu D-FMEA completă, fiind folosite părți din ea pentru validarea posibilității de integrare a metodologiei TRIZ la următoarele generații de produs. De altfel, pentru verificarea aplicării metodei s-au folosit și exemple de D-FMEA deja dezvoltate în mai multe proiecte de produse. Scopul a fost ca metoda să fie validată pe o arie cât mai largă de produse, pentru a verifica aplicabilitatea.

În Fig. 4.25 se propune un nou format tabelar de D-FMEA, dezvoltat în Excel, denumit RA-IS (Risk Analysis-Inovative Solution), care a integrat modulul TRIZ, fiind subliniate doar diferențele față de modelul clasic deja prezentat în Fig. 4.21.

În cele mai multe cazuri, o îmbunătățire este sinonimă cu reducerea unor parametri sau caracteristici. În acest caz, la D-FMEA clasică au fost adăugate 5

coloane. La prima vedere sunt multe și, în loc să reducă timpul de dezvoltare, dau impresia unui volum de muncă mai mare. În fapt, această metodă oferă soluții tehnice la analiza de risc.

Caracteristicile suplimentare ce au fost introduse în formatul RA-IS sunt:

Faza 1		Faza 2		Faza 3		Faza 4		Faza 5	
Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea
Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea
Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea	Prezentarea Identificarea Măsurarea Evaluarea Tratarea

Fig. 4.25. Modelul RA-IS

1. Parametrul tehnic defectat, ales în urma modului de defectare, pe baza celor 39 parametri tehnici care generează contradicții în TRIZ, la fiecare mod de defectare fiind asociat un parametru tehnic;
2. Efectul parametrului tehnic defectat, ales împreună cu potențialul efect al defectării, bazat pe modelul TRIZ, la fiecare efect fiind asociat un parametru tehnic din cei 39 parametri de contradicție;
3. Parametrul tehnic cauzator, ales împreună cu cauza defectării, bazat pe modelul TRIZ, la fiecare efect fiind asociat un parametru tehnic din cei 39 parametri de contradicție;
4. Posibile soluții TRIZ pentru rezolvarea contradicției între cauze și efect;
5. Posibile acțiuni inovatoare în designul produsului, pe baza celor 40 de principii de inovare ale TRIZ.

În faza de validare au fost culese informații din D-FMEA ale mai multor familii de produse (actuatori, senzori, managementul bateriilor etc.).

Pentru alegerea posibilelor efecte, a posibilelor moduri de defectare și a posibilelor cauze, s-au folosit cei 39 de parametri ai TRIZ care generează conflicte tehnice. De exemplu, temperatura de funcționare este foarte importantă la toate tipurile de produse analizate.

4.6 Studiu de caz

Ca studiu de caz se prezintă analiza riscurilor cu ajutorul D-FMEA folosind metodologia clasică și software-ul APIS IQ-RM. Obiectivul specific propus este de creștere a fiabilității produsului prin identificarea din timp a riscurilor, în așa fel încât designul să facă față testelor de durabilitate și, astfel, să fie îndeplinite cerințele clientului, fără costuri suplimentare (fără modificări de design). Simularea este efectuată pe produsul A (RADAR 24 GHz) prezentat în capitolul 3 și este o continuare de la analiza cerințelor la implementarea cerințelor în D-FMEA, la o companie din industria automotive. Componentele de bază ale produsului sunt prezentate în Fig. 4.26: carcasă 1 și 2, PCB, șuruburi, suport.

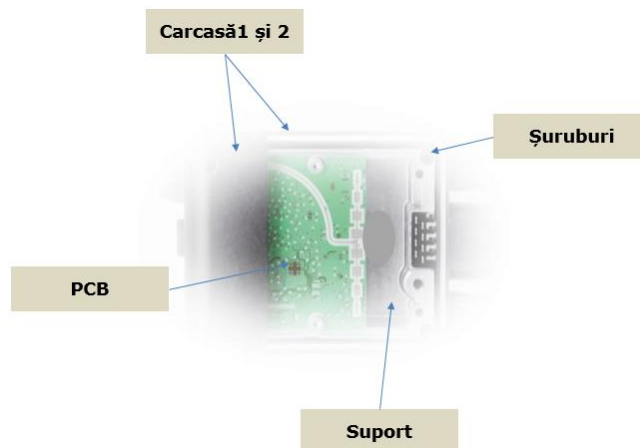


Fig. 4.26. Componente analizate la produsul A

Pentru culegerea datelor de analiză au fost considerate mai multe D-FMEA prezentate în Fig. 4.27 pentru produsul B, dar analiza a continuat și la produsul C prezentat în Fig. 4.28, toate aceste produse fiind în etapa de dezvoltare.

Pentru fiecare dintre D-FMEA efectuate au fost făcute următoarele analize:

- evaluarea duratei medii de dezvoltare a D-FMEA în vederea găsirii soluțiilor de reducere a timpului de analiză;
- identificarea riscurilor mari - urmărirea Top 10 RPN pe produsele B și C prezentate în Fig. 4.29;
- analiza matricei de riscuri pe produsele B și C, arătată în Fig. 4.30;
- urmărirea modului de implementare a modificărilor în D-FMEA (Design Change).

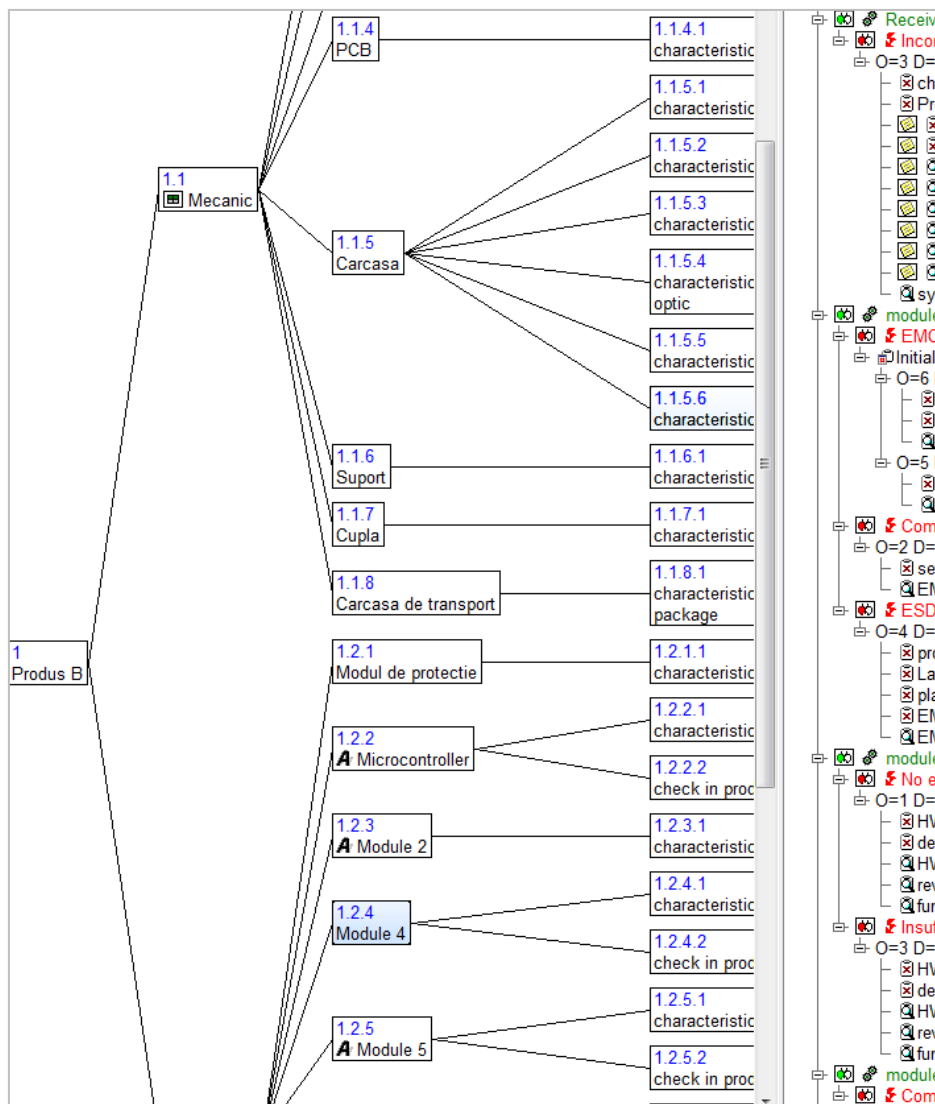


Fig. 4.27. D-FMEA de la produsul B

Pentru validarea conceptului s-a făcut o simulare pe produsul A. În această etapă a proiectului sunt preluate cerințele de proiect (cerințe specifice de D-FMEA și cerințe tehnice), iar din conceptul produsului sunt identificate componentele care vor fi baza la D-FMEA, și anume: carcasă, suport, șuruburi, PCB, componenta A, hardware (tratat sub formă de module), software etc.

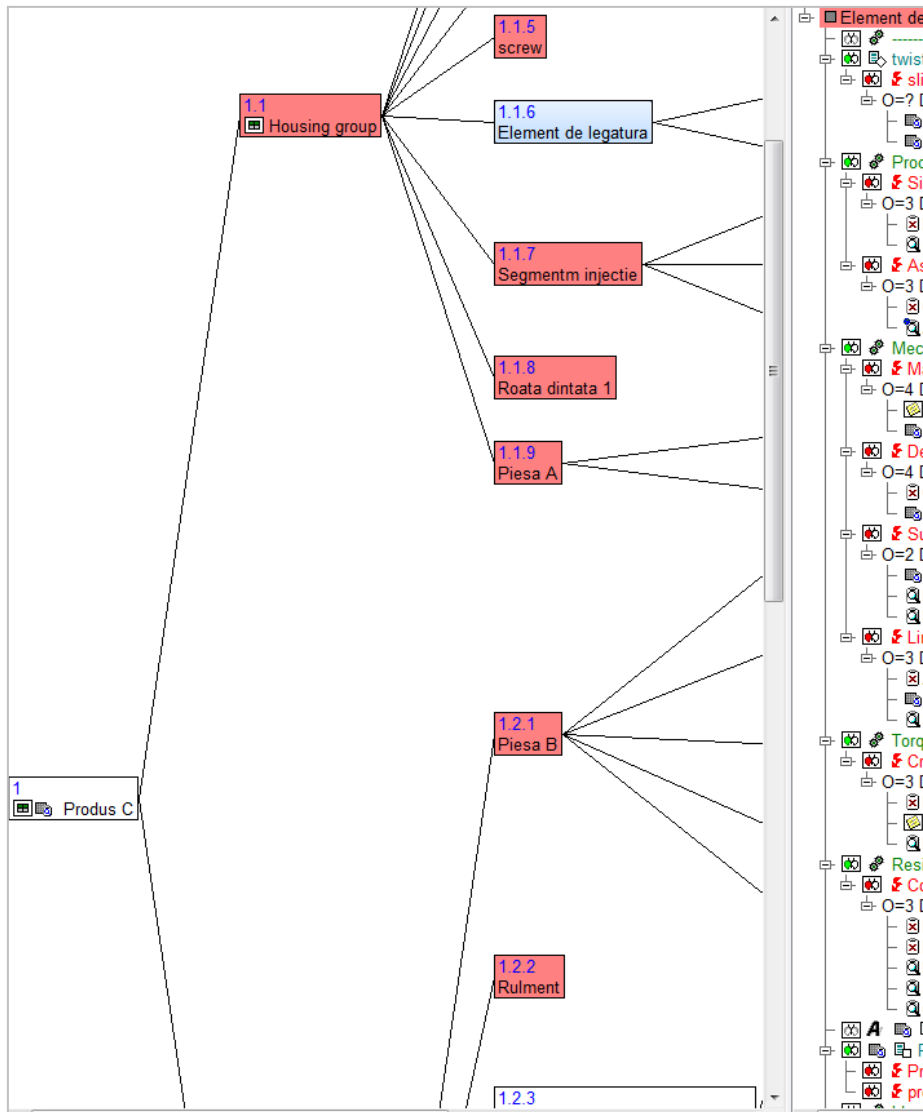


Fig. 4.28. D-FMEA de la produsul C

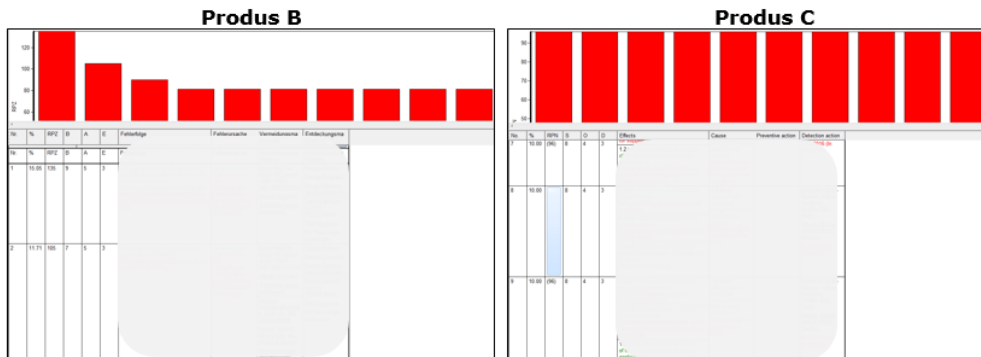


Fig. 4.29. Analiza Pareto pentru produsele B și C

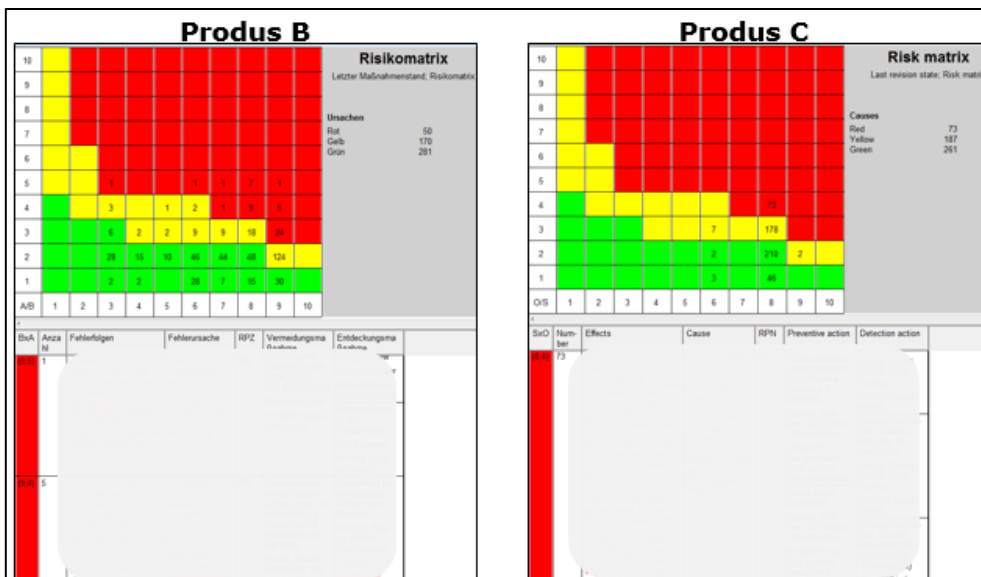


Fig. 4.30. Analiza matricei de riscuri (Severitate versus Ocurență) pentru produsele B și C

Ca și cerințe de plecare în construirea de D-FMEA sunt luate în considerare următoarele aspecte:

- cerințele de client specifice de D-FMEA, prezentate în Fig. 4.31;
- cerințele interne (e.g. folosirea unui anumit software, componența echipei de analiză etc.);
- cerințele tehnice în urma analizei efectuate de echipa multidisciplinară, conform cu modelul propus: cerințe, efecte etc. din capitolul 3, prezentate în Fig. 4.32.

În dezvoltarea D-FMEA cerințele au un rol important pentru modul cum sunt interpretate, deoarece acestea sunt transpuse în funcții pe care trebuie să le îndeplinească produsul. De altfel, prin implementarea TRIZ în FMEA se face un pas important în eliminarea contradicțiilor tehnice care apar la o cerință sau la o combinație de cerințe.

În cadrul efectuării D-FMEA pentru produsul A au fost luați în considerare pașii prezentați pentru planificarea activităților din Fig. 4.33, din punct de vedere al expertului de metodologie. Planificarea a fost realizată cu ajutorul Microsoft Project Planning.

În Fig. 4.34 este redată o parte din D-FMEA pentru produsul A, folosind metodologia clasică și software APIS IQ-RM. Pentru a aduce îmbunătățiri procesului de analiză a riscurilor, pe produsul A a fost efectuată complet FMEA. Primul pas a fost analiza clasică, fiind introduse apoi elemente TRIZ în evaluarea riscurilor.

Product FMEA		516 hrs
Initial Set-up - Agreement FMEA		5 hrs
Hella Internal Kick Off (HW, MD)		4 hrs
Customer D-FMEA Kick Off		4 hrs
Quality updates - team, responsables,etc		4 hrs
Create block diagram		10 hrs
Create P-Diagram		10 hrs
Define components		2 hrs
Definition of the functions		10 hrs
Efects definition - sync with Customer for Severities		10 hrs
Focus on research area (Lessons Learned)		15 hrs
Review of Occurrence and Detection ranking with experts		20 hrs
Actions review		20 hrs
Updates with MD		40 hrs
Updates with HW		40 hrs
Updates with SW		40 hrs
RPN Analysis		5 hrs
Risk Matrix analysis		5 hrs
Review D-FMEA internal		5 hrs
Review D-FMEA with customer		10 hrs
RPN analysis		5 hrs
Optimisation		10 hrs
Release D-FMEA by Customer		2 hrs
MD - effort		80 hrs
SW - effort		80 hrs
HW - effort		80 hrs

Fig. 4.33. Planificarea activităților de D-FMEA pentru produsul A

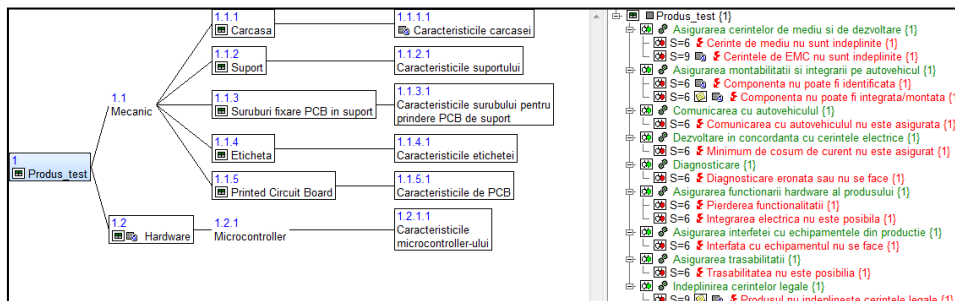


Fig. 4.34. D-FMEA pentru produsul A

În dezvoltarea D-FMEA atenția se focalizează mai mult pe integrarea TRIZ în aplicații decât pe datele ce le conține D-FMEA. Denumirea formatului este “structură arbore” și cuprinde trei părți:

- Efectul – partea din stânga, redată în Fig. 4.35, în care este arătat produsul; textul verde reprezintă funcțiile produsului, iar textul roșu reprezintă efectele (nedorite) la client; pentru fiecare efect a fost alocat un nivel de severitate;
- Modul de defectare - partea din mijloc, redată în Fig. 4.36; textul verde este funcția ce trebuie îndeplinită, iar textul roșu sunt modurile de defectare; modurile de defectare sunt arătate la nivel de fiecare componentă a produsului (mecanică, hardware sau software – unde este cazul); la modul de defectare nu se alocă nivel de severitate, ocurență sau detecție; la nivel de mod de defectare, în abordarea clasică, sunt folosite descrieri foarte generice, astfel încât să poată acoperi o arie cât mai largă de “alte moduri de defectare” din aceeași categorie de defecte ce pot apărea; modurile de defectare sunt “un pod de legătură” între cauză și efect;
- Cauzele – partea dreaptă a structurii arborescente, redată în Fig. 4.37; textul verde este definit de funcție, iar în roșu sunt definite potențialele cauze; de altfel pentru fiecare cauză sunt definite acțiuni de prevenție și acțiuni de detecție, fiecare în parte având un responsabil și o dată de implementare; la fiecare cauză este alocată o notă pentru ocurență și o notă pentru detecție, conform catalogului de evaluare.

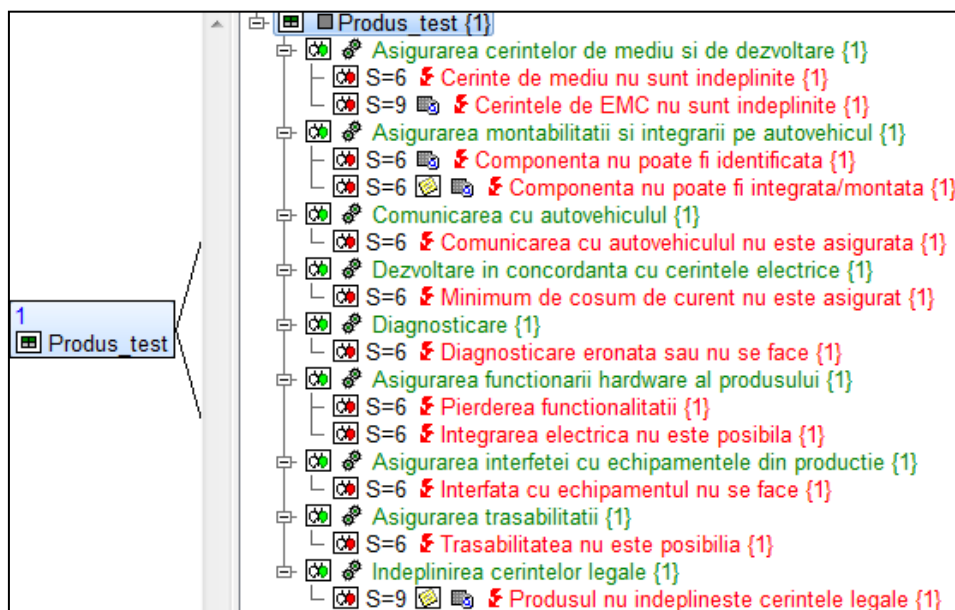


Fig. 4.35. Funcțiile și efectele la produsul A

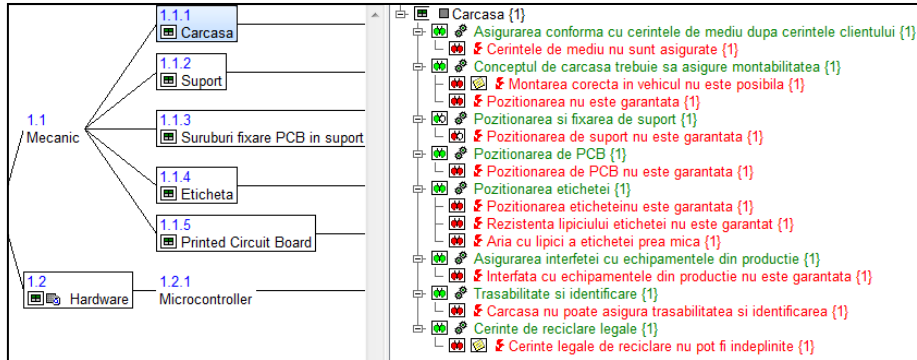


Fig. 4.36. Funcțiile și modurile de defectare la produsul de test



Fig. 4.37. Cauzele defectării la produsul de test

Pentru analiza de riscuri cu software APIS IQ-RM pot fi folosite diagrama Pareto și matricea de riscuri. În Fig. 4.38 este prezentată diagrama Pareto 10 cele mai importante cauze. Pentru top 50 RPN se iau în considerare doar efectul și

cauza: efectul, deoarece este reprezentat de severitate; cauza, deoarece pentru acțiunile cauzelor sunt alocate ocurența și detecția.

Analiza Pareto, în cazul de mai sus, oferă informații legate de acțiunile de prevenție, detecție și severitate. Ceea ce lipsește este să arate concret unde este problema. În multe cazuri, atunci când RPN este mai mic de 100, practic nu se mai iau acțiuni de optimizare și designul rămâne așa cum este. Sunt arătate care sunt principalele probleme, dar nu sunt arătate care ar putea fi și soluțiile.

În Fig. 4.39 este redată analiza pe baza matricei de riscuri, în funcție de severitate versus ocurență și severitate versus detecție. În matricea de riscuri lucrurile devin mai clare, fiind identificată o zonă potențială de risc ridicat (roșie), o zonă medie (galbenă) și o zonă cu risc mic (verde).

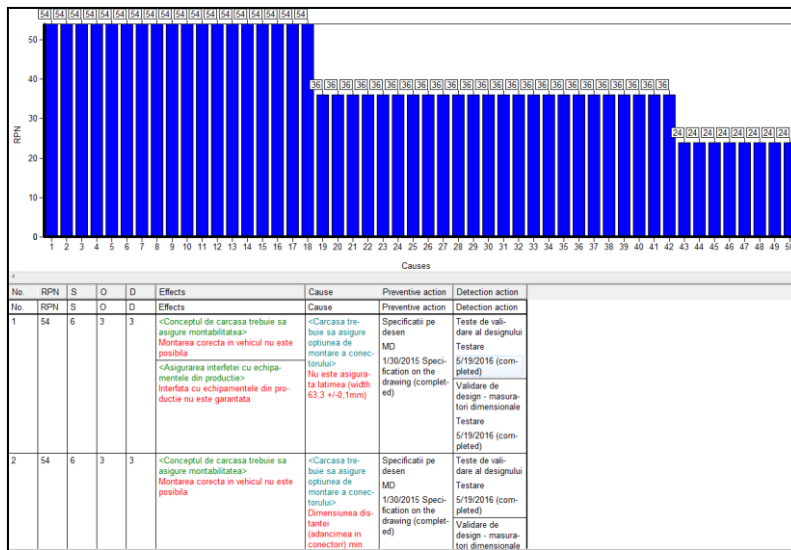


Fig. 4.38. Top 50 RPN la produsul A



Fig. 4.39. Matricea de riscuri ocurență versus severitate la produsul A

Generarea matricelor de risc este posibilă datorită legăturilor speciale care se fac între cauze, mod de defectare și efect (Fig. 4.40).

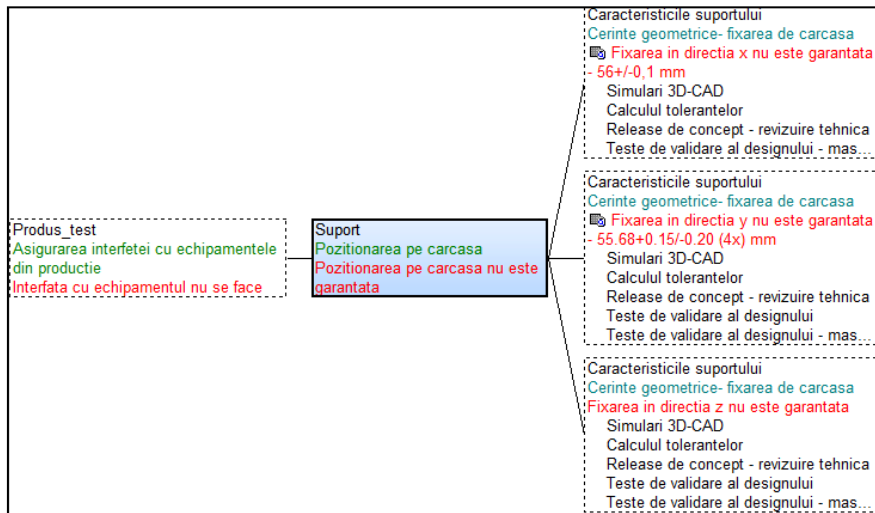


Fig. 4.40. Legătura între cauze, mod de defectare și efect

Acțiunile care sunt în zona cu risc ridicat se recomandă să fie optimizate și să fie redus riscul la mediu sau să fie prevăzute controale speciale. Pentru aceasta sunt definite caracteristicile cheie (KCs) pentru produsul A. În Fig. 4.41 este reprezentată o secțiune dintr-o componentă mecanică a produsului, fiind evidențiată marcarea caracteristicii speciale, în scopul controlării valorii în procesul de producție, cu o anumită frecvență, definită de experți.

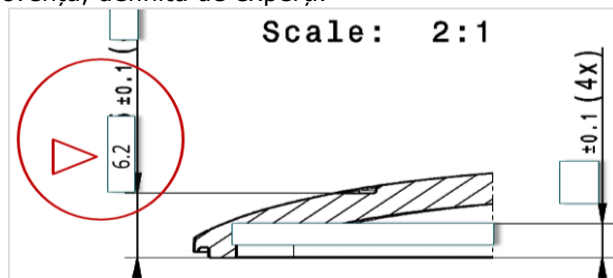


Fig. 4.41. Marcarea caracteristicilor cheie la componenta B din cadrul produsului A

Plecând de la analiza clasică, a apărut nevoia ca la acțiunile definite și în mod special la cauze și efecte să existe o îmbunătățire a definirii lor sub formă de parametru tehnic.

În urma analizei tipurilor de efecte posibile, moduri de defectare posibile și cauze posibile, au fost propuse clase standardizate ale efectelor, modurilor de defectare și a cauzelor, redată în tabelele 4.5, 4.6 și 4.7.

Tab. 4.5. Efecte identificate în D-FMEA și asocierea lor la cei 39 parametri de contradicție din TRIZ

Parametru	Descrierea parametrului	Efecte identificate
1	Greutatea obiectului mobil	Montare / Integrare

2	Greutatea obiectului static	
3	Lungimea obiectului mobil	
4	Lungimea obiectului static	
5	Aria obiectului mobil	
6	Aria obiectului static	
7	Volumul obiectului mobil	
8	Volumul obiectului static	
9	Viteza/Timp	Viteza – mediu de funcționare
10	Forța/Intensitatea	Forța – mediu de funcționare
11	Stresul /presiune	Stresul /presiune – mediu de funcționare
12	Forma	Forma
13	Stabilitatea compresiei	-
14	Rezistența	Rezistența – mediu de funcționare
15	Durata acțiunii obiectului mobil	Durata acțiunii obiectului mobil, Transmitere date târziu, întârziere
16	Durata obiectului static	Durata obiectului static, Transmitere date târziu, întârziere
17	Temperatura	Temperatură/Flamabilitate – mediu de funcționare
18	Strălucirea	Strălucirea, lăcu, luminozitate etc.
19	Energia consumată de obiectul mobil	
20	Energia consumată de obiectul static	Energia consumată
21	Puterea	Puterea – mediu de funcționare, zgomot,
22	Pierdere de energie	Pierdere de energie,
23	Pierdere de substanță	Pierdere de substanță
24	Pierdere de informații	Pierdere de informații, date ,etc.
25	Pierdere de timp	Pierdere de timp
26	Cantitate substanță	Cantitate substanță
27	Fiabilitate	Fiabilitate
28	Precizia măsurătorii	Precizia măsurătorii (toleranțe)
29	Precizia de fabricație	-
30	Factori nocivi externi ce acționează asupra obiectului	EMC, Emisii
31	Factori nocivi generați de obiect	Factori nocivi generați de obiect
32	Ușurință în fabricație	-
33	Ușurință în utilizare	Ușurință în utilizare - montabilitate
34	Reparabilitate	-
35	Adaptabilitate	-
36	Complexitatea dispozitivului	-
37	Complexitatea controlului	Identificare, trasabilitate, marcare, control
38	Nivel de automatizare	-
39	Capacitate/Productivitate	Capacitate/Productivitate

Tab. 4.6. Moduri de defectare identificate în D-FMEA și asocierea lor la cei 39 parametri de contradicție din TRIZ

Parametru	Descrierea parametrului	Moduri de defectare identificate
1	Greutatea obiectului mobil	Spațiu, Geometrie, transmisie, montare, integrare etc.
2	Greutatea obiectului static	
3	Lungimea obiectului mobil	
4	Lungimea obiectului static	
5	Aria obiectului mobil	
6	Aria obiectului static	
7	Volumul obiectului mobil	
8	Volumul obiectului static	
9	Viteza/Timp	
10	Forța/Intensitatea	Forța, rigiditate, curent/tensiune
11	Stresul /presiune	Sudură, curent/tensiune, presiune,
12	Forma	Forma
13	Stabilitatea compresiei	-
14	Rezistența	Duritate, protecție
15	Durata acțiunii obiectului mobil	Durata acțiunii obiectului mobil, Transmitere date târziu, întârziere
16	Durata obiectului static	Durata obiectului static, Transmitere date târziu, întârziere
17	Temperatură	Temperatură/Flamabilitate – mediu de funcționare
18	Strălucirea	Strălucirea, luciu, luminozitate etc.
19	Energia consumată de obiectul mobil	Consum tensiune/curent
20	Energia consumată de obiectul static	
21	Puterea	Putere
22	Pierdere de energie	Descărcare curent/tensiune,
23	Pierdere de substanță	pierdere de informații, date ,etc.
24	Pierdere de informații	
25	Pierdere de timp	
26	Cantitate substanță	Etanșeitate
27	Fiabilitate	Durabilitate
28	Precizia măsurătorii	Toleranță (în/în afara)
29	Precizia de fabricație	-
30	Factori nocivi externi ce acționează asupra obiectului	EMC, Emisii, Date eronate/greșite
31	Factori nocivi generați de obiect	-
32	Ușurință în fabricație	Asamblare, producere (ușurință)
33	Ușurință în utilizare	Ușurință în utilizare
34	Reparabilitate	Auto-diagnosticare
35	Adaptabilitate	-
36	Complexitatea dispozitivului	-
37	Complexitatea controlului	Identificare, trasabilitate, marcare, control
38	Nivel de automatizare	-
39	Capacitate/Productivitate	Capacitate

Tab. 4.7. Cauzele identificate în D-FMEA și asocierea lor la parametrii de contradicție din TRIZ

Parametru	Descrierea parametrului	Cauze identificate
1	Greutatea obiectului mobil	Geometrie, grosime, lungime,
2	Greutatea obiectului static	lățime, greutate, dimensiuni,
3	Lungimea obiectului mobil	contact, planeitate, fixare,
4	Lungimea obiectului static	montare, poziționare etc.

5	Aria obiectului mobil	
6	Aria obiectului static	
7	Volumul obiectului mobil	
8	Volumul obiectului static	
9		
10	Forța/Intensitatea	Vibrații, forță, presiune,
11	Stresul /presiune	rezistență, rupere, cuplu, presare, sudură, vâscozitate, intensitate etc.
12	Forma	Diametru, elasticitate
13	Stabilitatea compresiei	-
14	Rezistența	Izolare Nok
15	Durata acțiunii obiectului mobil	Înterupere
16	Durata obiectului static	
17	Temperatura	Temperatura
18	Strălucirea	Strălucirea, luci, luminozitate etc.
19	Energia consumată de obiectul mobil	Consum tensiune/curent
20	Energia consumată de obiectul static	
21	Putere	Putere
22	Pierdere de energie	ESD
23	Pierdere de substanță	Scurgere
24	Pierdere de informații	Corupere date, date lipsă
25	Pierdere de timp	Întârzieri
26	Cantitate substanță	Etanșeitate
27	Fiabilitate	Durabilitate
28	Precizia măsurătorii	Precizie, acuratețe
29	Precizia de fabricație	-
30	Factori nocivi externi ce acționează asupra obiectului	Coroziune, cerințe reciclare, EMC, ESD, emisii
31	Factori nocivi generați de obiect	
32	Ușurință în fabricație	Asamblare, producere (ușurință)
33	Ușurință în utilizare	Ușurință în utilizare
34	Reparabilitate	Modificare stare, Auto-diagnosticare
35	Adaptabilitate	
36	Complexitatea dispozitivului	-
37	Complexitatea controlului	Identificare, trasabilitate, marcare, control
38	Nivel de automatizare	-
39	Capacitate/Productivitate	Capacitate/Productivitate

Un alt lucru important este că la fiecare efect-mod-cauză au fost asociați parametri care cauzează conflicte, conform matricei de contradicții din TRIZ. Scopul este de a îmbunătăți modul de analiză, iar riscurile trebuie să fie analizate pe bază de parametri tehnici și nu generici.

Motivația pentru care la fiecare cuvânt cheie din efecte, mod de defectare și cauze a fost alocat un parametru tehnic din matricea de contradicții TRIZ este faptul că o problemă este definită de contradicția dintre doi parametri tehnici, în consecință, în loc de o alocare generică de cauze, moduri de defectare sau efecte trebuie să se folosească direct parametrul care este afectat, cauzator sau efectul tehnic observat la defectare. În dezvoltarea produselor este extrem de important să se lucreze cu date concrete. De aici și scopul modelului propus de analiza riscurilor cu D-FMEA, ca urmărind riscurile să fie urmăriți și parametrii afectați.

Un alt aspect important este acela că în acest mod se poate urmări fiecare cauză care poate intra în contradicție cu altă cauză (contradicție între parametri) și se pot urmări, analiza și rezolva riscurile compuse. Practic, o cauză compusă cu altă cauză poate genera probleme neprevăzute în momentul de față în D-FMEA clasică, dar prin asocierea cauzelor cu parametrii TRIZ se pot evita astfel de cazuri, prin măsurile luate cu ajutorul celor 40 de principii inventive. Cei 39 parametri tehnici din matricea de contradicție care cauzează conflicte și cele 40 de principii inventive sunt în Tab. 4.8.

Tab. 4.8. Parametri tehnici care cauzează conflicte și cele 40 de principii inventive, după (Altshuller G. , 1999)

Cei 39 parametri tehnici	Cele 40 de principii inventive
1 Greutatea obiectului mobil	1 Segmentarea
2 Greutatea obiectului static	2 Extracție, Separare, Îndepărtare, Recuperare
3 Lungimea obiectului mobil	3 Calitate locală
4 Lungimea obiectului static	4 Asimetrie
5 Aria obiectului mobil	5 Combinare, Integrare, Unire
6 Aria obiectului static	6 Universalitate, multi-funcționare
7 Volumul obiectului mobil	7 Nișă (Matrioshka)
8 Volumul obiectului static	8 Contragreutate
9 Viteza/Timp	9 Contra-acțiuni în avans
10 Forța/Intensitatea	10 Acțiuni în avans
11 Stresul /presiune	11 Diminuarea în avans a efectului
12 Forma	12 Echipotențialitate
13 Stabilitatea compresiei	13 Inversiune/Reversie
14 Rezistența	14 Sferoidalitate
15 Durata acțiunii obiectului mobil	15 Dinamicitate
16 Durata obiectului static	16 Acțiune parțială sau excesivă
17 Temperatura	17 Tranziție într-o nouă dimensiune
18 Strălucirea	18 Vibrații mecanice
19 Energia consumată de obiectul mobil	19 Acțiuni Periodice
20 Energia consumată de obiectul static	20 Continuitatea acțiunii utile
21 Puterea	21 Străpungere
22 Pierdere de energie	22 Conversie acțiuni dăunătoare în utile
23 Pierdere de substanță	23 Feedback (Reacție)
24 Pierdere de informații	24 Mediere
25 Pierdere de timp	25 Autoservire
26 Cantitate substanță	26 Copiere
27 Fiabilitate	27 Disponere (înlocuire cu ieftin și durată de viață scurtă)
28 Precizia măsurătorii	28 Înlocuirea sistemului mecanic (rigid)
29 Precizia de fabricație	29 Construcție pneumatică sau fluidă
30 Factori nocivi externi ce acționează asupra obiectului	30 Membrane flexibile și straturi subțiri

31 Factori nocivi generați de obiect	31 Materiale poroase
32 Ușurință în fabricație	32 Schimbarea culorii
33 Ușurință în utilizare	33 Omogenitate
34 Reparabilitate	34 Respingerea și regenerarea componentelor
35 Adaptabilitate	35 Transformarea proprietăților
36 Complexitatea dispozitivului	36 Tranziție de fază
37 Complexitatea controlului	37 Expansiune termică
38 Nivel de automatizare	38 Oxidanți puternici
39 Capacitate/Productivitate	39 Mediu inert
	40 Materiale compozite

Fiecare parametru tehnic are prevăzute acțiuni standard, care pot fi adaptate prin creativitate la nevoile și problemele specifice proiectului.

D-FMEA permite să se vadă din timp problemele, dar integrând TRIZ se pot efectua și acțiuni corective în design, bazat pe matricea de riscuri și posibilele soluții date de TRIZ.

O altă abordare se referă la simularea de design. De exemplu, designul a fost dezvoltat, iar cu ajutorul soluțiilor TRIZ sunt verificate conflictele dintre parametrii analizați și se verifică dacă designul este corespunzător sau nu. Aceasta se poate face în mod special acolo unde se știe că în trecut au fost probleme, iar înainte de validarea designului, este validat cu soluțiile TRIZ designul actual.

Echipa de proiect se bazează pe informațiile livrate de matricea de contradicții (Fig. 4.42): atunci când un parametru se îmbunătățește, un alt parametru se va înrăutăți, iar la intersecția lor vor rezulta posibilele soluții care pot rezolva problema, conform celor 40 de principii inventive.

În acest mod sunt verificate și rezolvate și riscurile compuse, riscuri ce provin din compunerea mai multor cauze decât cele detectate de echipă și legate în D-FMEA. Până acum, riscurile au fost analizate în principal liniar, adică efect-mod-cauză sau cauze multiple-moduri multiple-cauze multiple. În realitate, o cauză poate fi generată de mai multe cauze, prin conflictul pe care îl generează între ele și cauzează mai multe moduri de defectare, care au mai multe efecte, prin compunerea cauzelor, riscurile deja fiind la alt nivel.

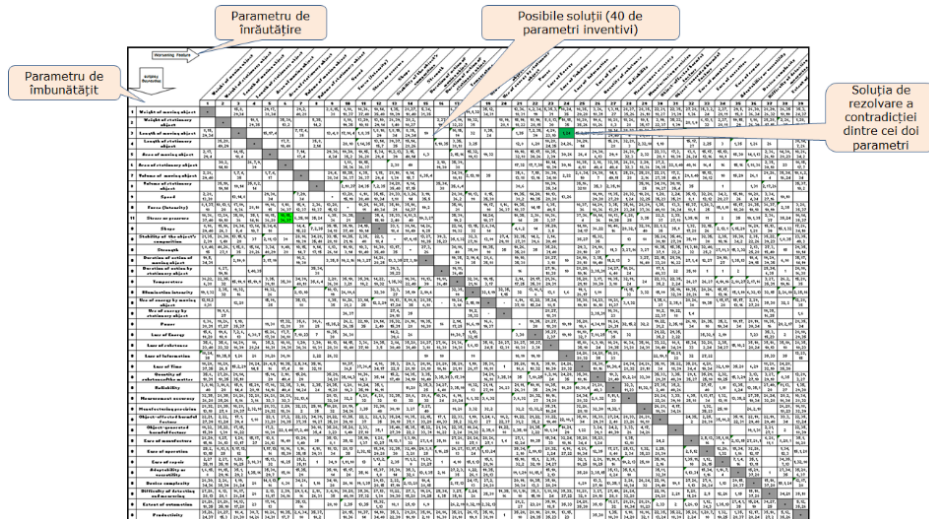


Fig. 4.42. Matricea de contradicții, după (Altshuller G., 1999)

Direct în software a fost creată o altă matrice de contradicții, fiind redus astfel timpul de analiză. Un exemplu din matrice este prezentat în Fig. 4.43.

Name	1 Greutatea obiectului mobil	2 Greutatea obiectului static	3 Lungimea obiectului mobil	4 Lungimea obiectului static	5 Area of moving object	6 Area of stationary object	7 Volume of moving object	8 Volume of stationary object	9 Speed	10 Force (intensity)	11 Stress or pressure	12
1 Weight of moving object			15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 1
2 Weight of stationary object					10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 1
3 Length of moving object	8, 15, 29, 34				15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8
4 Length of stationary object		35, 28, 40, 29				17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10	1, 14, 35	13, 1
5 Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4				7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 3
6 Area of stationary object		30, 2, 14, 18			26, 7, 9, 39					1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	
7 Volume of moving object	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17				29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 1
8 Volume of stationary object		35, 10, 19, 14	19, 14		35, 8, 2, 14	29, 30, 34				2, 18, 37	24, 35	7
9 Speed	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		19, 10, 15		7, 29, 34			13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 1
10 Force (intensity)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	10, 15, 36, 28	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12		18, 21, 11	10, 3
11 Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	5, 34, 4, 10	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21		35, 1
12 Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	2, 11, 13		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	
13 Stability of the object's composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	3, 34, 40, 29	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1
14 Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 17, 19		10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 3
15 Duration of action of mov-	19, 6, 34, 31		2, 19, 5		3, 17, 19		10, 2, 18, 38		3, 35, 5	19, 2, 15	19, 3, 27	14, 1

Fig. 4.43. Exemplu din matricea de contradicții din extensia de software folosit la dezvoltarea de FMEA

După integrarea TRIZ în D-FMEA, sub această formă, informațiile furnizate sunt mult mai clare și la obiect în ceea ce privește analiza riscurilor. Dacă până acum, în baza instrumentelor actuale, nu au existat date pentru alegerea de acțiuni inovative, odată cu integrarea TRIZ, acțiunile sunt propuse pentru fiecare parametru care cauzează conflicte.

După integrarea TRIZ în D-FMEA a fost rulată din nou matricea de riscuri îmbunătățită, prezentată în Fig. 4.44, în care se observă următoarele:

- Riscul din zona roșie cu severitate 9 și ocurență 3, acțiunile de prevenție fiind Review de layout, iar acțiunea de detecție "teste de validare design"; după adăugarea parametrilor A14 și A20 la efect respectiv cauze, cu ajutorul matricei de contradicții poate fi verificat dacă respectiva cauză este controlată prin actualul design sau este necesar să fie luate alte măsuri;

Acțiunea propusă în exemplul de mai sus, din combinarea celor doi parametrii, este: *Transformarea proprietăților*;

7	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red Yellow Green 1 35 40
6	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
5	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
4	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	
3	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	30	Yellow	Yellow	1	Red	Red	
2	Green	Green	Green	Green	Green	39	Green	Green	5	Yellow	Yellow	
1	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	1	Green	Green	
O/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

SxO	Number	Effects	Cause	RPN	Preventive action	Detection action
(9,3)	1	<Asigurarea protecției comunicării împotriva EMC> [14] - Protecție insuficientă A 14 Rezistența <Asigurarea compatibilității cu cerințele de design layout> Compatibilitatea cu cerințele de design layout nu sunt satisfăcute	<Asigurarea unei puteri scăzute de cosumt la mod standby> [20] - Consumul de putere în mod standby prea mare A 20 Energia consumată de obiectul static	(54)	Review de layout HW 8/24/2016 (completed)	Teste de validare al designului Testare 9/30/2016 (In progress)

Fig. 4.44. Integrearea parametrilor tehnici de conflict în matricea de riscuri

- Transformarea proprietăților se poate referi la mai multe aspecte, cum ar fi:
- Modificarea stării fizice a obiectului – tranziție de la mecanic la fluid sau electric etc.;
 - Modificarea concentrației sau consistenței;
 - Modificarea gradului de flexibilitate;
 - Modificarea temperaturii;
 - Modificarea presiunii;
 - Modificarea parametrilor.
 - Dacă sunt analizate soluțiile de mai sus, se observă că unele pot fi implementate;
 - Soluțiile obținute pot înlătura blocajul psihologic al echipei, atunci când soluțiile clasice sunt epuizate;
 - Fiind alocați parametri la cauze–efect, conform zonelor de risc, sunt arătați vizual extrem de bine care parametri tehnici au un risc ridicat; în acest fel se pot întreprinde și acțiuni independente de cele 40 de principii inventive;
 - Alocarea parametrilor tehnici la cauze arată, de fapt, adevărata cauză care duce la defectare.

Ceea ce este important în această analiză este faptul că având alocați parametri pentru fiecare cauză și efect, se pot combina (deocamdată manual) cauzele între ele, pentru a verifica dacă rezultă alte conflicte tehnice. Practic, se face

compunere a riscurilor, urmată de luarea de măsuri corective/preventive în designul produsului.

În concluzie, așa după cum este arătat în Fig. 4.45, ciclul TRIZ de rezolvare a problemei se închide. Plecând de la problema specifică - identificarea riscurilor, se ajunge la soluția generală, dată de contradicții și cerințe, soluția generală fiind simulată pe produse și aplicată pe produsul A. Contradicțiile tehnice sunt astfel identificate și eliminate, prin acțiunile implementate fiind îmbunătățită calitatea produsului.



Fig. 4.45. Închiderea ciclului de rezolvare a problemei specifice

4.7 Concluzii

Acest capitol a fost axat pe cel de-al doilea obiectiv secundar al cercetării: îmbunătățirea analizei riscurilor în faza de concept a produsului.

În momentul de față, produsele sunt concepute pe baza unor produse similare, iar prin alocări de parametri tehnici la efect-mod de defectare-cauze se creează o standardizare a acestora, în care se reduce timpul de analiză a riscurilor.

După o analiză a riscurilor care pot apărea în timpul dezvoltării unui produs, pe baza studiului bibliografic și a analizei în teren la o companie internațională,

urmare a aplicării D-FMEA în dezvoltarea de produs, s-au constatat lipsurile din această analiză. Astfel, nu este suficient ca riscurile să fie arătate, discutate, analizate și desfășurate acțiuni generice. În cercetarea întreprinsă s-a plecat de la ideea riscurilor compuse și combinația între cauze și efect.

Pentru rezolvarea problemei și realizarea obiectivului a fost propus un nou model de aplicare a metodei TRIZ, într-un software dedicat sau în format Excel pentru D-FMEA, rezultând următoarele îmbunătățiri și remarci:

- cauzele sunt date de parametrii tehnici care, în conflict cu efectul, validează sau nu măsurile deja luate și propun acțiuni inovatoare în designul produsului;
- în urma apariției unui probleme sunt identificate foarte rapid și ușor cauzele, parametrul care s-a deteriorat, în contradicție cu alt parametru, fiind generate soluții direct din D-FMEA, fără a fi nevoie de alte analize suplimentare, cu alte instrumente de calitate;
- aplicarea nu este foarte automatizată, dar creează noi puncte de vedere asupra rezolvării problemelor;
- se realizează o legătură între cerință (prin alocare de parametru și la cerințele de la client) și cauze; sunt cazuri în care cerința a creat conflict în funcționarea produsului care s-a defectat;
- în acest nou modul sunt rezolvate direct reclamațiile de calitate;

Noul model propus prin integrarea sub această formă a TRIZ în D-FMEA este: cerință – reclamații – risc => RA-IS (Risk Analysis–Inovative Solution).

Cu siguranță, integrarea TRIZ în D-FMEA se poate face sub multe forme, dar pentru produsele pe care s-a aplicat, modelul propus a fost validat. Se continuă cercetările pentru automatizarea comenzilor și reducerea și mai mult a timpului de analiză.

Obiectivul tratat în acest capitol a fost atins, ca urmare a validării noului model de analiză a riscurilor pe produse aflate în dezvoltare, pe alte D-FMEA existente în companie și a validării efectelor-modurilor de defectare-cauzelor standardizate.

5. CONTRIBUȚII PRIVIND VALIDAREA ACȚIUNILOR CORECTIVE ÎN URMA RECLAMAȚIILOR DE CALITATE

5.1 Introducere

În industria automotive, una din principalele probleme care generează costuri foarte mari după lansarea produsului în producția de serie sunt reclamațiile de calitate. De altfel, o problemă sunt și reclamațiile interne sau externe care apar în timpul fazei de dezvoltare a produsului.

Reclamațiile interne au același impact de analiză ca și cele externe și sunt, de exemplu, produsele testate și care au eșuat în faza de validare a designului. Acestea sunt cele mai întâlnite și cu cel mai mare impact asupra costurilor.

Reclamațiile externe apar atunci când un produs se defectează în linia de producție a clientului (reclamație de linie) sau atunci când se defectează la utilizatorul final (reclamație de garanție). În ambele cazuri se caută cauza rădăcină, pentru a fi eliminată prin implementare de acțiuni corective. Ceea ce duce la apariția problemelor (nu numai de calitate) este faptul că cel puțin două elemente (mecanice, hardware sau software) se află în contradicție. De aceea, în urma analizei defectelor s-a apelat la TRIZ, în combinație cu 8D-Report, FTA etc., pentru simularea și validarea acțiunilor corective, înainte ca acestea să fie implementate. Scopul este de a se asigura în unele cazuri că acțiunile corective implementate rezolvă problema din punct de vedere tehnic și transmit o informație relevantă mult mai rapidă și orientată tehnic spre rezolvarea problemei și care duce la soluții inovatoare și creative.

În cele ce urmează se abordează managementul reclamațiilor, prin parcurgerea pașilor clasici de rezolvare a unei probleme (interne sau externe) cu o metodă îmbunătățită. Problemele din timpul dezvoltării unui produs, dar și după începerea producției de serie, sunt denumite ca și probleme de calitate.

O problemă de calitate apare atunci când un produs nu mai îndeplinește cerințele de performanță și siguranță pentru care a fost conceput și realizat.

Problemele de calitate, în general, se cuantifică în costuri cu rezolvarea problemei, prin analiză, retragere a produsului de pe linia de producție sau de pe piață, găsirea cauzei rădăcină și implementarea de acțiuni corective.

În industria automotive, managementul reclamațiilor este reglementat de organizații internaționale de standardizare, cum este ISO/TS 16949 sau VDA. Pe lângă aceste reglementări există și cerințe specifice ale clienților, care impun să fie urmărit un anume format (e.g. 8D Report, 5Phases etc.) pentru rezolvarea și documentarea problemei. În urma experienței din teren și a studiului literaturii de specialitate au rezultat o serie de motivații pentru abordarea cercetării.

O primă motivație este pornită din faptul că în ciclul de viață al proiectului, sunt întâmpinate multe probleme care sunt rezolvate superficial sau la care analiza este costisitoare și de lungă durată.

Modul de documentare al analizei cauzei rădăcină, metodologiile curente, nu oferă soluții sau nu sunt capabile să propună posibile soluții, ci doar cauze sau posibile cauze. O analiză a cauzei rădăcină depinde de nivelul de pregătire profesională al echipei care face analiza respectivă.

În timpul testelor de validare (design și produs) apar probleme care sunt rezolvate fără să fie documentate corespunzător. În multe cazuri, acțiunile de corecție sunt implementate și urmează alte teste eșuate, astfel că se observă o nevoie de validare a acțiunilor înainte de implementare.

Înainte de implementarea acțiunilor se actualizează analiza riscurilor în produs și proces. Practic, în momentul de față, această analiză nu se face cu o validare tehnică, ci doar se așteaptă rezultatul testelor sau funcționării produsului pentru validarea lor. Metoda propusă oferă posibilitatea refolosirii soluțiilor și în cadrul FMEA.

Obiectivul este de a aduce îmbunătățiri procesului de analiză a reclamațiilor de calitate, prin reducerea timpului de analiză și validarea tehnică anticipată a acțiunilor corective, înainte de implementarea lor.

5.2 Managementul reclamațiilor și procesul de analiză a problemelor de calitate

Nevoia de a avea un management al reclamațiilor vine din dorința de a păstra satisfacția clienților, de a gestiona rapid problemele, dar și de a asigura mulțumirea clienților care folosesc produsele.

Managementul reclamațiilor, definit de Cook, arată că o "reclamație este orice expresie care aduce insatisfacția" (Cook, 2012). De asemenea, Juran descrie că insatisfacția clienților vine în urma unor deficiențe ale produsului, iar rezultatul insatisfacției apare sub forma reclamațiilor sau a unor plângeri asupra produsului (Juran & Godfrey, 1998). O reclamație apare în momentul în care o așteptare nu este îndeplinită. Tehnic, o reclamație este pornită atunci când se observă un defect, înainte sau în timpul funcționării la parametrii și performanțele cerute. Ca în orice lanț de furnizori și clienți, și în industria automotive există trei direcții din care pot veni reclamațiile: de la clienți externi, de la clienți interni sau de la sub-furnizori, așa cum este descris în Fig. 5.1.

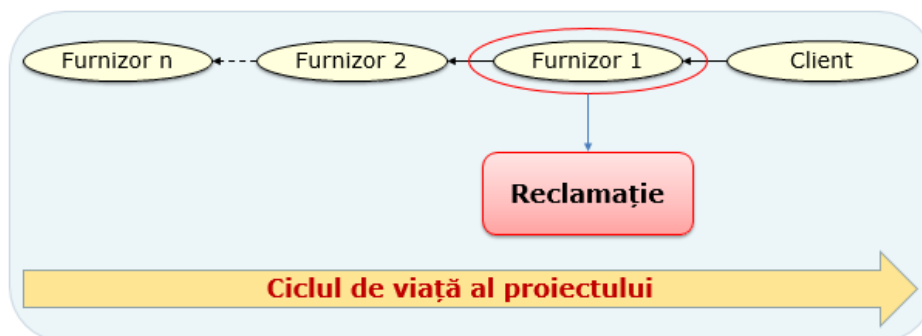


Fig. 5.1. Reclamațiile în lanțul furnizorilor

Reclamațiile de la clienți externi. În lanțul de furnizori (Supply Chain), acest tip de reclamații vine de la clienții externi companiei, de la cumpărătorii de componente sau sub-componente. Procesul de reclamație este pornit atunci când produsul livrat de furnizor nu corespunde cerințelor sau prezintă un anumit defect.

Reclamațiile interne. Sunt acele produse reclamate din interiorul companiei, produsele livrate de o altă fabrică, de un alt departament sau chiar de un alt pas din procesul de producție (e.g. carcase injectate cu defect – bavuri detectate în linia de asamblare).

Reclamațiile la furnizori sau sub-furnizori. Sunt sub-componentele fabricate de alți furnizori și care sunt primite de furnizorul final cu diverse defecte. Indiferent la care furnizor apare un defect, trebuie să existe un management al tratării reclamațiilor. Aceasta se face prin analiză, documentare, găsire cauză rădăcină, implementare acțiuni de corecție și validarea lor.

ISO10002:2004 definește o reclamație ca fiind o "expresie a insatisfacției făcute unei organizații, adresată produsului sau a procesului de manipulare, unde un răspuns sau o rezolvare este implicit sau explicit așteptată" (ISO10002:2004, 2004).

În Fig. 5.2 sunt evidențiate elementele de intrare și ieșire ale unei reclamații.

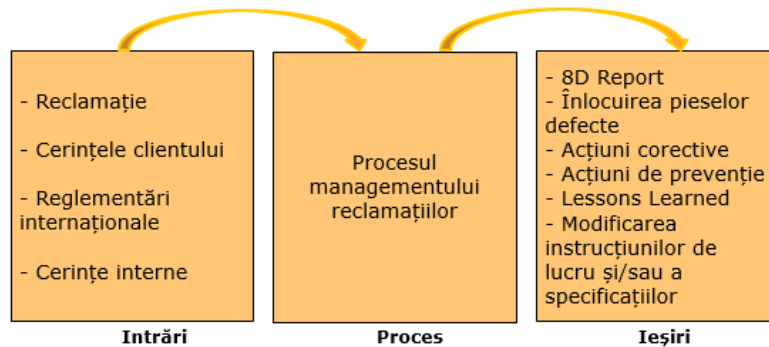


Fig. 5.2. Procesul de management al reclamațiilor

Modelul procesului de analiză a defectelor găsite din timpul funcționării sistemului (e.g. autovehiculului) sunt arătate de VDA în Fig. 5.3.

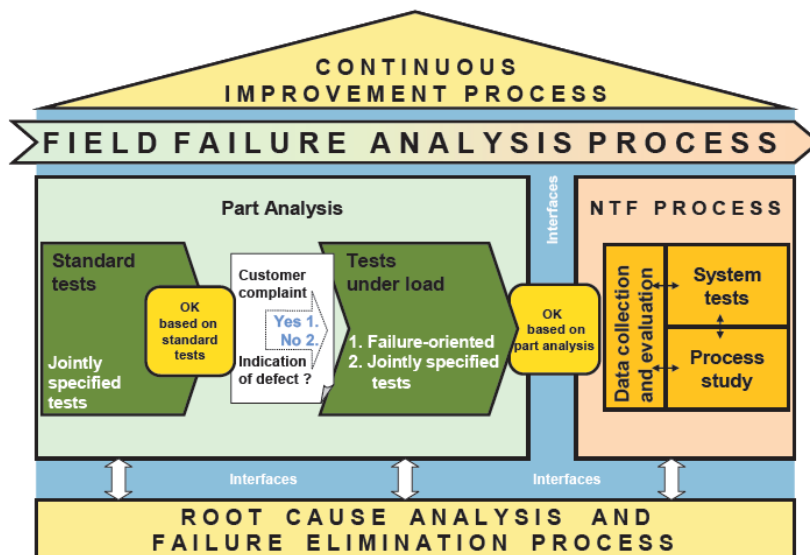


Fig. 5.3. Procesul de analiză a defectărilor (Automobilindustrie, 2009)

Acesta este un proces de escaladare care include analiza piesei defectate (Part Analysis) și procesul de NTF (No Trouble Found). Defectele găsite sunt analizate pentru găsirea cauzei rădăcină și eliminarea defectului (Automobilindustrie, 2009). Odată ce o reclamație este pornită, practic este pornit "un proces ce consumă resurse".

Orice reclamație se materializează în costuri. Un management al reclamațiilor este eficient doar atunci când își păstrează clienții satisfăcuți și merge în direcția de prevenție, în loc de "stingere" a problemelor (Buttle, 2004). De asemenea, Sugandhi arată că un astfel de management eficient conduce la rezolvarea problemelor, poate aduce proiecte noi companiei, iar un element foarte important și actual este imaginea pe care o are compania/furnizorul în fața clienților (Sugandhi, 2003).

Reclamațiile pot fi clasificate în cel puțin trei categorii (Juran & Godfrey, 1998):

- Siguranță: sunt defectări care pot pune în pericol siguranța utilizatorului (e.g. șofer, pasageri etc.), direct sau indirect (e.g. defectări ale sistemului de accelerație, airbag, frânare etc.);
- Funcții primare: sunt afectate funcțiile primare ale vehiculului, dar siguranța utilizatorului nu este afectată (e.g. lipsă material la componente, tip de vopsea aplicat, lipsă componentă etc.);
- Defecte de aspect: cel mai important este că nu sunt afectate funcționalitățile, fiind doar defecte minore, în mod special de confort (e.g. etichetare greșită, împachetare greșită, produse amestecate etc.).

Dacă reclamațiile sunt categorisite pe domenii, rezultă următoarele categorii:

- Reclamații de producție: asamblare, injecție, sudură, testare finală (EOL – End Of Line) etc.;
- Reclamații de logistică: amestecare cutii cu componente, livrări greșite, cantități greșite etc..

- În funcție de momentul de pornire a unei reclamații sunt cel puțin trei tipuri:
- Reclamațiile din faza de dezvoltare (e.g. reclamații pe teste eșuate sau pe piese defecte livrate în condiții de prototip etc.); în Fig. 5.4 se prezintă o reclamație care apare în faza de concept sau de detaliere a proiectului;

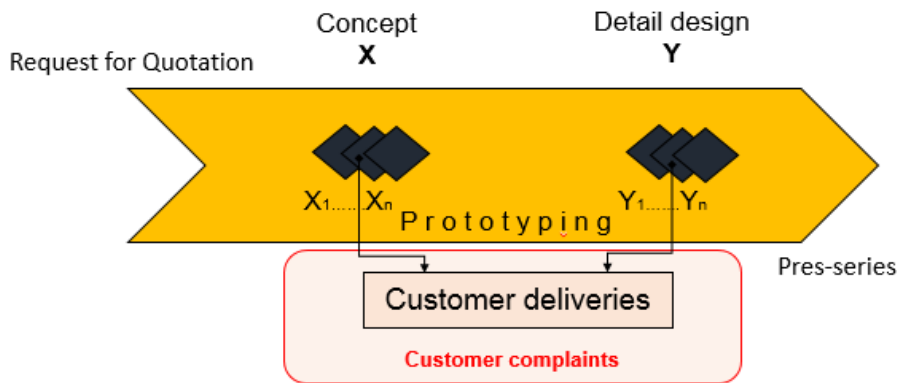


Fig. 5.4. Reclamații în faza de dezvoltare a produsului (Tiuc & Drăghici, 2016)

- Reclamațiile de 0 km sau de linie: apar începând cu SOP (Start of Production) sau cu producția de serie; acestea pot fi costisitoare pentru furnizor (e.g. implementarea de controale suplimentare la client și în interiorul propriei producții; controalele suplimentare pot fi efectuate de o companie externă, specializată pe control și verificare piese);
- Reclamațiile de garanție: sunt cele mai costisitoare reclamații, de multe ori fiind făcute rechemări în fabrică pentru a fi remediată problema sau înlocuit produsul. Costurile sunt imense în cazul rechemărilor datorită manipulărilor, a manoperei, precum și altor prejudicii care sunt plătite. Aceste piese se defectează la utilizatorul final al sistemului (e.g. autovehicul rutier).

Pentru a exemplifica efectul reclamațiilor este prezentată Fig. 5.5, în care sunt arătate posibile consecințe ale defectării produselor. Costurile cu reclamațiile și implicit cu modificările de design, atunci când un defect presupune aceasta, sunt într-un trend crescător.

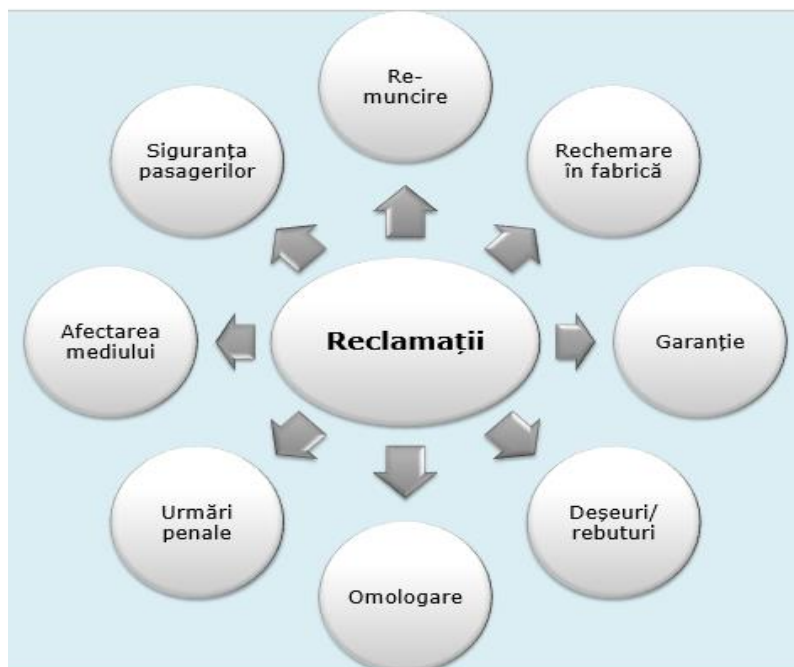


Fig. 5.5. Consecințe ale defectărilor produselor

În ciclul de viață al proiectului sunt identificate mai multe tipuri de "costuri cu calitatea" și Samson și Singh propun patru categorii generatoare de costuri de calitate, și anume (Samson & Singh, 2008):

- Costurile interne: rebuturile, re-muncirile, modificări de design de produs sau echipament, costuri cu echipamente oprite, materiale, testare suplimentară în laborator, control suplimentar etc.;
- Costurile externe: re-munciri externe, reclamații interne/externe, reclamații de garanție, rechemări, sortări și verificări suplimentare la clienți;
- Costuri de evaluare: evaluarea nivelului de performanță la anumite cerințe de calitate cerute - teste finale, la intrare în procesul de producție, testare;
- Costuri cu prevenția: auditurile de produs/proces, audituri pe nivele (layered audits), evaluarea calității livrate de furnizori, evaluarea propriu-zisă a furnizorilor.

Toți acești factori influențează până la urmă productivitatea și, bineînțeles, veniturile companiei.

La ridicarea unei reclamații externe trebuie luate în considerare anumite aspecte care pot fi importante sau chiar critice, în unele cazuri, dacă nu sunt respectate. Aceste elemente sunt:

- cerințele specifice ale clientului în ceea ce privește: timpul de răspuns, analiza și livrarea rezultatelor, modelul de documentație folosit în analiză, înregistrarea reclamației în diferite platforme online de comunicare cu clientul;
- înregistrarea și documentarea internă a reclamației și a problemei ridicate;
- condițiile de analiză și de reproducere a defectului, negociate cu clientul;
- planificarea analizei ce trebuie executată în concordanță cu cerințele specifice ale clientului;

- anunțarea în producție a problemei apărute și securizarea produselor în tranzit, în logistică, în linia de producție etc.

Managementul reclamațiilor cuprinde pașii propuși în Fig. 5.6, prezentați sub formă de diagramă de flux.

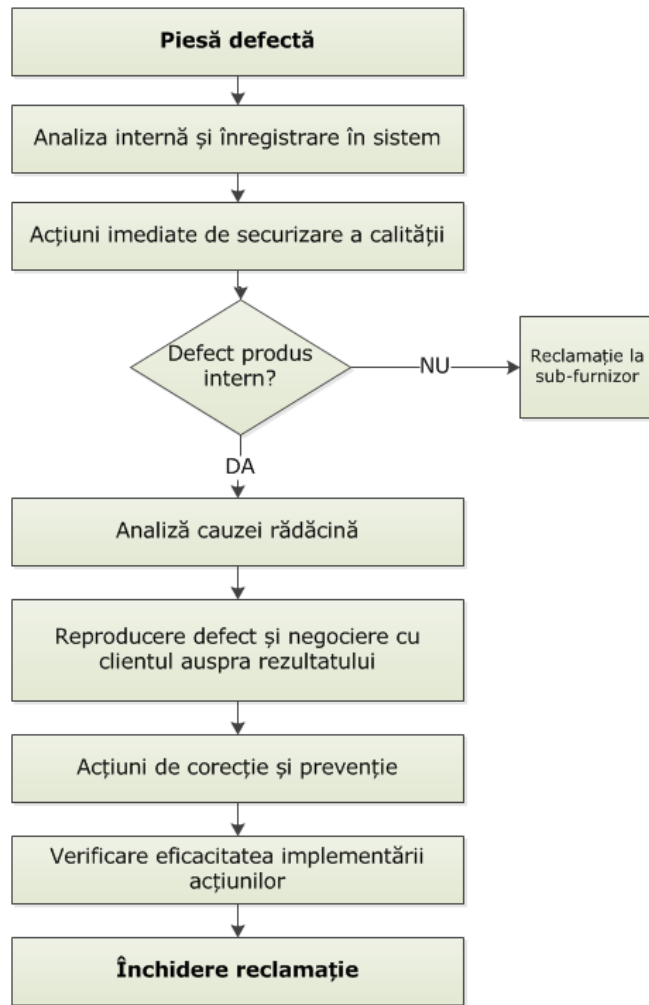


Fig. 5.6. Diagrama flux a managementului reclamațiilor

După ce a fost efectuată analiza, a fost găsită cauza rădăcină și au fost implementate acțiuni de corecție, sunt actualizate toate documentele relevante cu modificările făcute în proces sau produs. De obicei, documente următoare sunt verificate și actualizate cu informațiile date de: planul de control, FMEA de produs și/sau de proces, diagrama flux a procesului de producție și instrucțiunile de lucru. Una din caracteristicile cele mai importante în fața clientului este timpul de răspuns

la o reclamație. În acest sens au fost colectate mai multe informații de la diverși constructori din industria automotive, prezentate în Tab. 5.1.

Tab. 5.1. Exemplu de timpul de răspuns la constructori OEM în urma reclamației

Client	Primul feedback	Feedback intermediar	Feedback final
BMW (defecte de siguranță)	24 ore - raport de reclamație și transportul piesei	48 ore - 4D raport	10 zile lucrătoare - 8D raport
BMW funcțional	1 zi lucrătoare (urmărire rapidă) sau 5 zile (urmărire normală)	48 ore - 4D raport	20 zile lucrătoare - 8D raport
Daimler	24 de ore	5 zile lucrătoare	10 zile lucrătoare
Ford	24 de ore (acțiuni urgente)	5 zile lucrătoare - acțiuni imediate și rezultate la analiza cauzei	10 zile lucrătoare
Porsche	24 de ore	3 zile lucrătoare	20 de zile lucrătoare
Renault	48 de ore (D1-D4)	10 zile lucrătoare (D5-D6)	30 de zile lucrătoare (D7-D8)
Volvo	24 de ore (acțiuni urgente)	5 zile lucrătoare - acțiuni imediate și rezultate la analiza cauzei	10 zile lucrătoare
GM	15 zile lucrătoare		După închiderea analizei/investigației
Audi	48 de ore	5 zile lucrătoare	La fiecare 5 zile până la închiderea problemei
Volkswagen	24 de ore	10 zile lucrătoare	20 de zile lucrătoare
Fiat	24 de ore	-	10 zile lucrătoare

5.3 Instrumente de analiză și rezolvare a problemelor de calitate

5.3.1 Diferite abordări privind instrumentele calității

În literatura de specialitate există mai multe abordări care prezintă și recomandă folosirea instrumentelor de asigurare a calității.

O primă abordare este dată în (Juran & Godfrey, 1998), care prezintă instrumentele de îmbunătățire a calității. Acestea amintesc echipei că există o ordine structurată în procesul de rezolvare a problemei și păstrează echipa concentrată pe problemă, ajută la anumiți pași din analiză, atunci când echipa se "pierde" sau nu mai știe cum să continue sau ce să mai facă. Unul din instrumentele cele mai folosite poate sugera echipei care sunt următorii pași pentru rezolvarea problemei. La un anumit pas, folosind un instrument, acesta poate indica echipei să redefească acțiunile.

În Fig. 5.7 se arată care sunt cele mai frecvente aplicații ale instrumentelor de îmbunătățire a calității.

Activități și pași pentru îmbunătățirea calității	Instrumentele calității									
	BOX Plot	Brainstorming	Cause-Effect Diagram	Data collection	Flow diagram	Graphics and charts	Histogram	Pareto Analysis	Scatter Diagram	Stratification
1. Identificarea proiectului										
a. Nominalizare proiect										
b. Evaluare proiect										
c. alegere proiect										
d. Întrebare: este o îmbunătățire a calității?										
2. Stabilirea proiectului										
a. Pregătirea strategiei										
b. alegerea echipei										
c. Verificarea strategiei										
3. Diagnosticarea cauzei										
a. Analiza simptomelor										
b. Confirmare sau modificarea strategiei										
c. Formularea teoretică?										
d. Testarea teoretică										
e. Identificarea cauzei rădăcină										
4. Remedierea cauzei										
a. Evaluarea alternativelor										
b. Remedierea designului										
c. Controlul desingului										
d. Cultura pentru design										
e. Dovedirea eficacității										
f. Implementarea										
5. Menținerea câștigului										
a. Control de claitate eficient al designului										
b. Dovada remedierii										
b. Audit de control										
6. Rproducerea rezultatelor și nominalizarea proiectelor noi										
a. Reproducerea rezultatelor proiectului										
b. Nominalizare proiecte noi										
	Cel mai frecvent folosite									
	Folosirea ocazională									
	Folosirea rară									
	Nu se folosește									

Fig. 5.7. Aplicațiile instrumentelor pentru îmbunătățirea calității, după (Juran & Godfrey, 1998)

Următoarele descrieri prezintă instrumentele de îmbunătățire a calității (Juran & Godfrey, 1998):

- Box Plot: este un grafic de sumar cinci numere a variației într-un set de date;
- Brainstorming: este o tehnică în care membrii echipei sunt chemați să genereze/producă idei creative și constructive;
- Diagrama cauze-efect (Cause-Effect Diagram): este o diagramă inventată de Kaoru Ishikawa, scopul fiind să fie arătate inter-relațiile diverselor teorii asupra cauzei rădăcină a problemei;

- Colectarea datelor (Data Collection): sunt folosite diverse formate tabelare, care arată trendul, sau așa numitele "check sheet", o listă de verificare cu pașii care trebuie efectuați;
- Diagrama flux (Flow diagram): este o reprezentare grafică a secvențelor pașilor necesari în care să fie produse ieșirile (outputs);
- Grafice și diagrame (Graphics and Charts): sunt instrumente folosite pentru cuantificarea cantitativă a datelor și reprezentarea lor (e.g. bare, linii grafice, "format de plăcintă" etc.);
- Histograma (Histogram): arată distribuția unui set de măsurători;
- Analiza Pareto (Pareto Analysis): este un instrument folosit la stabilirea priorităților; această analiză include trei factori: contribuții la efectul total la magnitudinea contribuției, magnitudinea contribuției fiecărei expresii numerice și procentul cumulativ al tuturor efectelor contribuitorilor clasauți;
- Diagrama de dispersie (Scatter Diagram): arată relația între două variabile, pentru a determina dacă există o corelare între ele care poate indica o relație cauză-efect;
- Stratificarea (Stratification): este folosită la separarea datelor în categorii.

Aceste instrumente de îmbunătățire a calității sunt folosite într-un spectru larg de industrii și, de multe ori, duc spre soluții în rezolvarea problemelor de calitate. De fapt, Juran și Godfrey oferă sugestii, dar nu și soluții tehnice. În concluzie, indiferent de instrumentul sau instrumentele folosite, acestea nu oferă soluții tehnice, nu aduc două elemente în contradicție, care să definească problema și nici nu sugerează potențiale acțiuni.

A doua abordare este dată în (PMI, 2013), unde cele șapte instrumente de bază ale calității (Fig. 5.8) sunt destinate în mod principal rezolvării problemelor de calitate:

- Diagrama cauze-efect (Cause & Effect Diagram);
- Diagrama de flux (Flowcharts): pentru înțelegerea și estimarea costului calității în proces, folosind modelul SIPOC (Supplier-Input-Process-Outputs-Customers) prezentat în Fig. 5.9;
- Fișele de verificare (Checksheet);
- Diagrama Pareto (Pareto Diagram): sunt identificate câteva surse "vitale" care generează majoritatea problemelor;
- Histograme (Histograms): descriu tendința, dispersia și forma distribuției statistice;
- Diagrame de control (Control Charts): arată dacă un proces este stabil sau nu, dacă are performanțe previzibile;
- Diagrame de dispersie (Scatter diagrams) – sunt denumite și grafice de corelație.

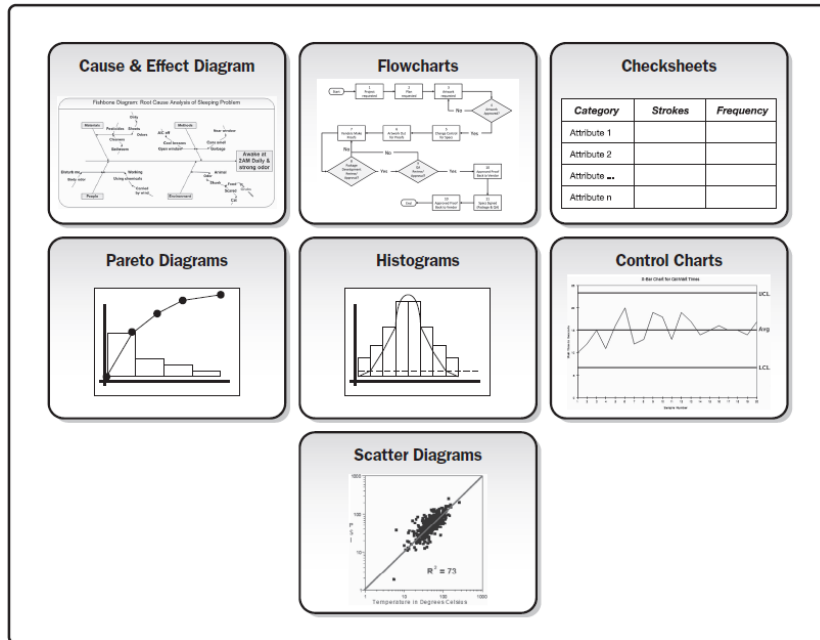


Fig. 5.8. Cele șapte instrumente ale de bază ale calității (PMI, 2013)

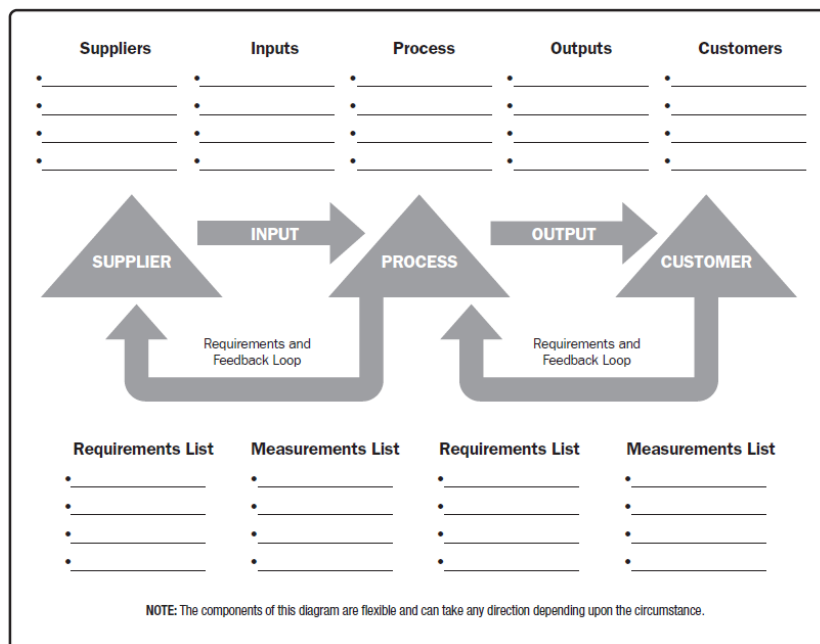


Fig. 5.9. Modelul SIPOC (PMI, 2013)

A treia abordare, asemănătoare cu cea prezentată de ghidul PMI, este dată în (Yang & El-Haik, Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development, 2003).

Cele șapte instrumente ale calității, care ajută la înțelegerea și îmbunătățirea proceselor, sunt: diagrama cauze-efect, fișe de verificare, diagrame de control, diagramă de flux, histograme, Pareto, diagrame de dispersie (Yang & El-Haik, Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development, 2003).

A patra abordare este dată de AIAG (Automotive Industry Action Group), prin APQP Second Edition, în care sunt abordate tehnicile analitice, și anume (AIAG, 2008):

- Diagrama cauze-efect: instrument analitic de relație între efecte și cauze posibile;
- Matricea de caracteristici: matrice care arată relația între stațiile de producție și parametrii de proces;
- Metoda drumului critic: poate fi o diagrama Gantt sau PERT, ce arată secvența cronologică a activităților care necesită cel mai mare timp așteptat pentru închiderea activității;
- Design of Experiments (DoE): este un test sau o secvență de teste, unde posibilele variabile influente de proces sunt modificate sistematic conform unei matrice de design prescrise;
- Design for Manufacturing and Assembly (DFMA): este procesul dezvoltat pentru optimizarea relațiilor între funcția designului, fabricație și asamblare;
- Design Verification Plan & Report (DVP&R): cu această metodă sunt planificate testele și sunt documentate activitățile de testare în fiecare fază prin care trece produsul/procesul în cadrul ciclului de viață al proiectului;
- Mistake Proofing/Error-Proofing: identifică erori apărute;
- Diagrama fluxului de proces;
- Quality Function Deployment (QFD): traducerea cerințelor clientului în cerințe de produs.

Instrumentele menționate sunt recomandate a fi folosite în mod special în industria automotive, dar aria de aplicare se poate extinde și la alte domenii (alimentație, agricultură, energii regenerabile etc.).

A cincea abordare este dată de VDA, fiind una dintre cele mai complexe și având mai multe arii de aplicabilitate. În Fig. 5.10 este redată o imagine de ansamblu a metodelor. Metodele care se concentrează pe rezolvarea problemei sunt următoarele:

- Ajutoare elementare;
- Diagrama flux;
- Histograme;
- Fișe de verificare;
- Diagrame de control;
- Diagrama cauze-efect (Ishikawa);
- Diagrama Pareto;
- Diagrame de dispersie (Scatter Plott);
- Analiza de contingență;
- Analiza de varianță (ANOVA - ANalysis Of VAriance)
- Analiza discriminantă;
- Analiza de regresie;
- FTA (Fault Tree Analysis);
- TRIZ (Theory of inventive problem solving);

- 8D-Metoda;
- Six Sigma.

Methods overview		Methodical objectives	strategic objectives					Application in phases				Empowerment: those involved			
Development processes	Development processes		Reduce external costs	Reduce internal costs	Reduce failures	Meet customer / cost targets	Meet functional requirements	Problem-solving	Control the causes of failures	Standardize processes	Concept phase	Product development	Product validation & production	Pre-production phase	Full production
Development processes	Development processes	Focus on the quality and continuous improvement of the work of each individual employee	X	X	X	X	X	X	X	X					Development: Production Planning, Production
FTA - Fault Tree analysis	FTA - Fault Tree analysis	Analyze and illustrate the logical links between component failures and part-system failures in order to show the effects of possible undesired events and their functional associations	X	X	X	X	X	X	X	X					Development: Production Planning, Production
FMEA (Failure Mode & Effects Analysis)	FMEA (Failure Mode & Effects Analysis)	Identify and evaluate potential failure (occurrence, significance and probability of detection) and specify actions to reduce risks	X	X	X	X	X	X	X	X					Development: Production Planning, Production, Purchasing, QM Marketing
SMOY analysis (Strength-Weakness-Opportunities-Threats)	SMOY analysis (Strength-Weakness-Opportunities-Threats)	Determine the current position of product and systems (Strength-Weakness-Opportunities-Threats) in the market and competitive environment													Development: Production Planning, Production
DFMA (Design for Manufacture and Assembly)	DFMA (Design for Manufacture and Assembly)	Design the product for ease of manufacture and assembly in order to optimize manufacturing costs, reduce the number of components, reduce development time, reduce the work involved in assembly and increase quality	X	X	X	X	X	X	X	X					Development: Production Planning, Production
DMU (Digital Mock Up)	DMU (Digital Mock Up)	Reduce the geometric stability of physical parts by using virtual simulation and assembly simulation, reduce the number of prototypes and samples required, reduce the cost of changes	X	X	X	X	X	X	X	X					Development: Production Planning, Production
Trial methodology / DoE (Design of Experiments)	Trial methodology / DoE (Design of Experiments)	Practice analysis of systems with the use of test plans and theory reduce the work involved in trials and testing, practice optimum products and processes from the understanding of the way systems work	X	X	X	X	X	X	X	X					Development: Production Planning, Production
Manufacturing feasibility analysis	Manufacturing feasibility analysis	Systematic determination of technical, organizational and commercial requirements and risks, as well as the potential for their implementation	X	X	X	X	X	X	X	X					Development: Production Planning, Production
Poka Yoke	Poka Yoke	Prevent unforeseen human error by the use of appropriate technical and/or organizational actions			X					X					Production Planning, Production
QFD - Quality Function Deployment	QFD - Quality Function Deployment	The voice of the customer (internal and external) - i.e. translate the customer's wishes, needs and requirements into the language of the manufacturer (product and process specifications)				X	X	X							Development: Production Planning, Production
TRIZ (Theory of Inventive Problem-Solving)	TRIZ (Theory of Inventive Problem-Solving)	Discover innovative solutions and improvements to existing systems by the appropriate allocation of tasks and the resolution of contradictions					X	X							Development: Production Planning, Production
Economic process design	Economic process design	Propose quantitative, common and assessment in order to meet the specific requirements with the greatest possible economy	X	X	X	X	X	X	X	X					Production Planning, Production
8D Method	8D Method	Determine the causes of failures and eliminate them permanently by the use of a systematic, team-oriented problem-solving process			X			X		X					Development: Production Planning, Production
DFSS+ (Design for Six Sigma)	DFSS+ (Design for Six Sigma)	Systematic support of development work by structured procedures and the responsible application of QM methods to prevent failures and create robust products and processes	X	X	X	X	X	X	X						Development: Production Planning, Production
Six Sigma	Six Sigma	Eliminate errors in products and processes by the use of structured, project-oriented procedures with the responsible application of QM methods	X	X	X	X	X	X	X						Process owner
Statistical tolerance process	Statistical tolerance process	Improve tolerancing processes in order to prevent a conflict of objectives when specifying tolerances and thereby maintain the quality characteristics of parts and systems	X	X	X	X	X	X	X	X					Development: Production, QM

Fig. 5.10. Vedere de ansamblu al metodelor (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models., 2009)

În cele ce urmează, pentru a converge informațiile în direcția atingerii obiectivului acestui capitol, sunt arătate doar cele care nu au mai fost prezentate în abordările anterioare, fiind luate în calcul doar metodele din secțiunea de ajutoare elementare (Elementary Aids).

Analiza de contingență este folosită la identificarea relației sistematice între două sau mai multe caracteristici calitative. Alegerea ei este arătată în Fig. 5.11.

		Target values	
		Discrete	Continuous
Influencing variables	Discrete	Contingency analysis	Variance analysis
	Continuous	Discriminant - analysis	Regression analysis

Fig. 5.11. Analiza de contingență (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models., 2009)

Întrebările la care răspunde, după VDA, sunt:

- Proporția erorilor depinde de sistem, echipament, matriță sau de operator?
- Rata de eroare a pieselor din exterior diferă de furnizorul inclus?

Analiza de varianță (ANOVA - ANalysis Of VAriance) este o metodă care compară mediile eșantioanelor într-o analiză; se observă care este dependența între variabile discrete de influență și valori țintă continue, alegerea ei fiind arătată în Fig. 5.12.

		Target values	
		Discrete	Continuous
Influencing variables	Discrete	Contingency analysis	Variance analysis
	Continuous	Discriminant - analysis	Regression - analysis

Fig. 5.12. Analiza de varianță (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models., 2009)

Analiza de varianță răspunde la următoarele întrebări:

- Cât de mare este influența testelor de mediu asupra semnalului de ieșire a senzorului?
- Rezultatul măsurătorii este dependent de operator, adaptor, schimb etc.?

Analiza discriminantă poate identifica sistematic relațiile între variabile de influență continue și valorile țintă discrete, alegerea analizei fiind prezentată în Fig. 5.13.

		Target values	
		Discrete	Continuous
Influencing variables	Discrete	Contingency analysis	Variance analysis
	Continuous	Discriminate - analysis	Regression - analysis

Fig. 5.13. Analiza discriminantă (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models., 2009)

Întrebările la care poate răspunde această analiză, conform VDA sunt:

- Anumite grupuri (piese bune sau mai puțin bune) diferă semnificativ unul de celălalt în ceea ce privește înregistrarea caracteristicilor lor?
- Care caracteristică contribuie la distincția între grupuri?
- Ce combinație lineară a caracteristicilor furnizează o distincție clară între grupuri?
- În care grup ar trebui plasat un obiect în baza valorilor caracteristicilor măsurate?

Analiza de regresie poate identifica sistematic relația între variabile de influență continuă și valorile țintă continue, alegerea analizei fiind prezentată în Fig. 5.14.

		Target values	
		Discrete	Continuous
Influencing variables	Discrete	Contingency analysis	Variance analysis
	Continuous	Discriminate - analysis	Regression - analysis

Fig. 5.14. Analiza de regresie (Automobilindustrie, Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models., 2009)

După VDA, această analiză răspunde la următoarele întrebări:

- Semnalul de ieșire de la senzorul de presiune depinde de presiune, temperatură etc.?
- Cum acționează uzura pneului în funcție la viteză, distanță, caracteristici ale drumului etc.?
- Cum depinde cuplul motorului de unghiul de pornire, volumul de aer etc.?

5.3.2 Selectarea instrumentelor calității

Pentru selectarea instrumentelor calității sunt parcurși următorii pași :

- maparea instrumentelor calității prin metodologia DMAIC (Six Sigma);
- împărțirea instrumentelor calității în categorii de folosire;
- selectarea instrumentelor folosite în tratarea reclamațiilor;
- prezentarea sintetică a fiecărui instrument.

Pentru maparea instrumentelor de calitate se propune modelul din Fig. 5.15, bazat pe metodologia DMAIC (Six Sigma).

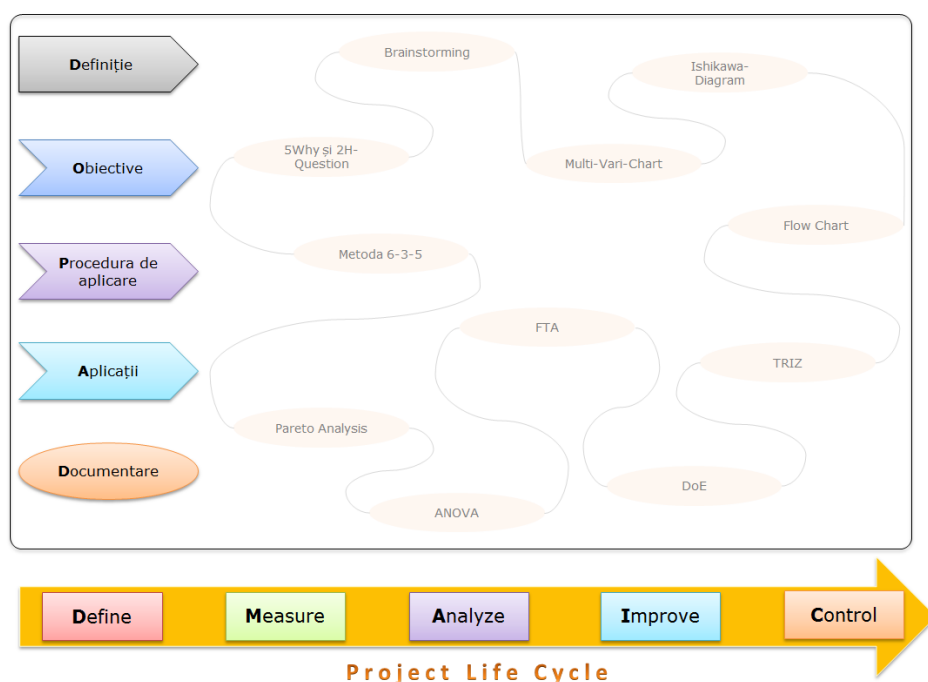


Fig. 5.15. Modelul de mapare a instrumentelor calității

Considerând recomandările din literatura de specialitate, a fost propusă o împărțire a instrumentelor calității în două categorii:

- instrumente pentru faza de dezvoltare produs/proces până la SOP și
- instrumente aplicate în producția de serie.

Practic, în tratarea unei reclamații, indiferent de faza în care se află proiectul, activitățile sunt împărțite și ele în două mari categorii, care cuprind:

- procesul de rezolvare a problemei, în care sunt căutate cauzele care au dus la defectare etc.;
- documentarea într-un anumit document standard cu informațiile relevante pentru client și care demonstrează faptul că a fost găsită cauza problemei, a fost eliminată și au fost întreprinse acțiuni de prevenție, pentru a nu se mai repeta în viitor (e.g. completarea raportului 8D, 5Phases etc.);

Pe baza studiului efectuat și în urma experienței proprii în companie, sunt selectate ca instrumente de bază recomandate pentru rezolvarea problemelor și identificarea cauzei rădăcină (dezvoltare și producție):

- Brainstorming;

- 5 Why (5 de ce);
- Diagrama cauze–efect (Ishikawa);
- Analiza Pareto;
- FTA (Fault Tree Analysis);
- TRIZ (Teoria Rezolvării Problemelor Inventive)
- DoE (Design of Experiments)

Motivația care a stat la baza selectării instrumentelor de mai sus este aceea că în momentul de față recomandările iau în considerare nivelul de pregătire al echipei și faptul că acestea sunt metodologii clasice, care “au fost folosite întotdeauna la rezolvarea problemelor” (ASQ, PROBLEM SOLVING & ANALYSIS TOOLS, 2016), (MindTools, Problem Solving, 2016). Se vede deci nevoia de instrumente tehnice care să ajute la rezolvarea problemelor și care să elimine din ecuație subiectivitatea.

5.3.2.1 Brainstorming

Definiții:

- Brainstorming este o metodă individuală sau de grup pentru generarea ideilor, care crește eficacitatea creativității sau găsește soluții la probleme (Chauncey, 2013);
- Brainstorming este un instrument folosit la generarea soluțiilor creative la o problemă, fiind o combinație între o gândire laterală cu o abordare relaxată informală (Miller, 2012);
- Brainstorming este un instrument care poate fi folosit în orice fază a proiectului, pentru a lista idei, sugestii, păreri asupra unei probleme specifice sau în căutarea posibilelor cauze.

Obiectiv: să genereze idei.

Procedura de aplicare.

Pașii urmați, după (Chauncey, 2013):

- planificarea sesiunii;
- alegerea membrilor echipei care vor participa la dezbateri;
- planificarea întrebărilor la care va trebui să răspundă echipa;
- stabilirea informațiilor de adus sau clarificat înainte de sesiune;
- alegerea unui moderator;
- planificarea timpului necesar discuțiilor;
- stabilirea mărimii grupului participant;
- alegerea locației;
- pregătirea unei agende ale sesiunii (introducere, așteptări, obiective etc.);
- stabilirea regulilor de aplicare;
- documentarea evidențelor;
- conducerea sesiunii;
- blocarea timpului în calendarul participanților;
- introducerea moderatorului și a fiecărui participant;
- prezentarea agendei (pauze, reguli, elemente de interes etc.).

Pașii urmați, după (Miller, 2012):

- alegerea unui scop clar al sesiunii;
- alegerea participanților;
- crearea întrebărilor cheie;
- pregătirea materialelor;

- adresarea întrebărilor și așteptarea răspunsurilor (nu există idei sau răspunsuri nevaloroase).

Reguli care trebuie aplicate:

- definirea clară a subiectului;
- ideile generate să nu fie criticate;
- durata de timp a sesiunii se poate prelungi la nevoie;
- documentarea tuturor ideilor și sugestiilor sau părerilor generate;
- setarea pașilor ce necesită să fie făcuți după ce au fost generate ideile.

După (Chauncey, 2013), (Miller, 2012) și (Brainstorming.co.uk, 2016) se cer a fi respectate următoarele reguli:

- toate ideile sunt valoroase, nu se critică sau judecă;
- concentrarea, în prima instanță, pe cantitate și nu pe calitate;
- sunt acceptate și ideile mai "ciudate și neconvenționale" sau exagerate;
- generarea de idei plecând de la ideile prezentate.

Aplicații:

- diseminarea problemelor și generarea ideilor care pot duce la găsirea cauzelor posibile;
- generarea soluțiilor posibile;
- generarea de idei și soluții noi, care nu au mai fost luate în considerare.

Documentare: flip-chart, plan de acțiuni, tablă interactivă sau software specializat. Nu sunt recomandate tipare, deoarece se pot crea bariere.

5.3.2.2 5 Why (5 de ce)

Definiții:

- 5 Why (5 de ce) este un instrument de sine stătător folosit pentru rezolvarea problemelor (Baxter, 2015);
- 5 Why este un instrument care, folosind întrebarea „de ce”, duce la găsirea relației între cauze și efect (Fantin, 2014);
- 5 Why este o tehnică iterativ interogativă folosită la exploatarea relației cauze-efect (Wikipedia, 2016).

Practic, acest instrument este o metodă analitică care, prin întrebarea "de ce", duce la aflarea de informații la o problemă specifică.

Obiectiv: prin folosirea repetată a întrebării "de ce" se concluzionează cauza rădăcină a problemei.

Procedura de aplicare: sunt cunoscute două abordări principale.

Prima abordare, conform Fig. 5.16, este o abordare clasică, în care prin repetarea expresiei "de ce" se ajunge la o cauză sau mai multe cauze a problemei.

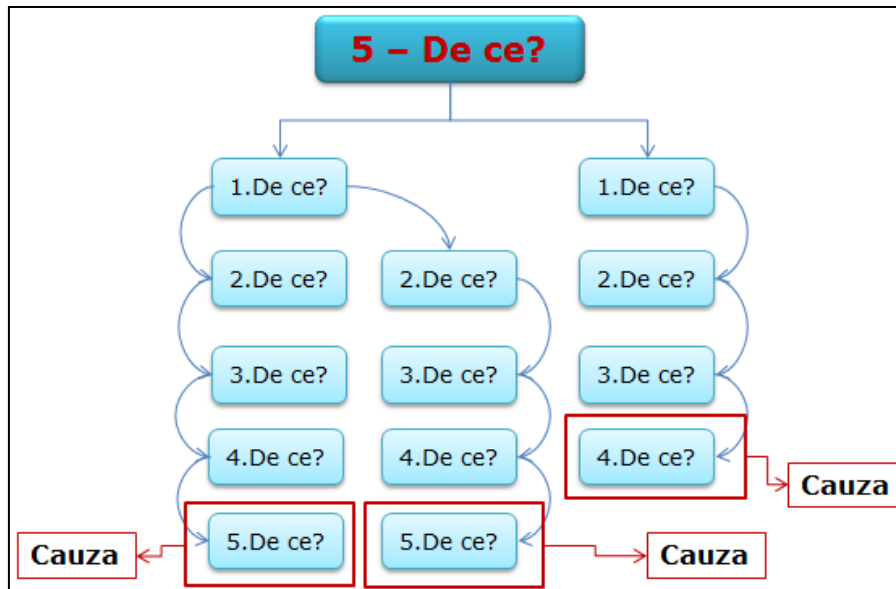


Fig. 5.16. 5 Why (5 de ce) – abordarea clasică, după (Fantin, 2014)

A doua abordare este bazată pe întrebarea 5 Why (5 de ce) pusă în trei direcții (Fig. 5.17):

- de ce a apărut?
- de ce nu a fost detectat?
- de ce nu a fost prevenit?

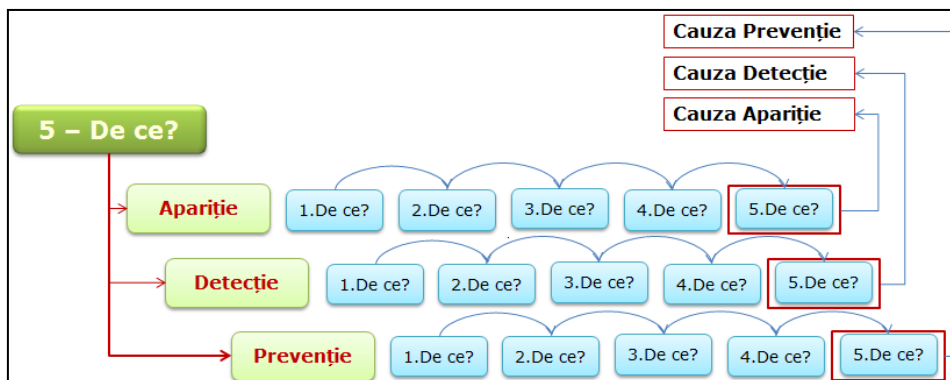


Fig. 5.17. 5 Why (5 de ce) – abordarea în trei direcții, după (Baxter, 2015)

Pașii de aplicare sunt:

- se alege problema specifică;
- se alege categoria de aplicare (om, mașină, mediu etc.);
- se alege cauza și, după fiecare cauză identificată, se pune întrebarea: "de ce s-a întâmplat?" (Wang, 2008);
- pentru fiecare cauză sunt definite acțiuni de corecție și de prevenție.

Aplicații: rezolvarea problemei, cu recomandări (Wang, 2008):

- pentru problemele în care sunt implicați factori umani și interacțiunea lor;

- pentru probleme tehnice;
- pentru dezvoltarea de produse noi, dar și pentru îmbunătățirea produselor existente;
- se folosește foarte bine împreună cu diagrama cauze-efect (Ishikawa).

Documentare: documente interne (în format Excel), sau software special (e.g. Mindtool).

5.3.2.3 Diagrama cauze-efect

Definiții:

- Diagrama cauze-efect este un instrument folosit la identificarea cauzelor posibile la efecte sau probleme (ASQ, 2016);
- Diagrama cauze-efect este un instrument folosit la explorarea factorilor care influențează un proces sau o anumită situație (Powell, 2000);

Obiectiv: analiza cauzelor și vizualizarea relației între cauze și efecte.

Procedura de aplicare. Sunt parcurși următorii pași (Powell, 2000):

- este definit efectul – problema apărută;
- se reprezintă diagrama (Fig. 5.18), folosind un software dedicat sau direct pe tablă sau orice alt suport didactic;
- se dezvoltă categoriile, cele standard (6M) fiind: Metode (Methods), Materiale (Materials), Măsurători (Measurements), Mașina (Machine/Equipment), Manoperă (Manpower), Mediu (Environment);
- se caută cauzele, sub-cauzele și așa mai departe (se poate folosi 5 Why).

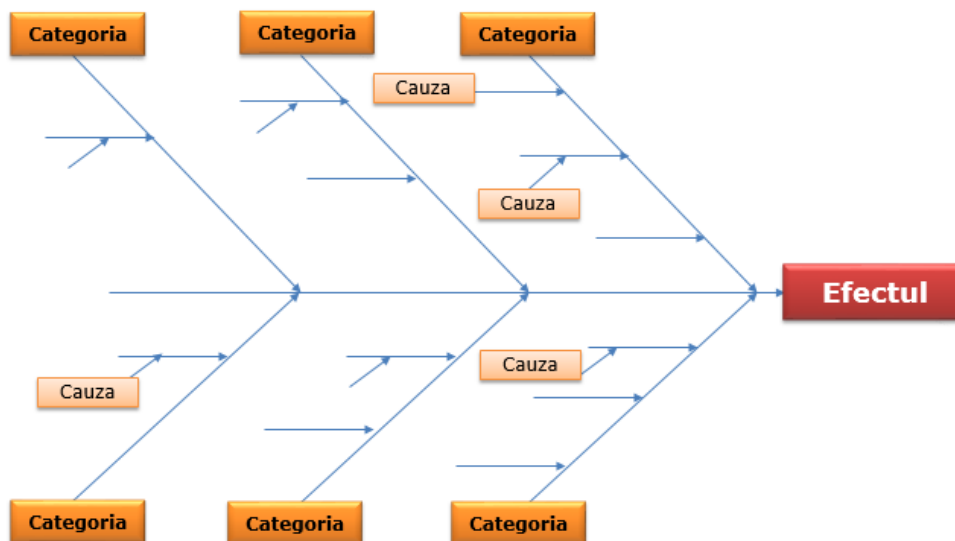


Fig. 5.18. Diagrama cauze-efect

Aplicații: cauzelor, vizualizarea relației între cauze și vizualizarea contextului problemei.

5.3.2.4 Analiza Pareto

Definiții:

- Analiza Pareto este bazată pe priorizare și pe conceptul 80–20, și anume 20% din cauze generează 80% din probleme (Mindtools, 2016), (Shim & Siegel, 1999);
- Analiza Pareto este un instrument care se bazează pe priorizarea problemelor care apar cel mai des (Schoenfeldt, 2008);
- Analiza Pareto este o reprezentare grafică cantitativă a cauzelor problemelor. Un exemplu de analiză (diagramă) Pareto se prezintă în Fig. 5.19.



Fig. 5.19. Exemplet de analiză Pareto (ASQ, 2016)

Obiectiv: vizualizarea celor mai frecvente cauze ale problemelor.

Procedura de aplicare:

- definirea datelor de analiză pe categorii;
- datele sunt alocate fiecărei categorii în parte în funcție de ce se dorește a fi analizat;
- pentru generarea graficului se folosește, de obicei, o bază de date (e.g. în Excel);

Aplicații:

- analizarea datelor în funcție de frecvență sau cauze;
- separarea datelor în funcție de importanța lor;
- arată unde ar trebui să înceapă procesul îmbunătățire (Shim & Siegel, 1999).

Documentare: instrument Excel sau software specializat sub formă de grafic.

5.3.2.5 FTA (Fault Tree Analysis)

Definiție:

- FTA (Fault Tree Analysis) este o tehnică analitică prin care este specificată o stare nedorită a sistemului, iar apoi sistemul este analizat în context de mediu și operabilitate, pentru a găsi căi credibile în care a apărut evenimentul nedorit (Vesely & Roberts, 1981);
- FTA (Fault Tree Analysis) este o diagramă logică care arată inter-relațiile între evenimente potențial critice în sistem și cauzele pentru acel eveniment (Rausan & Hoyland, 2004).

Obiectiv: rezolvarea cauzelor unui eveniment.

Procedura de aplicare. Sunt parcurși următorii pași (Vesely B. , 2016):

- se definește un evenimentul nedorit;
- evenimentul este rezolvat în cauzele sale imediate;
- se continuă soluționarea cauzelor până la identificarea cauzei de bază;
- este construită o diagramă logică (arbore cu defecte) în care sunt arătate relațiile logice între evenimente;
- relația logică în FTA este dată de evenimente reprezentate prin simboluri logice sau porți logice (Gates);

FTA se împarte în trei părți (Fig. 5.20):

- partea de sus (primul nivel) – evenimentul neplăcut (cum s-a defectat sistemul);
- partea din mijloc – evenimentele intermediare;
- partea de jos (ultimul nivel) – evenimentele primare sau evenimentele de bază cauzatoare;

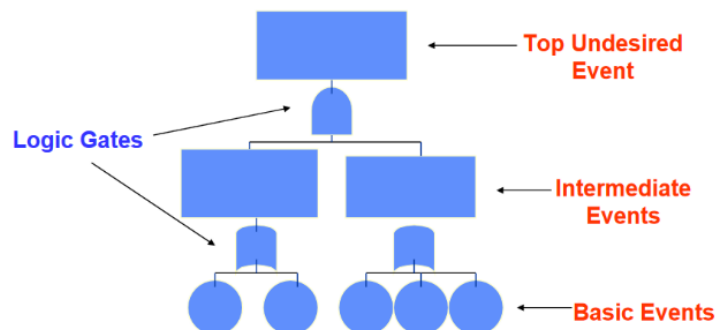


Fig. 5.20. Structura de bază a FTA (Vesely B. , 2016).

Aplicații:

- identificarea punctelor slabe în sistem (produs, componente, ansamble etc.);
- identificarea efectelor erorilor umane;
- prioritizarea contributorilor la defectare;
- optimizarea testelor și a produselor;
- cuantificarea probabilității unui sistem de a se defecta;
- evaluarea riscurilor;
- produse cu impact în siguranță (Safety Impact);

Documentare. Software Fault Tree Analysis specializat în reprezentări prin diagrame logice (http://www.itemsoft.com/fault_tree.html, <http://www.fault-tree-analysis-software.com/>).

5.3.2.6 TRIZ (Teoria de Rezolvare a Problemelor Inventive)

Definiție: TRIZ este un set de instrumente de inginerie folosite pentru rezolvarea problemelor care concentrează soluțiile și succesele trecute pentru a arăta cum se pot rezolva în mod sistematic problemele (Gadd, TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving, 2011). Alte definiții au fost prezentate în scap. 3.3.

Obiectiv: atingerea excelenței absolute în design și inovare (Yang & El-Haik, Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development, 2003).

Procedura de aplicare. Sunt cinci elemente cheie pentru atingerea obiectivului TRIZ (Yang & El-Haik, Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development, 2003):

- idealitatea – maximizarea beneficiului și minimizarea efectelor negative;
- funcționalitatea – blocul de bază al sistemului arată cum lucrează sistemul;
- resursele – utilizarea maximă a resurselor;
- contradicțiile – eliminarea contradicțiilor crește funcționalitatea și performanța sistemului;
- evoluția – trendul de evoluție a dezvoltării tehnologice a sistemului, folosit la ghidarea dezvoltării.

Procesul de conceptualizare folosind instrumentul TRIZ a fost arătat în Fig. 3.16 din scap. 3.3:

- definirea problemei specifice;
- definirea problemei generale – prin abstractizare;
- generarea de soluții generale – instrumentele TRIZ generează posibile soluții cu caracter tehnic
- generarea de soluții specifice – prin particularizarea soluțiilor generale și folosind creativitatea se ajunge la soluții specifice

Aplicații:

- rezolvarea problemelor tehnice;
- dezvoltarea de produse noi și inovative;
- îmbunătățirea produselor și proceselor;
- îmbunătățirea calității, reducerea costurilor și creșterea productivității;
- predicția defectării;
- rezolvarea problemelor non-tehnice;
- reducerea subiectivității.

Documentare.

Instrumente TRIZ (Altshuller & Altov, 2004), (Altshuller G. , 1999):

- Cele 40 de principii inventive;
- Analiza funcție;
- Analiza substanță-câmp;
- Cele 76 de soluții standard;
- Cele 9 "ferestre";
- ARIZ – algoritmul de rezolvare a problemelor inventive.

Software:

- TRIZ Contrasolve (<http://www.ideacore.com/product/triz-contrasolve-license/>);
- Innovation WorkBench (<http://ideationtriz.com/new/iwb.asp>);
- Goldfire (<https://www.ihs.com/products/design-standards-software-goldfire.html>);
- Pro/Innovator, CBI/TRIZ (<http://www.iwint.com/en/index.html>).

5.3.2.7 DoE (Design of Experiment)

Definiții:

- DoE (Design of Experiment) este o metodă statistică folosită la studiul efectelor variabilelor multiple simultane (Roy, 2001);
- DoE (Design of Experiment) presupune efectuarea de teste experimentale și reprezentative în legătură cu o problemă dată (Eriksson, 2008);
- DoE (Design of Experiment) arată efectele variațiilor a sistemului testat (produs sau proces) ca răspuns la experimente (Fig. 5.21) (Sundararajan, 2016).

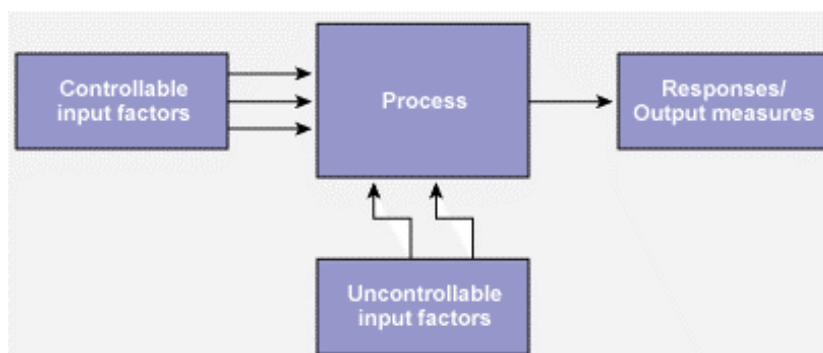


Fig. 5.21. Factorii procesului și răspunsurile în DoE (Sundararajan, 2016)

Obiectiv: analizarea corelației între variabilele influențate și efecte, în scopul identificării riscurilor.

Procedura de aplicare. Pașii de aplicare a metodei:

- analiza sistemului care va fi testat;
- pregătirea strategiei de testare experimentală;
- pregătirea testelor și executarea lor;
- evaluarea testelor experimentale;
- interpretarea datelor statistice;
- implementarea acțiunii.

Procesul DoE este arătat în Fig. 5.22.

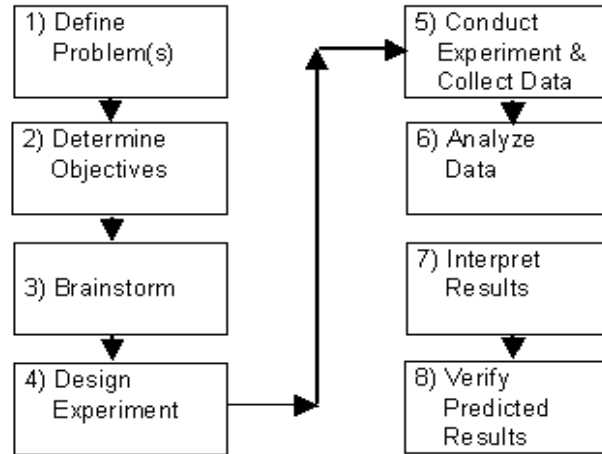


Fig. 5.22. Procesul DoE (MoreSteam, 2016)

Aplicații:

- dezvoltarea și optimizarea proceselor de producție;
- dezvoltarea de produse noi;
- optimizarea calității și performanțelor produselor și proceselor;
- îmbunătățirea testării produselor și proceselor (Eriksson, 2008).

Documentare. Softuri specializate:

DOE++ (<http://doe.reliasoft.com>),
 Minitab (<https://www.minitab.com>).

Ca și concluzie, la selectarea instrumentelor de bază folosite pentru rezolvarea problemelor și îmbunătățirea calității stau următoarele argumente:

- în industria automotive tehnicile sunt orientate pe obținerea rezultatelor imediate;
- contextul în care se dezvoltă și se obțin produsele presupune folosirea de metode moderne și noi, care oferă soluții tehnice fără a elabora studii complexe;
- contextul de piață și dezvoltare a produselor are un trend crescător de inovare, presupunând folosirea tehnicilor creative de rezolvare a problemelor;
- problemele care trebuie rezolvate sunt din ce în ce mai complexe, iar tehnicile propuse tratează în mod principal rezolvarea acestor probleme;
- oricare din tehnicile amintite pot fi aplicate și în produsele cu software integrat sau pot rezolva probleme de software.

5.4 Rezolvarea problemelor în industria automotive

În general, acțiunile de corecție și prevenție sunt determinate și definite de către o echipă de analiză condusă de un moderator, folosind metode de rezolvare a problemelor. Prin aplicarea acestora sunt găsite posibilele cauze, sunt implementate

acțiuni de corecție/prevenție, sunt validate acțiunile și livrate informațiile finale la client.

În momentul de față, viteza și volumul de analiză, precum și complexitatea produselor sunt superioare față de acum 10, 15 sau 20 de ani. De aceea, este nevoie de abordări noi de rezolvare și îmbunătățire a problemelor de calitate în general și în industria automotive în special.

Unul din motivele pentru care se pune accentul din ce în ce mai mult pe calitatea finală livrată de OEM (a automobilului) este faptul că utilizatorul final are acces și câștigă putere tot mai mare în echipa de proiect. Constructorii de automobile depind de vânzări, iar totul decurge spre a mulțumi clientul final. Un alt motiv este că orice client final poate face oricând o reclamație la instituțiile abilitate și acreditate.

Constructorii de automobile, pe de altă parte, reacționează proactiv și pun accent din ce în ce mai mult atât pe calitate, cât și pe siguranță și confort.

În continuare sunt analizate rapoarte ale SRR (Stout Risius Ross Global Financial Advisory Services) (SRR, 2016) care se referă la următoarele probleme din industria automotive:

a) Rechemări în fabrică în anul 2014. După cum se poate observa în Fig. 5.23, anul 2014 a fost anul în care au fost rechemări în service de ordinul milioanei de produse, pe diverse motive, de la funcționalitate la probleme care afectează siguranța pasagerului (probleme la airbag). Unul din motivele pentru care îmbunătățirea procesului de tratare a reclamațiilor trebuie să se îmbunătățească este evitarea rechemărilor în service, care pot cauza pierderi uriașe pentru companii (furnizor și OEM).

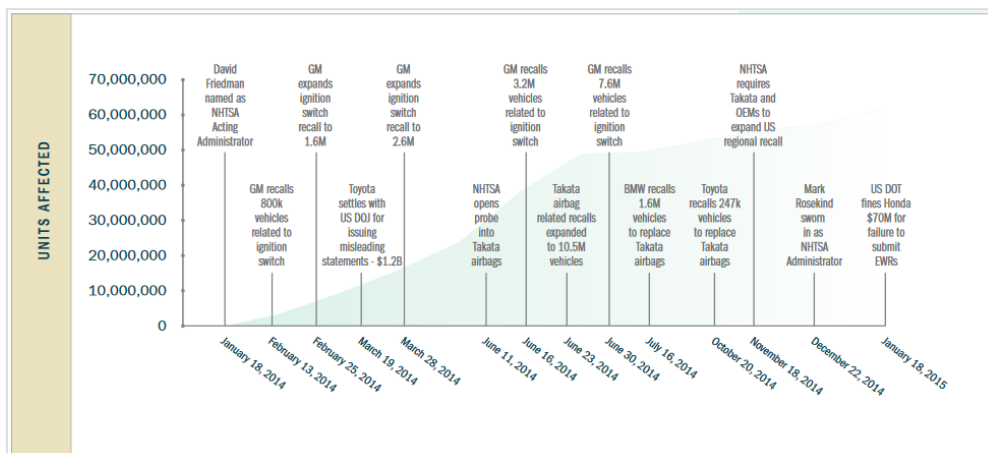


Fig. 5.23. Evenimente importante în industria automotive, în anul 2014 (SRR, 2016).

b) Clienții așteaptă ca produsul livrat (automobilul, în cazul de față) să funcționeze conform așteptărilor, pentru a le da satisfacție. Tot din studiul de la SRR se observă că în 2014 au fost 75000 reclamații ale utilizatorilor, pe diverse probleme, cu 30000 mai multe decât în 2013.

c) Preocuparea clientului final asupra calității și a performanțelor cumpărate aproape s-a dublat. Este un indiciu clar că reclamațiile joacă un rol extrem de important și au un impact mare în ceea ce privește costurile.

d) Preocuparea constructorilor asupra calității livrărilor arată că 90% din OEM au inițiat rechemări în fabrică.

În ceea ce privește tipurile de defecte din ultimii 10 ani, există un anumit trend al acestora, prezentat în Fig. 5.24 (SRR, 2016).

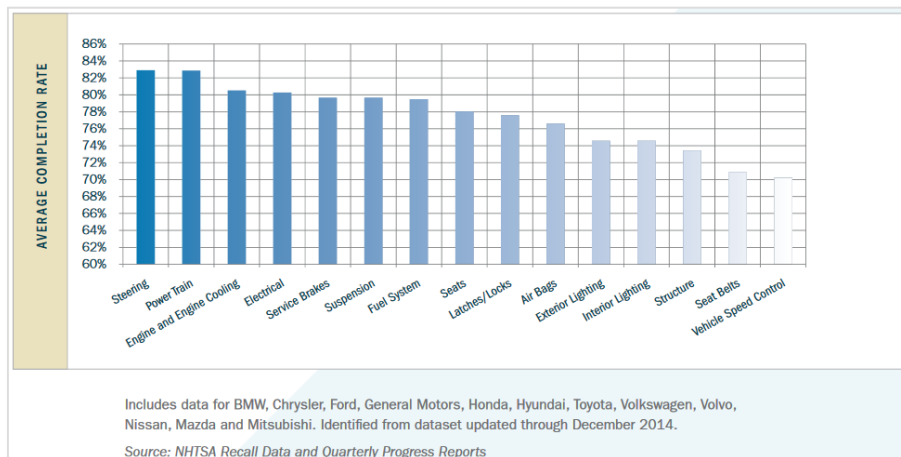


Fig. 5.24. Media trendului rechemărilor pe tipuri de defecte, în ultimii 10 ani (SRR, 2016)

Concluziile referitoare la datele prezentate mai sus:

- utilizatorul final este din ce în ce mai preocupat de siguranța și calitatea produsului cumpărat;
- constructorii de automobile sunt din ce în ce mai preocupați de calitatea produselor livrate;
- atenția asupra calității este în continuă creștere;
- toate acestea au efecte în zona furnizorilor de prim rang (Tier 1), care se concretizează în număr de reclamații și tipuri de analiză din ce în ce mai complexe.

Într-un studiu efectuat de AIAG (Automotive Industry Action Group) în colaborare cu Deloitte sunt câteva rezultate extrem de valoroase. În anul 2013 a avut loc o întâlnire a AIAG împreună cu 22 OEM și furnizori de componente (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016). Concluzia la care s-a ajuns este că atât furnizorii cât și OEM consideră că cele mai critice aspecte, care au impact în calitate, sunt rezolvarea problemelor (Problem Solving) și cerințele specifice de client (CSR – Customer Specific Requirements). Constructorii și furnizorii arată cât de importantă este rezolvarea problemelor, deoarece are impact asupra capacității de administrare, monitorizare și răspuns la evenimentele relaționate, a calității organizației, reflectând abilitatea de implementare operațională eficientă (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016).

În Fig. 5.25 sunt reprezentate top 10 probleme identificate de către respondenți, iar concluzia este că "există o lipsă a eficienței de rezolvare a problemei, rezultată prin repetarea continuă a aceeași probleme" (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016).

Issues	All Respondents*	OEM	Supplier
Concerns related to Problem Solving	1	1	1
Concerns related to Customer Specific Requirements (CSR)	2	2	2
Concerns related to Quality Management System (QMS)	3	7	3
Concerns related to Product Development	4	5**	4
Concerns related to Loss of Experience	5	4	5
Concerns related to Supplier Management	6	3	6
Concerns related to Change Management	7	5**	7
Concerns related to Core Tools	8	8	8
Concerns related to Warranty	9	9	9
Concerns related to Metrics	10	10	10

* Ranking based on all respondents
** Composite scores for OEMs ranked Change Management and Product Development the same.

Source: Deloitte/AIAG Quality 2020 Study

Fig. 5.25. Top 10 probleme identificate cu impact în calitate (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016)

În Fig. 5.26 sunt redate top 3 motive pentru care se consideră că rezolvarea problemelor este importantă.

Top reasons why OEMs and suppliers believe Problem Solving is important

1. Impacts ability to manage, monitor, and respond to quality-related events
2. Impacts ability to implement operational efficiencies
3. Impacts brand and/or customer relationships

Fig. 5.26. Top 3 motive pentru care rezolvarea problemelor este importantă (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016)

În Fig. 5.27 sunt arătate cele mai importante motive pentru care capabilitatea rezolvării problemelor nu este adecvată.

Top reasons why Problem Solving capabilities are inadequate

Reasons	OEM	Supplier
Root cause analysis lacking	2	1
Management / organizational culture	3	2
Rushed	4	3
Jumping to the solution	1	4

Fig. 5.27 Cele mai importante motive pentru care capabilitatea rezolvării problemelor nu este adecvată (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016)

Pe de altă parte, în Fig. 5.28 a fost analizată separat capacitatea organizației de rezolvare a problemei (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016).

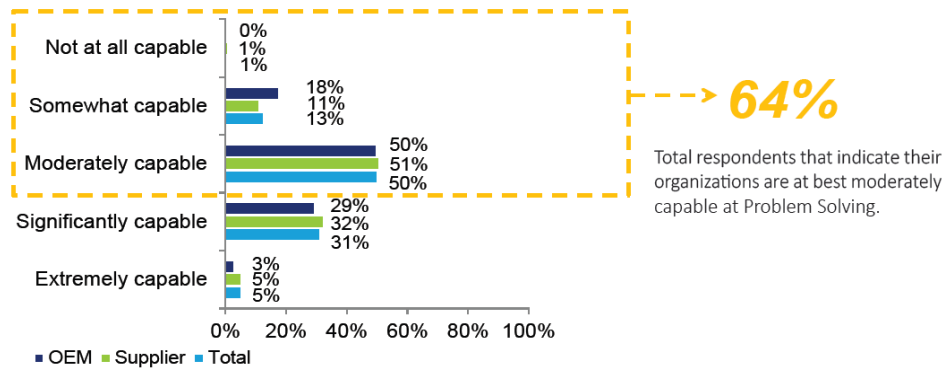


Fig. 5.28. Capacitatea organizației de rezolvare a problemei (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016)

În urma acestor informații au fost propuse îmbunătățiri. Prima propunere a fost de a folosi cele șapte instrumente de bază ale calității pentru rezolvarea problemelor de calitate:

- Brainstorming;
- 5 Why;
- Diagrama cauze–efect (diagrama Ishikawa);
- Analiza Pareto;
- FTA (Fault Tree Analysis);
- TRIZ (Teoria Rezolvării Problemelor Inventive);
- DoE (Design of Experiments).

Instrumentele de mai sus au fost propuse în scopul de a determina cauza rădăcină folosită la rezolvarea problemelor.

Contextul în care a fost gândită îmbunătățirea procesului a fost prezentat într-o lucrare publicată și anume "TRIZ model used within complaint management in the automotive product development" (Tiuc & Drăghici, 2016). Rezolvarea problemelor de calitate înseamnă a rezolva în primul rând reclamațiile de la clienți, iar prin îmbunătățirea calității sunt reduse costurile cu non-calitatea. Metoda îmbunătățită presupune a avea în obiectiv ambele aspecte.

Atunci când este formulată o reclamație în faza de dezvoltare a produsului din ciclul de viață al proiectului, există un anumit flux al informației care circulă între client și furnizor (Fig. 5.29).

Ca mod de documentare al rezultatelor reclamațiilor se propune raportul 8D (8 Discipline), care cuprinde (Tiuc & Drăghici, 2016):

- D1: Echipa de analiză;
- D2: Descrierea cât mai detaliat a problemei:
 - care este problema;
 - ce se observă la client sau efectul observat de client;

- comportamentul piesei;
- cine reclamă problema;
- când a fost observată;
- în ce condiții a apărut problema etc.;
- D3: Implementarea de acțiuni imediate - sunt definite acțiuni de securizare a clientului:
 - verificarea întregului stoc de produse afectate;
 - izolarea problemei;
 - anunțarea problemei în producție, logistică, depozit etc.;
- D4: Analiza cauzei rădăcină – se folosesc cele mai potrivite metode prin următoarele acțiuni întreprinse:
 - reproducerea problemei;
 - verificarea analizei;
 - verificarea de ce nu fost detectată problema;
 - dacă există o contradicție în sistem - practic aici este și îmbunătățirea reală, contradicțiile definesc cauza rădăcină care generează problema apărută la client;
- D5: Implementarea acțiunilor corective – este eliminată cauza, prin implementarea acțiunilor;
- D6: Validarea acțiunilor – după implementarea acțiunilor se verifică dacă a fost eliminată definitiv cauza și nu mai apare problema;
- D7: Prevenirea apariției la alte produse similare – dacă este cazul, să fie implementate aceleași acțiuni și în alte produse;
- D8: Recunoașterea echipei – împărtășirea experienței cu alți colegi și felicitarea echipei de analiză.

În realitate aceștia sunt pași sunt urmăriți. Problemele apar la găsirea cauzei rădăcină și la implementarea acțiunilor corective permanente.

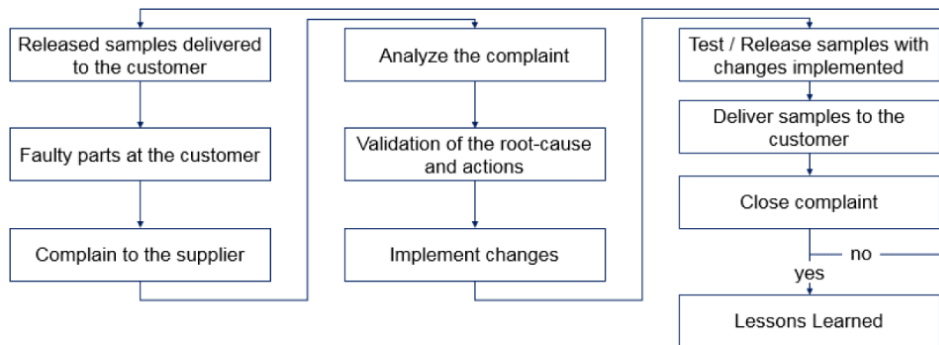


Fig. 5.29. Fluxul de informații în urma reclamației din faza de dezvoltare (Tiuc & Drăghici, 2016)

5.5 Modelul de validare a acțiunilor corective

Cauza rădăcină este găsită de obicei cu ajutorul 5 Why (5 de ce), folosită împreună cu diagrama cauze-efect. Nu este greșit, doar că, după cum s-a observat în studiile efectuate de AIAG, există riscul re-apariției defectului (AIAG & Deloitte, Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte, 2016).

Concluzia este simplă: acțiunile nu au fost implementate eficient sau cauza rădăcină reală nu a fost găsită.

De aceea, se propune o clasificare a tipurilor de defecte în funcție de gravitatea problemei, iar în funcție de aceasta să fie folosite anumite metodologii și instrumente pentru găsirea cauzei rădăcină. Pentru a evidenția gravitatea problemei, în Fig. 5.30 este arătată sincronizarea cu severitatea în evaluarea riscurilor din FMEA, conform cataloagelor VDA și AIAG (APIS, 2016).

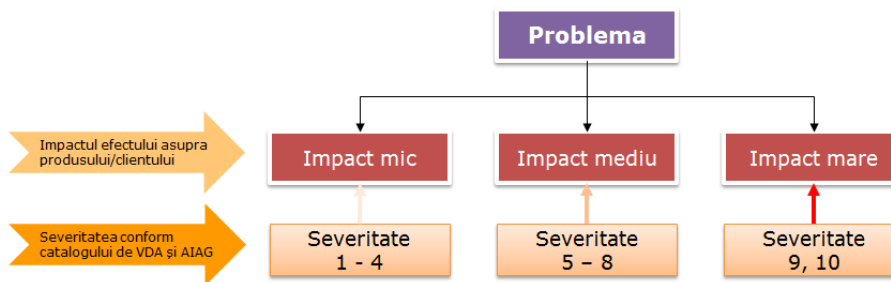


Fig. 5.30. Clasificarea problemei în funcție de gravitate

Cataloagele AIAG și VDA de evaluare a riscurilor sunt folosite în timpul analizei FMEA și după ce s-a făcut o mapare a severităților în procesul de reclamații. S-a luat în considerare doar severitatea, deoarece gravitatea efectului la client sau efectul extern într-un produs analizat cu FMEA este dat de severitate.

În Fig. 5.31 este arătată o comparație între cele două cataloage VDA și AIAG (APIS, 2016), (Excelence, 2016).

Severitate – efect final					
VDA		AIAG			
Nivel	Impact	Nivel	Impact		
1	Foarte minor	1	Fără efect	Probleme cu efect mic	
2	Minor	2	Disconfort		
3	Minor	3	Disconfort		
4	Moderat	4	Disconfort		
5	Moderat	5	Afectare funcții secundare	Probleme cu efect mediu	
6	Moderat	6	Afectare funcții secundare		
7	Ridicat	7	Afectare funcții primare		
8	Ridicat	8	Afectare funcții primare		
9	Foarte ridicat	9	Afectare funcții de siguranță sau legale	Probleme cu efect ridicat	
10	Foarte ridicat	10	Afectare funcții de siguranță sau legale		

Fig. 5.31. Comparație între cele două abordări ale severității

Unul din avantajele folosirii matricei de mai sus este că atunci când apare o problemă sau o reclamație, se identifică componenta din FMEA afectată și, pe baza analizei, este determinat și încadrat impactul pe care îl are defectul:

- Impact mic – defectările care nu afectează funcționalitatea sistemului, afectează zona de confort, sunt inversate culorile etc.;
- Impact mediu – majoritatea defectelor care afectează funcționalitatea sistemului, cresc consumul de combustibil, se afectează performanțele etc.;
- Impact ridicat – afectează viața pasagerilor și/sau a mediului: emisii CO₂, airbag defect, accelerație sau frâne defecte, direcție defectă etc.

Pentru determinarea cauzei rădăcină se propune folosirea metodei TRIZ, care permite evidențierea contradicțiilor. Orice problemă apărută este definită prin contradicția a două caracteristici (e.g. mecanice, electrice, software etc.). În principiu există două tipuri de contradicții (descrise în scap. 3.3.1): contradicții fizice, care sunt rezolvate cu cele 11 principii de separare și contradicții tehnice, care se rezolvă cu ajutorul matricei de contradicții (cei 39 parametri tehnici).

“O contradicție tehnică este reprezentată de două proprietăți contradictorii ale unui sistem tehnic: atunci când se îmbunătățește o parte sau o proprietate a unui sistem, va fi afectată automat o altă proprietate, care se va defecta sau va merge rău”, și “o problemă este rezolvată doar dacă contradicția tehnică este cunoscută și eliminată” (Livotov, 2008).

Un model de analiză a problemelor cu ajutorul TRIZ este arătat în Fig. 5.32.

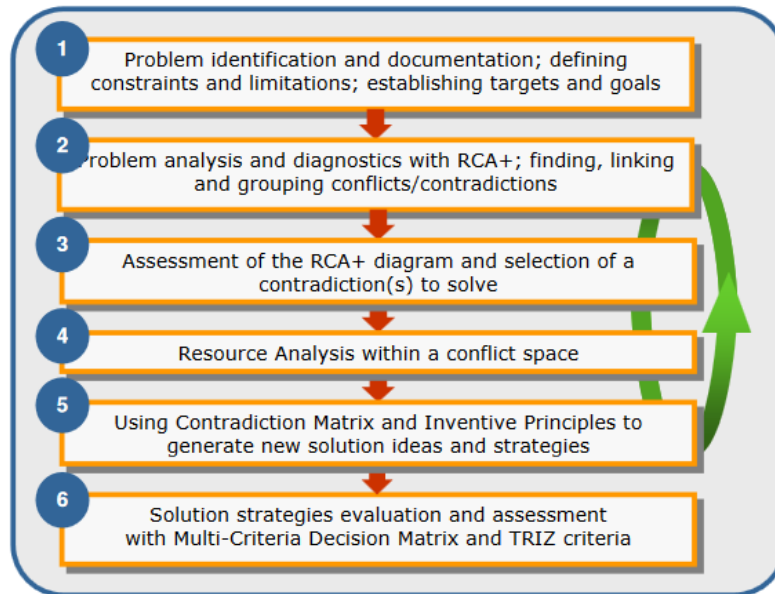


Fig. 5.32. Cei șase pași de bază ai procesului TRIZ (Souchkov, Hoeber, & vanZutphen, 2006)

În cadrul documentării problemei cu 8D-Report a fost introdus un pas intermediar de verificare a acțiunilor corective ce urmează să fie implementate ca și acțiuni permanente. În acest sens, în Fig. 5.33 este propusă o alocare a folosirii și aplicării instrumentelor de bază ale calității, pentru rezolvarea problemei în funcție de efectul său. Cauza rădăcină este găsită cu ajutorul TRIZ, iar documentarea se face într-un raport 8D. Este folosit modelul de analiză propus și prezentat în Fig.

5.34, care este o adaptare după (Tiuc & Drăghici, TRANSITION FROM PREDICTIVE TO ADAPTIVE METHODOLOGIES IN THE PROJECT MANAGEMENT LIFECYCLE USING TRIZ, 2016), în care sunt reprezentate instrumentele de analiză posibile și modul de documentare îmbunătățit.

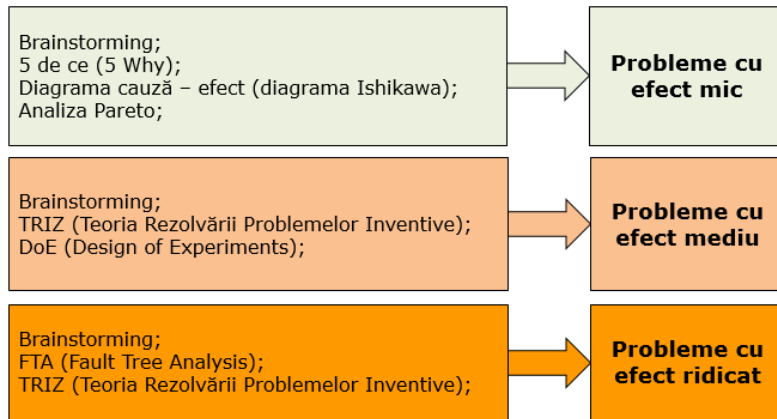


Fig. 5.33. Alocarea instrumentelor de calitate în funcție de efectul problemei

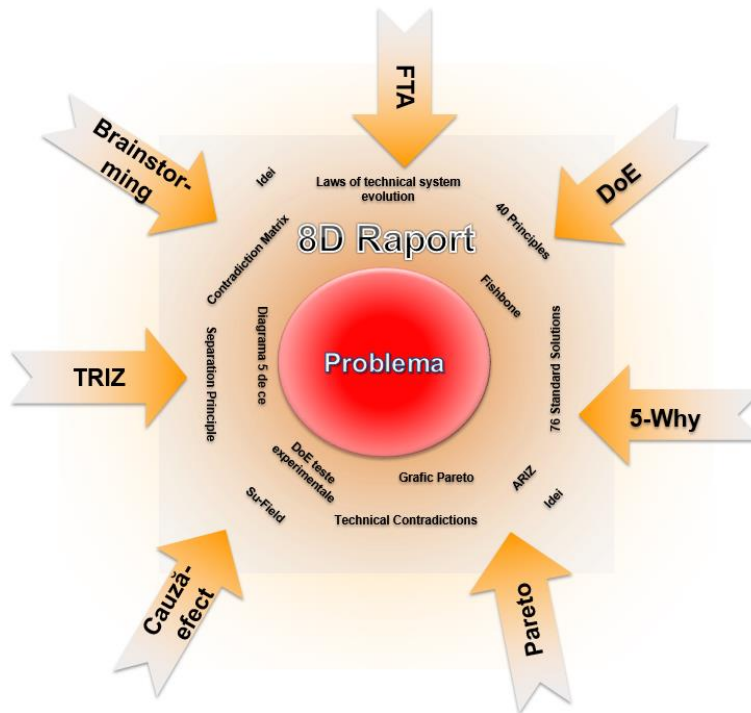


Fig. 5.34. Model de rezolvare și documentare a problemelor, după (Tiuc & Drăghici, TRANSITION FROM PREDICTIVE TO ADAPTIVE METHODOLOGIES IN THE PROJECT MANAGEMENT LIFECYCLE USING TRIZ, 2016)

În modelul clasic, analiza cauzei rădăcină se face cu 5 Why împreună cu diagrama cauze-efect, iar documentarea se face în raportul 8D. În Fig. 5.35 se propune trecerea de la modelul bazat doar pe **prevenție** și **dectție**, la modelul bazat pe **anticipare**, pentru rezolvarea tuturor tipurilor de probleme. În acest caz nu se impune să fie eliminate prevenția și dectția, ci concentrarea specialiștilor să fie direcționată spre anticiparea problemelor.

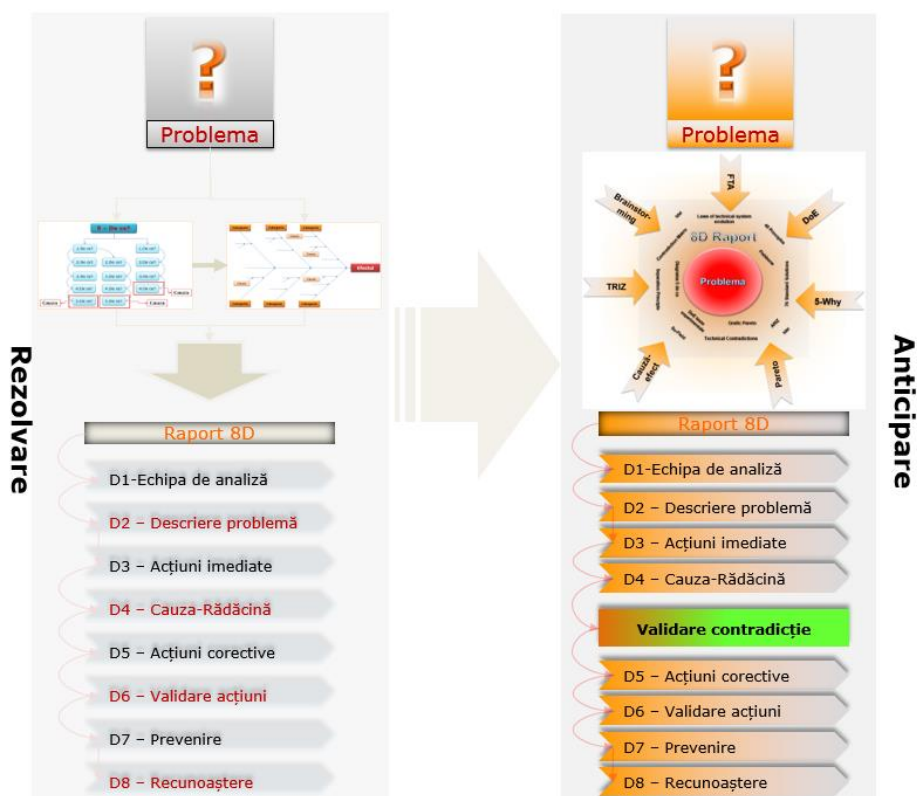


Fig. 5.35. Modelul de rezolvare a problemelor prin trecerea de la modelul bazat pe prevenție și dectție, la modelul bazat pe anticipare

În modelul propus, analiza cauzei rădăcină se face în funcție de gravitatea problemei, folosind modelul prezentat anterior, în Fig. 5.30. TRIZ este un instrument care aduce mult mai multe beneficii decât un alt instrument. Documentarea se face într-un format cerut de client sau de către procedurile interne. În validarea experimentală se folosește un raport 8D în care acțiunile corective, înainte de implementarea lor, sunt validate cu TRIZ.

Ceea ce se verifică este dacă a fost eliminată contradicția tehnică. Doar atunci pot fi implementate acțiunile în produs/proces și se poate trece la următorii pași de documentare din raportul 8D.

5.6 Studiu de caz

În studiul de caz este analizată o problemă specifică de la produsul A (RADAR 24 GHz), care a apărut în timpul calificării produsului (testele de calificare pe produsele obținute de pe linia de producție, înainte de SOP), și anume o problemă de etanșeitate. Ca și regulă generală, pentru orice defect/problemă apărută se face un 8D-Raport cu analiza cauzei rădăcină.

Pentru validarea soluției propuse, folosind TRIZ, au fost parcurși următorii pași (Tiuc & Drăghici, 2016):

1. Definirea problemei.

Pentru rezolvarea problemei, ținând cont de natura ei, trebuie respectate anumite nivele. O problemă de nivel mecanic trebuie rezolvată cu mijloace mecanice. Ca exemplificare, a fost definită următoarea problemă: o etanșare defectă din cauze tehnice.

2. Rezolvarea și documentarea în raport 8D.

Atunci când apare o problemă, cea mai mare dificultate este de a face o modificare de design. Aceasta poate implica costuri foarte mari, de aici și nevoia de validare tehnică a acțiunilor corective înainte de a fi făcută o modificare în designul de produs. Soluția propusă cuprinde:

- *Identificarea procesului.* În problema analizată, de etanșeitate, produsul este un prototip folosit pentru validarea designului. Procesul în urma căruia a apărut problema este evidențiat în Fig. 5.36 (Tiuc & Drăghici, 2016). Defectul apare după ce produsul este testat, la pasul de validare al designului, cu testul de etanșeitate (pentru a verifica dacă apa pătrunde în interiorul produsului).

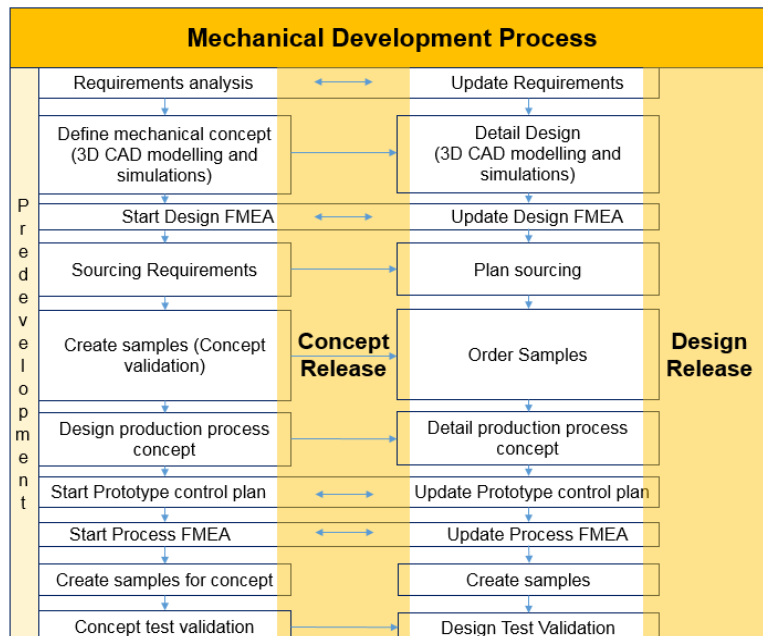


Fig. 5.36. Dependența activităților în faza de dezvoltare (Tiuc & Drăghici, 2016)

Apariția conflictului tehnic. În timpul testării produsul trebuie să fie funcțional, dar la un moment dat se pierde conexiunea cu acesta. După ce a fost analizat produsul s-a observat că testul a eșuat, din cauză că adezivul nu a lipit carcasa suficient de bine, încât să nu pătrundă apa în interior (Fig. 5.37).

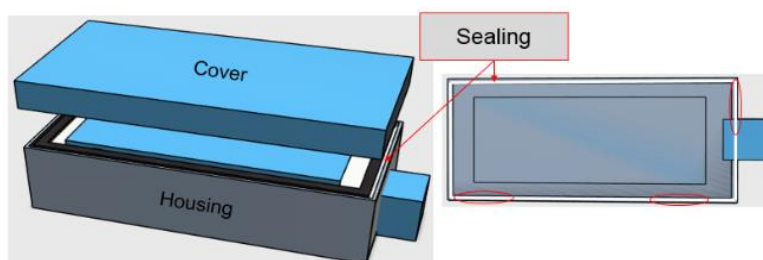


Fig. 5.37. Defectul de lipire a carcasei

3. Rezultate în urma aplicării TRIZ.

După ce au fost definite acțiunile corective, este esențială identificarea contradicțiilor fizice și tehnice, aceasta fiind realizată cu ajutorul TRIZ. Pentru asigurarea lipirii corecte a fost definită contradicția care apare: "rezistența adezivului crește dar nu asigură o dezlipire uniformă a carcasei la testul (Pull-out test) de tragere (în scopul verificării componentelor electronice și a poziției PCB-ului în carcasă)".

Folosind matricea de contradicții au fost generate mai multe soluții, la intersecția parametrilor Rezistență versus Forță fiind identificate următoarele soluții (Fig. 5.38): 10 – Acțiuni în avans; 18 – Vibrații; 3 – Calitate locală; 14 – Sferoidalitate/Curbură.

	Worsening Feature		Improving Feature													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
	Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (Intensity)	Stress or pressure	Shape				
Weight of moving object	-	15, 8, 29, 34			29, 17, 36, 34		29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37, 40	10, 36, 35, 40	10, 14, 35, 40				
Weight of stationary object		-		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14				
Length of moving object	8, 15, 29, 34		-		15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29				
Length of stationary object		35, 28, 40, 29		-		17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7				
Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		-		7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4				
Area of stationary object		30, 2, 14, 18		28, 7, 9, 39		-				1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37					
Volume of moving object	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17		-		29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4				
Volume of stationary object		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14				-		2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35				
Speed	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34		-	13, 28, 15, 19	6, 18, 36, 40	35, 15, 18, 34				
Force (Intensity)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	-	18, 21, 11	10, 35, 40, 34				
Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21	-	35, 4, 15, 10				
Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	-				
Stability of the object's composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 21, 16	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4				
Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40				
Duration of action of moving object	19, 5, 34, 31		2, 19, 9		3, 17, 19		10, 2, 19, 30		3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25				

Fig. 5.38. Identificarea soluțiilor în matricea de contradicții (Tiuc & Drăghici, 2016).

Parametrul de îmbunătățit este rezistența la apă (creșterea rezistenței adezivului), iar parametrul care se va înrăutăți este creșterea forței de tragere, care nu trebuie să se schimbe.

Folosind soluțiile TRIZ (nu este obligatoriu să fie folosite toate soluțiile propuse, se alege cea mai potrivită), acțiunile de modificare de design necesare au fost implementate și validate printr-un alt test de etanșeitate, în aceleași condiții.

5.7 Concluzii

Pentru îndeplinirea celui de-al treilea obiectiv secundar al cercetării a fost abordat managementul reclamațiilor. Procesul de analiză a fost arătat în diagrama flux, în cazul unei reclamații, apoi într-un exemplu de timp de răspuns în cazul unei reclamații la OEM.

Au fost recenzate instrumentele și mijloacele de analiză și rezolvare a problemelor de calitate. În literatura de specialitate sunt propuse diverse instrumente și mijloace, iar în urma cercetărilor și a experienței de peste șapte ani într-o companie din industria automotive a fost selectat și propus un set de instrumente.

Un alt aspect studiat a fost legat de problemele actuale de calitate pe care le au marii constructori de automobile. Au fost cercetate și propuse pentru analiză mai multe studii de piață, care certifică faptul că în momentul de față este nevoie de schimbări majore în abordarea rezolvării și anticipării problemelor de calitate.

Modelul propus pentru validarea acțiunilor corective înainte de implementare demonstrează avantajele aplicării TRIZ în procesul de reclamații:

- oferă o confirmare rapidă a contradicțiilor tehnice și arată soluții posibile pentru eliminarea lor;
- se indică noi soluții;
- sunt generate mai multe soluții, din care se alege cea mai bună;
- are deschidere spre creativitate prin cele 40 de principii inventive;
- se reduce timpul de răspuns la problemă și pentru propunerea soluțiilor corective.

6. CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE DE CERCETARE

6.1 Concluzii finale

Obiectivul principal al tezei de doctorat a fost de a îmbunătăți calitatea proiectelor de dezvoltare de produs prin îmbunătățirea metodelor folosite în diferite faze ale proiectului.

Obiectivele secundare, derivate din acest obiectiv principal, au fost:

- eficientizarea și îmbunătățirea analizei cerințelor de calitate;
- îmbunătățirea analizei riscurilor în faza de concept a produsului;
- îmbunătățirea acțiunilor corective în cazul reclamațiilor de calitate.

Pentru atingerea obiectivului principal și a obiectivelor secundare, prin care se rezolvă problemele de calitate ce apar în diferite faze de dezvoltare ale proiectului și de lansare a producției, au fost parcurse etape de cercetare teoretică și validare practică.

Obiectivele secundare ale cercetării au derivat din problemele specifice constatate, ele constituind direcțiile de cercetare abordate în principalele capitole ale tezei de doctorat.

Pentru rezolvarea problemei specifice a primului obiectiv secundar s-a propus o abordare bazată pe anticipare, în ceea ce privește analiza cerințelor clientului, concentrarea fiind pe cerințele de calitate; problema a fost abordată din perspectiva de a reduce timpul de analiză al cerințelor (în mod special al celor de calitate), prin crearea unui model nou, folosind TRIZ în combinație cu QFD.

Pentru rezolvarea problemei specifice celui de-al doilea obiectiv secundar s-a folosit FMEA de produs combinată cu TRIZ, din care a rezultat un model nou de evaluare a riscurilor.

Pentru rezolvarea problemei specifice celui de-al treilea obiectiv secundar s-a abordat modul de tratare al reclamațiilor. În acest scop au fost evaluate metodologiile actuale, s-a definit un set de instrumente de bază folosite în rezolvarea problemelor de calitate, care au fost combinate cu TRIZ. Tot aici s-a propus trecerea de la modelul clasic la modelul modern sau trecerea la prevenție și detecție la anticipare sau de la posibile cauze ale problemei la contradicții tehnice ferme ale problemei.

De subliniat că pentru rezolvarea celor trei probleme, cerințe – riscuri – reclamații, s-a folosit o metodologie bazată pe TRIZ, pe tot parcursul cercetării fiind adoptat procesul de conceptualizare TRIZ, plecând de la problema specifică, trecând prin abstractizare la problema generală, găsind soluții generale prin aplicarea instrumentelor TRIZ, iar în final, prin particularizare, obținând soluția specifică. Dacă cerința nu a fost analizată într-un mod adecvat rezultă o identificare parțială a riscurilor, din care rezultă probleme (reclamații), ceea ce înseamnă resurse mai multe consumate. Implementarea TRIZ în aceste trei arii a condus la îmbunătățirea calității

proiectului de dezvoltare a produsului, prin: identificarea contradicțiilor în cerințe, identificarea parametrilor tehnici la cauze și efecte în analiza riscurilor, iar atunci când mai apare o problemă (reclamație), validarea contradicției (a problemei dată de conflictul a doi parametri tehnici) și verificarea ei înainte de a investi resurse în modificări de design. Implementarea acestei metodologii TRIZ de rezolvare "problemă specifică – problemă generală – soluție generală – soluție specifică", este arătat în Fig. 6.1.

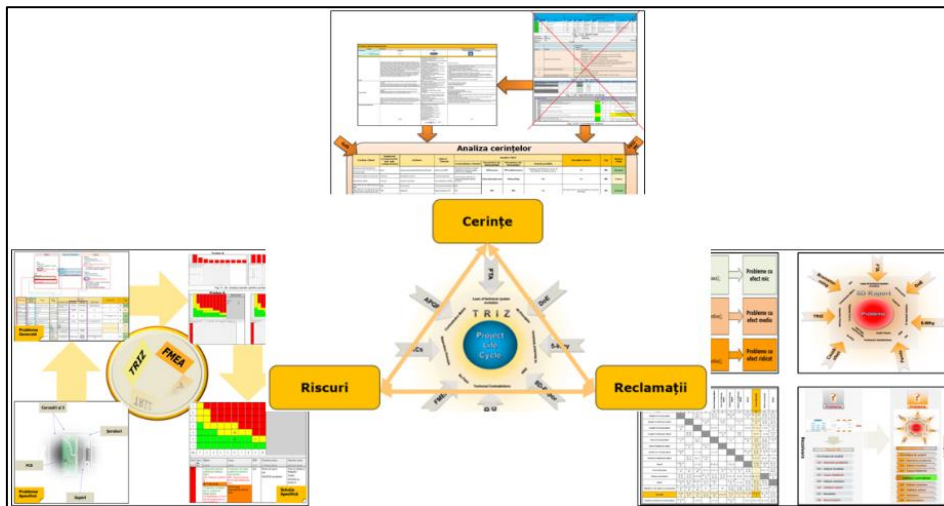


Fig. 6.1. Implementarea TRIZ

Referitor la managementul proiectului de dezvoltare a produsului au fost studiate trei mari abordări (PMBOK Guide, PRINCE2 și IPMA), care arată principalele activități efectuate. Aceste trei abordări au constituit elemente de bază în cercetarea specifică pentru rezolvarea problemei. Ele tratează rezolvarea problemelor în mod similar, fiind aplicate la nivel de corporații sub diverse forme adaptate situațiilor, la nivel de domeniu și tip de activitate. În compania în care a fost dezvoltată cercetarea este folosită metodologia dată de PMBOK Guide, dar sunt aplicate doar unele elemente. Acest pas este considerat ca fiind primul bazat pe rezolvarea TRIZ, în care a fost extrasă problema specifică, la care se caută soluție.

Al doilea pas în rezolvarea problemei specifice a dus la abstractizarea problemei generale, respectiv dezvoltarea obiectivului secundar al cercetării: evaluarea cerințelor specifice de calitate prin introducerea metodologiei TRIZ în combinație cu QFD și crearea unui model de analiză în cadrul proiectului. În această etapă a fost urmărită în principiu metoda QFD de evaluare a cerințelor, iar prin abstractizare s-a considerat că rezolvarea la nivel global este dată de aplicarea metodologiei QFD în combinație cu TRIZ. În acest scop a fost propus un nou model de evaluare a cerințelor, bazat pe modelul casa calității din QFD. Pașii de abordare a cercetării în această etapă au fost:

- planificarea cerințelor de produs, în acest sens fiind arătate tipurile de cerințe și posibilele surse ale acestora, bazate pe dezvoltarea unui proiect în companie;
- fazele de dezvoltare a produsului și a procesului;
- calitatea continuă a procesului și a produsului;
- metodologia TRIZ în ciclul de viață al produsului;

- analiza cerințelor de calitate în ciclul de viață al proiectului prin integrarea QFD-TRIZ;

Al treilea pas în cercetare a vizat al doilea obiectiv secundar și a adus contribuții privind procesul de analiză a riscurilor, prin combinarea metodologiilor TRIZ și FMEA. Pașii de abordare în această etapă au fost:

- abordarea generică a metodologiei FMEA; în acest sens au fost propuse: tipuri de FMEA dezvoltate de-a lungul ciclului de viață al proiectului și elemente de bază în construirea unui FMEA;
- abordarea dată de VDA; dezvoltarea de FMEA bazată pe DAMIC (Define, Analysis, Measures decisions, Implementation, Communication);
- abordarea dată de AIAG, bazată pe cerințele de FMEA din manualul de FMEA propus de AIAG;
- tipuri de FMEA: FMEA de Sistem, FMEA de Produs, FMEA de Proces; în această etapă a fost arătată legătura între D-FMEA și RPN;
- integrarea cerințelor specifice în FMEA – caracteristici cheie; modelul propus de cerințele specifice; un exemplu de cerințe specifice de FMEA după cerințele Ford; impactul costurilor în proiect; propunerea unui mod de colaborare între analiza de standarde și cerințe legale; concept de identificare a caracteristicilor cheie; alocarea caracteristicilor cheie în funcție de severitatea efectului;
- analiza riscurilor prin combinarea FMEA cu TRIZ – metoda RA-IS; planificarea managementului de risc; identificarea și prioritizarea riscurilor, riscuri interne și riscuri externe proiectului; evaluarea riscurilor; analiza cantitativă și calitativă; reducerea și validarea riscurilor; propunerea modelului de analiză RA-IS; analiza de riscuri pe un D-FMEA clasic și combinat cu TRIZ; triunghiul efect-mod-cauză; propunerea set de efecte, moduri de defectare și cauze standard; propunerea de asociere a parametrilor care cauzează conflicte la efecte-moduri-cauze; matricea de contradicție adăugată în extensia unui software folosit la analiza riscurilor cu FMEA și integrarea parametrilor tehnici de conflict în matricea de riscuri.

Pentru atingerea celui de-al treilea obiectiv a fost propusă o nouă abordare în procesul de analiză a reclamațiilor de calitate, plecând de la combinarea 8D-Report cu TRIZ, prin introducerea validării acțiunilor corective înainte de implementarea lor. Pașii de abordare în această etapă au fost:

- studiul managementului reclamațiilor și a procesului de analiză a problemelor de calitate;
- propunerea unui punct de vedere propriu al principalelor instrumente și mijloace de analiză și rezolvare a problemelor de calitate: brainstorming, 5-Why, diagrama cauze-efect, analiza Pareto, FTA, TRIZ, DoE;
- aspecte din industria de automobile în ceea ce privește problemele de calitate;
- aplicarea TRIZ în 8D-Report pentru validarea acțiunilor corective înainte de implementare; propunerea unui model nou de clasificare a problemei în funcție de impact și maparea la severitate (conform catalogului din FMEA după AIAG sau VDA);

Problemele abordate au fost concentrate pe creșterea calității cerințelor analizate, creșterea calității analizei de riscuri și reducerea timpului de rezolvare a reclamațiilor de calitate, îmbunătățirea modului de validare a acțiunilor corective.

Cercetarea s-a finalizat prin elaborarea de modele noi în managementul calității proiectului, aplicarea conceptelor noi în dezvoltarea de proiecte din cadrul companiei din industria automotive.

Se consideră astfel, că obiectivul general al cercetărilor, de a îmbunătăți calitatea proiectelor de dezvoltare de produs, prin îmbunătățirea metodelor folosite în diferite faze ale proiectului, eficientizarea și îmbunătățirea analizei cerințelor de calitate, îmbunătățirea analizei riscurilor în faza de concept a produsului, respectiv îmbunătățirea acțiunilor corective în cazul reclamațiilor de calitate, a fost îndeplinit.

6.2 Contribuții personale

Contribuțiile personale în domeniul managementului calității proiectului în industria automotive sunt structurate în trei părți: analiza stadiului actual al cercetărilor, contribuții în domeniul cercetărilor teoretice și contribuții aplicative.

1. Analiza stadiului actual al cercetărilor:
 - Sinteza cunoașterii privind managementul proiectului de dezvoltare de produs;
 - Sinteza cercetărilor referitoare la managementul de proiect prin abordarea celor mai importante curente prezente în industria de automotive;
 - Analiza metodologiilor actuale aplicate în diverse etape ale proiectului.
2. Contribuții teoretice:
 - Adaptarea procesului de conceptualizare TRIZ la rezolvarea problemelor identificate și abordate în cadrul temei de cercetare, urmărind: problemele specifice – obiectivele studiului, problemele generalizate – problemele actuale ale managementului de proiect, soluțiile generale – soluțiile date de abordările actuale ale managementului de proiect, soluțiile specifice – soluțiile obținute prin aplicarea TRIZ în combinație cu alte metodologii;
 - Considerarea a cel puțin trei elemente care influențează direct calitatea proiectului: cerințele, analiza riscurilor și reclamațiile de calitate;
 - Propunerea de noi modele ale calității;
 - Propunerea de faze de proiect pentru studiu teoretic și aplicativ;
 - Propunerea de activități urmărite de-a lungul ciclului de viață al proiectului;
 - Propunerea unui model de analiză al cerințelor prin combinarea QFD cu TRIZ;
 - Propunerea unei matrice de analiză a riscurilor din punct de vedere al impactului versus probabilitate;
 - Propunerea de noi modele de abordare a elementelor calității în interacțiune cu instrumente ale calității;
 - Propunerea de a folosi instrumente de bază ale calității pentru rezolvarea problemei în funcție de efectul produs;
 - Propunerea de împărțire în două categorii a instrumentelor de bază ale calității: instrumente pentru faza de dezvoltare produs/proces până la SOP și instrumente aplicate în producția de serie;
 - Propunerea alocării instrumentelor de calitate în funcție de efectul problemei;

- Propunerea de clase standardizate ale efectelor, modurilor de defectare și a cauzelor;
 - Dezvoltarea unui concept nou de analiza riscurilor, denumit RA-IS (Risk Assessment-Inovative Solution), care integrează D-FMEA și TRIZ, fiind definite cauze, moduri de defectare și efecte standard prin alocare de parametri tehnici, în acest fel fiind eliminate denumirile generice folosite în proiecte;
 - Propunerea unui concept de rezolvare a problemelor bazat pe prevenție și detecție, la modelul bazat pe anticipare.
3. Contribuții aplicative:
- Punerea în evidență a principiilor de calitate care converg spre obiectivul propus și care evidențiază mai clar, mai structurat, elemente de calitate cu competențe și elemente de asigurare a calității;
 - Evidențierea sarcinilor, evenimentelor și livrabilelor din proiect;
 - Evidențierea modului de analiză a cerințelor între standarde și cerințe legale;
 - Punerea în evidență a celor mai uzuale tipuri de FMEA dezvoltate în timpul proiectului;
 - Propunerea unui format clasic de FMEA (format tabelar) în care este inclus TRIZ;
 - Analize de risc efectuate cu FMEA (D-FMEA) în diverse proiecte;
 - Validarea acțiunilor din D-FMEA cu TRIZ;
 - Stabilirea legăturii între cerințe-riscuri-reclamații, pentru a determina modul de definire a unui nou concept la fiecare element;
 - Evidențierea clasificării severității problemei în funcție de impactul final; Compararea între severitățile date de VDA și AIAG;
 - Folosirea 8D-Report combinat cu TRIZ și introducerea unui nou pas (între pasul D4 - cauza rădăcină și pasul D5 – acțiuni corective) de validare a contradicției, înainte de implementare;
 - Realizarea D-FMEA folosind software IQ-RM, la produse aflate în faza de dezvoltare; implementarea parametrilor care cauzează conflicte în softul IQ-RM și aplicarea în proiecte.

6.3 Perspective de cercetare

Cercetările realizate în cadrul tezei de doctorat deschid noi perspective:

1. Fiind atinse cele trei aspecte (cerințe-riscuri-reclamații), cercetările se pot dezvolta într-o platformă cloud, în care să existe comunicare directă.
2. Pornind de la necesitatea de a standardiza modulele FMEA (produs/proces), se poate realiza o platformă cu componente (mecanice și hardware), de unde se pot combina în vederea dezvoltării unei D-FMEA.
3. Dezvoltarea unui software independent de APIS IQ-RM, configurat pe mijloacele și principiile TRIZ combinate cu cele de FMEA, pentru a crea legături mult mai clare și tehnice între cerințe și contradicții.
4. Dezvoltarea unei platforme software care să integreze cerințele, FMEA și 8D-Report în vederea simplificării și reducerii timpului în cazul unei analize a riscurilor sau reclamațiilor, precum și crearea unei legături clare între cerințe și FMEA.

BIBLIOGRAFIE

1. ISO10002:2004. (2004). Quality management — Customer satisfaction — Guidelines for complaints handling. Geneva: ISO copyright office.
2. Abdulwahed, M., Hasna, M. O., & Froyd, J. E. (2015). *Advances in Engineering Education in the Middle East and North Africa Current Status, and Future Insights*. Switzerland: Springer.
3. AIAG. (2008). *APQP and Control Plan Second Edition*. AIAG.
4. AIAG, & Deloitte. (2016). *Automotive Quality 2020 report. AIAG in collaboration with Deloitte*. Preluat de pe Deloitte: www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/manufacturing/us-manufacturing-quality-2020-report.pdf
5. Akao, Y. (2004). *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Product Design*. Taylor & Francis.
6. Albers, A., Oerding, J., & Alink, T. (2010). Abstract Objectives Can Become More Tangible with the Contact and Channel Model (C&CM). *Global Product Development: Proceedings of the 20th CIRP Design Conference, Ecole Centrale de Nantes*, pg. 203-213.
7. Altshuller, G. (1999). *The Innovation Algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity*. Worcester: MA: Technical Innovation Center.
8. Altshuller, G., & Altov, H. (2004). *And Suddenly the Invenor Appeared. TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving*. Worcester: Technical Innovation Center.
9. Antropov, A. (2011). *Project Management Certification: a Critical Market Overview. Seminar Paper*. Nordstedt: GRIN Verlag.
10. APIS. (2016). *Valuation Catalogues*. Preluat de pe Apis: https://www.apis.de/pub/website/webpublisher-en/index_files/form1.htm
11. ASQ. (2016). *Fishbone (Ishikawa) Diagram*. Preluat de pe <http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/fishbone.html>
12. ASQ. (2016). *PROBLEM SOLVING & ANALYSIS TOOLS*. Preluat de pe <http://asqtoronto.org/resources/quality-tools/problem-solving-analysis-tools/>
13. Automobilindustrie, V. d. (2009). *Joint Quality Management in the Supply Chain Marketing and Service. Field failure analysis*. Frankfurt am Main: Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA).
14. Automobilindustrie, V. d. (2009). *Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance in the Process Landscape - General, risk analysis, methods, process models*. Liederbach: Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA).
15. Bârsan-Pipu N., P. I. (2003). *Managemenntul Riscului*. Braşov: Universitatea Transilvania.

16. Basu, R. (2013). *Managing Quality in Projects*. Burlington: Gower Publishing.
17. Baxter, R. (2015). *Problem Solving for Success Handbook: Solve the Problem – Sustain the Solution Celebrate Success*. Florida: Value Generation Partners, LLC.
18. Bentley, C. (2010). *PRINCE2 A Practical Handbook* (Third Edition). Burlington: Butterworth-Heinemann.
19. Bentley, C. (2015). *PRINCE2 For Beginners: From Introduction to Passing Your Foundation Exam* (Fourth Edition). Routledge Taylor & Francis Group.
20. Berger, R. W., Benbow, D. W., & Elshennawy, A. K. (2007). *The Certified Quality Engineer Handbook*. Wisconsin: ASQ Quality Press.
21. Bertsche, B. (2008). *Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Components and System Reliability*. Berlin: Springer-Verlag.
22. Besterfield, D., Besterfield-Michna, C., Besterfield-Sacre, M., Urdhwareshe, H., & Urdhwareshe, R. (2013). *Total Quality Management, (Revised Edition)*. New Delhi: Dorling Kindersley (India) Pvt. Ltd.
23. Binder, J. C. (2007). *Global Project Management: Communication, Collaboration and Management Across Borders*. Cornwall: Gower Publishing Company.
24. Borrer, C. M. (2009). *The Certified Quality Engineer Handbook*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
25. Bower, E. K. (2003). *Specification-Driven Product Development*. Lincoln: iUniverse.
26. Brainstorming.co.uk. (2016). *Rules of Brainstorming*. Preluat de pe <http://www.brainstorming.co.uk/tutorials/brainstormingrules.html>
27. Brunt, S. (2013). *A Roadmap to Cracking the PMP Exam*. Trafford.
28. Buttle, F. (2004). *Customer Relationship Management Concepts and Tools*. Oxford: Elsevier.
29. Carlson C. (2012). *Good FMEAs, Bad FMEAs - What's the Difference?* Preluat de pe <http://www.weibull.com/hotwire/issue137/hottopics137.htm>
30. Carlson, C. (2012). *Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analyssis*. New Jersey: A John Wiley & Sons, Inc. Publication.
31. Caseley, S. (2014). *PMP Q&A. More than 700 Q&As mapping to the new exams!* USA: Cengage Learning PTR.
32. Chang, D., Lee, C., & Chen, C.-H. (2014). Review of life cycle assessment towards sustainable product development. *Journal of Cleaner Production* (pg. 48-60). Elsevier Ltd.
33. Chauncey, W. (2013). *Brainstorming and Beyond: A User-Centered Design Method*. Oxford: Elsevier.
34. Chen, J. L., & Huang, S.-C. (2011). Eco-Innovative Design of Product Service Systems by using the Substance-Field Analysis Method. *Functional Thinking for Value Creation: Proceedings of the 3rd CIRP International Conference on Industrial Product Service Systems*, p. 63-68.
35. Chitteden, J., Visser, R., & Bent, J. W. (2012). *Global Standards and Publications*. Amersfoort: Van Haren Publishing.
36. Chrysler, Ford, & GM. (2008). *Potential Failure Mode and Effects Analyssi. Fourth Edition*. Adare Ltd.
37. Conger, S. (2011). *Process Mapping and Management*. New York: Business Expert Press.

38. Cook, S. (2012). *Complaint Management Excellence: Creating Customer Loyalty through Service Recovery*. London: Kogan Page Limited.
39. Crowe, A. (2005). *The PMP Exam. How to pass on your first try* (3rd Edition). Velocitech.
40. Crowson, R., & Walker, J. (1996). *Handbook of Manufacturing Engineering, Second Edition - 4 Volume Set*. Florida: Marcel Dekker, Inc.
41. Dale, C., Stephen, G., Geoffey, R., & Phill, W. (2005). *Project Risk Management Guidelines: Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
42. **Daniel, T.**, & George, D. (2015). Developing Quality Project Plan in Automotive Industry with TRIZ Methodology. *Power Electronics and Energy Engineering* (pg. 94-97). Honk Kong: DESTTECH PUBLICATIONS.
43. De Jaeger, J.-M. (2016). *12MANAGE. PMBOK (PMI)*. Preluat pe 26, 2016, de pe: http://www.12manage.com/methods_pmi_pmbok.html
44. Denkena, B., Lorenzen, L.-E., Kruger, M., & Schmidt, J. (2011). Simulation Base Detailed Planning for Agile Manufacturing. *Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability. 4th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV2011)*, pg. 512-516.
45. Dhillon, B. (2002). *Engineering and Technology Management Tools and Applications*. Norwood: Artech House.
46. Drăghici, G. (2013). *Concepție integrată*. Timisoara: Universitatea Politehnica.
47. Duprey, R. (2010). *Basis for Project Management and Application Development Methodology*. USA: Trafford Publishing.
48. Dyadem, P. (2005). *Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), for Automotive, Aerospace, and General Manufacturing Industries*. Boca Raton: CRC Press LLC.
49. Edwards, G. T. (2012). *Project Management Fundamentals. A practical overview of the PMBNOK*. Atlanta: Blue Crystal Press.
50. El-Hak, B. S. (2005). *Axiomatic Quality: Integrating Axiomatic Design with Six-Sigma, Reliability, and Quality Engineering*. New Jersey: John Wiley & Sons.
51. ElMaraghy, H., Schun, G., ElMaraghy, W., Piller, F., & Schoensleben, P. (2013). Product variety management. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* (pg. 629-652). Elsevier Ltd.
52. Eriksson, L. (2008). *Design of Experiments: Principles and Applications*. Umea: Umetrics Academy.
53. EUR-Lex. (2016). *Access to European Union law*. Preluat de pe <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=en>
54. Eversheim, W. (2008). *Innovation Management for Technical Products: Systematic and Integrated Product Development and Production Planning*. Berlin: Springer.
55. Excellence, T. N. (2016). *FMEA - Step 6: AIAG* Severitiy Guidline*. Preluat de pe <http://thenewexcellence.com/wp-content/uploads/2009/11/FMEA-Ranking-Tables-04-09-03.pdf>
56. Fantin, I. (2014). *Applied Problem Solving: Method, Applications, Root Causes, Countermeasures*.
57. Ferraro, J. (2014). *The Strategic Project Leader Mastering Service-Based Project Leadership*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.

58. Ficalora, J. P., & Cohen, L. (2010). *Quality Function Deployment and Six Sigma, Second Edition: A QFD Handbook*. Donnelley in Crawfordsville: Pearson Education, Inc.
59. Filipoiu I.-D., Rânea, C. (2008). *Managementul proiectelor în dezvoltarea de produs* (Vol. 1). București: AMCSIT Editura Politehnica.
60. Filipoiu, I., & Rânea, C. (2009). *Managementul proiectelor în dezvoltarea de produs* (Vol. 2). București: AMCSIT Editura Politehnica.
61. Ford. (2011). *Failure Mode and Effects Analysis FMEA Handbook (with Robustness Linkages)*. Dearborn: Ford Motor Company.
62. Frede, J. (2016). *Quality Innovation: A QFD approach*. London: 2016 Frede Jensen.
63. Gadd, K. (2011). *TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving*. Gleichester: John Wiley & Sons.
64. Graham, N. (2010). *PRINCE2 For Dummies* (2nd Edition). Chichester: John Wiley & Sons.
65. Graham, N. (2012). *Planning a PRINCE2 Project In A Day For Dummies*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
66. Grau, N. (2013). Standards and Excellence in Project Management - In Who Do We Trust? *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (74), pg.10-20.
67. Greene, J., & Stellman, A. (2009). *Head First PMP 2nd Edition*. Sebastopol: O'Reilly Media Inc.
68. Greene, J., & Stellman, A. (2013). *Head first PMP. (Third Edition)* (Vol. Third Edition). Sebastopol: O'Reilly Media Inc.
69. Haik, Y., Shahin, T.M., & Sivaloganathan, S. (2010). *Engineering Design Process*. Stamford: CENGAGE Learning.
70. Haines-Gadd, L. (2016). *TRIZ For Dummies*. Chichester: John Wiley & Sons.
71. Halevi, G., & Weill, R. D. (1995). *Principles of Process Planning: A logical approach*. Gloucester: Springer-Media+Business Media, B.V.
72. Hedeman, B., van Heemst, G.V., & Fredriksz, H. (2012). *Project Management Based on PRINCE2® 2009 edition*. Zaltbommel: Van Harem Publishing.
73. Hedeman, B., & Seegers, R. (2009). *PRINCE2 2009 Edition A Pocket Guide*. Amersfoort: Van Harem Publishing.
74. Hedeman, B., van Heemst, G.V., & Fredriksz, H. (2009). *Project Management Based on PRINCE2* (First edition). Amersfoort: Van Harem Publishing.
75. Heldman, K. (2002). *PMP Project Management Professional Study Guide* (2nd Edition). Alameda: SYBEX Inc.
76. Heldman, K. (2011). *Project Management Professional JumpStart 3rd Edition*. Indianapolis: Indiana: Wiley Publishing.
77. Hella. (2016, Septembrie 8). *Driver assistance*. Preluat de pe <http://www.hella.com/microsite-electronics/en/Driver-assistance-96.html>
78. Herzwurm, G., Schockert, S., & Mellis, W. (2000). *Point Requirements Engineering: QFD for Rapid Customer-Focused Software and Internet-Deleopment*. Goettingen: Vieweg Gabler.
79. Hill, G. M. (2004). *The Complete Project Management Office Handbook*. Florida: CRC Press LLC.
80. Hinde, D. (2012). *PRINCE2 Study Guide*. John Wiley & Sons, Ltd.
81. Ichida, T. (1996). *Product Design Review: A Methodology for Error-Free Product Development*. Oregon: Productivity Press.

82. Ilevbar, I., Phaal, R., Probert, D., & Padilla, A. T. (2011). *Integration of TRIZ and roadmapping for innovation, strategy, and problem solving*. Cambridge and Mexico: IFM Centre for Technology Management DUX Diligens.
83. IPMA. (2006). *ICB - IPMA Competence Baseline, Version 3.0*. Nijkerk: International Project Management Association.
84. ISO/TS16949. (2009). *ISO/TS 16949:2009 Technical Specification Quality management systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service part organizations*. Geneva: ISO copyright office.
85. Jekosch, U. (2005). *Voice and Speech Quality Perception: Assessment and Evaluation*. Berlin: Springer-Verlag.
86. Jin, J., Ji, P., & Gu, R. (2015). Identifying comparative customer requirements from product online reviews for competitor analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* (pg. 61 - 73). Elsevier Ltd.
87. John, B., Acharya, U., & Chakraborty, A. K. (2013). *Quality and Reliability Engineering: Recent Trends and Future Directions*. New Delhi: Allied Publishers Private Limited.
88. Joseph, P. (2006).
89. Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). *Jurans Quality Handbook*. New-York: McGraw-Hill.
90. Kesavan, R., Elanchezian, C., & Ramnath, B. V. (2004). *Process, Planning And Cost Estimation*. Delhi: New Age International Publishers.
91. Khandwala, M. (2013). *PMP Prep Last Minute Quick Reference Guide to PMP*. Bangalore: RAJ Technologies & Trade.
92. Kim, E. (2016). *TRIZ-based Problem Definition Process for Creative Problem Solving*.
http://www.ineer.org/Events/ICEEiCEER2009/full_papers/full_paper_097.pdf
93. Leanblog. (2016). Lean Blog Romania. Preluat de pe: <http://www.leanblog.ro/wp/instrumente-lean/instrumente-lean/instrumente-de-analiza/quality-function-deployment-qfd/>
94. Leondes, C. T. (2005). *Intelligent Knowledge-Based Systems: Business and Technology in the New Millenium*. Los Angeles: Kluwer Academic Publishers.
95. Levin, G., & Ward, J. L. (2015). *PMP Exam Practice Test and Study Guide* (Tenth Edition). London, New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
96. Livotov, P. (2008). *TRIZ and Innovation Management*. Preluat de pe http://www.triz.it/triz_papers/2008%20TRIZ%20and%20Innovation%20Management.pdf
97. Lowe, D. (2013). *Commercial Management: theory and practice*. Chicester: Wiley-Blackwell.
98. Madu, C. N. (2006). *House of Quality in a Minute: Quality Function Deployment*. New York: Chi Publishers.
99. Magrab, E., Gupta, S. K., McCluskey, F. P., & Sandborn, P. A. (2009). *Integrated Product and Process Design and Development: The Product*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
100. Marapoulos, P., & Ceglarek, D. (2010). Design verification and validation in product lifecycle. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 740-759.
101. Matos, S., & Lopes, E. (2013). Prince2 or PMBOK – a question of choice. *CENTERIS 2013 - Conference on ENTERprise Information Systems / PROJMAN 2013 -International Conference on Project MANAgement / HCIST 2013 - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies*, 787-794.

102. McDermott, E. R., Mikulak, J., & Beauregard, M. R. (2008). *The basics of FMEA*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
103. Mcmanus. (2004). *Risk Management in software development projects*.
104. Miller, B. C. (2012). *Quick Brainstorming Activities for Busy Managers: 50 Exercises to Spark Your Teams Creativity and Get Results Fast*. New York: AMACOM.
105. Mindtools. (2016). *Pareto Analysis Using the 80:20 Rule to Prioritize*. Preluat de pe https://www.mindtools.com/pages/article/newTED_01.htm
106. MindTools. (2016). *Problem Solving*. Preluat de pe https://www.mindtools.com/pages/main/newMN_TMC.htm
107. MoreSteam. (2016). *Design of Experiments (DOE)*. Preluat de pe <https://www.moresteam.com/toolbox/design-of-experiments.cfm>
108. Nicholas, J. M., & Steyn, H. (2012). *Project Management for Engineering, Business, and Technology*. Abingdon, New York: Routledge.
109. Obradovic, V., & Petrovic, D. (2012). Project Performance Management Using IPMA PE Model. *Proceedings of the XIII International Symposium SymOrg 2012: Innovative*, 1510-1516.
110. Office of Government. (2002). *Managing Successful Projects with PRINCE2* (Third edition). Norwich: Crown Copyright.
111. Office of Government. (2009). *Managing Successful Projects with PRINCE2*. Norwich: TSO (The Stationary Office).
112. Omachonu, V. K., & Ross, J. E. (2004). *Principles of Total Quality, Third Edition*. Boca Raton: CRC Press.
113. Oswald, T. H., & Burati, J. (1993). *Adaptation of Quality Function Deployment to Engineering and Construction Project Development*. Clemson: Construction Industry Institute.
114. Pecht, M. (2009). *Product Reliability, Maintainability, and Suportability Handbook, Second Edition*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
115. Pennartz, R. (2014). *PRINCE2 Guidelines for writing Project Initiation Documentation*. Axelos Limited.
116. Pieplow, B. (2012). *Planning Project Risk Management*.
117. PMI. (2013). *A guide to tjeProject Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. Pennsylvania: Project Management Institute.
118. Powell, S. K. (2000). *Advanced Case Management: Outcomes and Beyond*. Maryland: Lippincott Williams & Wilkins.
119. Priest, J. W., & Sanchez, J. M. (2001). *Product Development and Design for Manufacturing: A Collaborative Approach to Producibility and Reliability*. New York: Marcel Dekker.
120. Priest, J., & Sanchez, J. (2001). *Product Development and Design for Manufacturing: A Collaborative Approach to Producibility and Reliability*. New York: Marcel Dekker Inc.
121. PRINCE2. (2016). (PRINCE2) Preluat pe 2 16, 2016, de pe <https://www.prince2.com/uk/what-is-prince2>
122. Project Management Institute. (2013). *A guide to the Project Management Body of Knowledge*.
123. Rainey, D. (2008). *Product Innovation: Leading Change through Integrated Product Development*. Cambridge: University Press.
124. Rausan, M., & Hoyland, A. (2004). *System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications*. New Jersey: A John Wiley & Sons Publication.

125. Redmill, F., & Anderson, T. (2001). Aspects of Safety Management. *Proceedings of the Ninth Safety-critical System Symposium* (pg. 111-125). Bristol: Springer.
126. ReVelle, J. B., Moran, J. W., & Cox, C. A. (1998). *The QFD Handbook*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
127. Richard, E. (2009).
128. Rotini, F., Borgianni, Y., & Cascini, G. (2012). *Re-engineering of Products and Processes: How to Achieve Global Success in the Changing Marketplace*. London: Springer.
129. Roudias, J. (2015). *Mastering Principles and Practices in PMBOK, PRINCE2, and Scrum Using Essential Project Management Methods to Deliver Effective and Efficient Projects*. New Jersey: Pearson Education Inc.
130. Roy, R. K. (2001). *Design of Experiments Using The Taguchi Approach: 16 Steps to Product and Process Improvement*. New York: John Wiley & Sons.
131. Rozemeijer, E., & van Bon, J. (2007). *Frameworks for IT Management - A Pocket Guide*. Zaltbommel: Van Haren Publishing.
132. Runhua, T., Guozhong, C., & Noel, L. (2009). A Planning Approach of Engineering Characteristics Based on QFD-TRIZ Integrated. *Growth and Development of Computer Aided Innovation*, pg. 117-126.
133. Samah, A.-A. (2012). *Integration of Preference Analysis Methods into QFD for Elderly People: A Focus on Elderly People*. Springer Science & Business Media.
134. Samson, D., & Singh, P. J. (2008). *Operations Management: An Integrated Approach*. Cambridge.
135. Sanjuan, A. G., & Froese, T. (2012). The Application of Project Management Standards and Success Factors to the Development of a Project Management Assessment Tool. *26th IPMA World Congress*, 91-100.
136. Sarja, A. (2006). *Predictive and Optimised Life Cycle Management Building and Infrastructure*. New York: Taylor & Francis Group.
137. Sawaguchi, M., Ishikawa, S., & Izumi, H. (2015). Effectiveness of conceptual design process respecting "The Axiomatic Design Theory". *World Conference: TRIZ FUTURE, TF 2011-2014* (pg. 1050 – 1063). Elsevier Ltd.
138. Scallan, P. (2003). *Process Planning: The design/manufacturing interface*. Burlington: Butterworth Heinemann.
139. Schoenfeldt, T. I. (2008). *A Practical Application of Supply Chain Management Principles*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
140. Selig, G. J., PMP, & COP. (2015). *Implementing Effective IT Governance and IT Management*. Amersfoort: Van Haren Publishing.
141. Shim, J.K. & Siegel, J.G. (1999). *Operations Management*. New York: Barron's Educational Series.
142. SIG, A. (2010). *Automotive SPICE® Process Assessment Model*. Verband der Automobilindustrie.
143. Silverstein, D., DeCarlo, N., & Slocum, M. (2008). *Insourcing Innovation: How to Achieve Competitive Excellence Using TRIZ*. New York: Taylor and Francis Group.
144. Snyder, C. S. (2013). *A Users Manual to the PMBOK Guide* (Fifth Edition). John Wiley & Sons.
145. Souchkov, V., Hoeber, R., & vanZutphen, M. (2006). TRIZ for Business: Application of RCA + To Analyse and Solve Business and Management Problems. *ETRIZ TFC 2006 Conference in Kortrijk, Belgium*, pg. 1-9.

146. SRR. (2016). *2015 Automotive Warranty & Recall Report*. Preluat de pe <http://www.srr.com/assets/file/2015-automotive-warranty-recall-report.pdf>
147. Stackpole, C. S. (2011). *PMP Certification All-In-One For Dummies*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
148. Stackpole, C. S. (2013). *A Project Manager's Book of Forms: A Companion to the PMBOK Guide* (Fifth Edition). John Wiley & Sons.
149. Stamatis, D. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. Wisconsin: American Society for Quality. Quality Press.
150. Stamatis, D. (2014). *The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Milwaukee: American Society for Quality, Quality Press.
151. Stamatis, D. (2015). *Quality Assurance: Applying Methodologies for Launching New Products, Services, and Customer Satisfaction*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
152. Stasiowski, F. A., & Burstein, D. (1994). *Total Quality Project Management for the Design Firm: How to Improve Quality, Increase Sales, and Reduce Costs*. New York: John Wiley & Sons.
153. Straw, G. (2015). *Understanding Project Management: Skills and Insights for Successful Project Delivery*. London: Kogan Page Limited.
154. Sudhakar, G. (2010). *Elements of the Software Project Management*. New Delhi: PHI Learning Private Limited.
155. Sugandhi, R. K. (2003). *Customer Relationship Management*. New Delhi: New Age International Publishers.
156. Sullivan, L., & Manoogian, J. (2009). *Unlocking Ford Secrets*. Detroit: Partnership 2000.
157. Sundararajan, K. (2016). *Design of Experiments – A Primer*. Preluat de pe <https://www.isixsigma.com/tools-templates/design-of-experiments-doe/design-experiments-%E2%90%93-primer/>
158. Terninko, J., Zusman, A., & Zlotin, B. (1998). *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)*. New York: St. Lucie Press.
159. The Project Management. (2008). *What is PMBOK*. Preluat pe 28, 2016, de pe <http://www.theprojectmanagement.com/project-management/what-is-pmbokr.html>
160. **Tiuc D.**, & Drăghici G. (2015). Quality Project Plan Documentation Analysis in Automotive. *Power Electronics and Energy Engineering* (pg. 83-89). Lancaster: DESTECH PUBLICATIONS.
161. **Tiuc, D.**, & Drăghici, G. (2014). Effort Estimation in Quotation Phase of Complex Projects Development. *ANNALS of the UNIVERSITY of ORADEA FASCICLE of MANAGEMENT and TECHNOLOGICAL ENGINEERING* (pg. 243-248). Oradea: Index Copernicus International.
162. **Tiuc, D.**, & Drăghici, G. (2015). *Quality Project Plan Documentation Analysis in Automotive*. Lancaster: DESTECH PUBLICATIONS.
163. **Tiuc, D.**, & Drăghici, G. (2016). TRANSITION FROM PREDICTIVE TO ADAPTIVE METHODOLOGIES IN THE PROJECT MANAGEMENT LIFECYCLE USING TRIZ. *MakeLearn & TIIM 2016* (pg. 257-264). ToKnowPress.
164. **Tiuc, D.**, & Drăghici, G. (2016). TRIZ Model Used for Complaint Management in the Automotive Product Development Process. *3th International Symposium in Management: Management During and After the Economic Crisis. 221*, pg. 414-422. Procedia - Social and Behavioral Science.

165. **Tiuc, D.**, Drăghici, G., Pârvu, A., & Enache, B. (2015). Consideration about the Determination and Control of the Key Characteristics as Part of Planning Quality of the Product Development Process. *Applied Mechanics and Materials Vols. 809-810*, pg. 1269-1274.
166. Urdhwareshe, H. (2011). *Six Sigma for Business Excellence: Approach, Tools and Applications*. New Delhi: Dorling Kindersley (India) Pvt. Ltd.
167. VDA. (2006). *Quality Management in the Automobile Industry. Quality Assurance Prior to Serial Production, Product and Process FMEA*. Frankfurt am Main: Ver.
168. Verzuh, E. (2003). *The portable MBA in Project Management*. New Jersey: John Wiley & Sons.
169. Verzuh, E. (2015). *The fast forward MBA in project management* (Fifth Edition). New Jersey: John Wiley & Sons.
170. Vesely, B. (2016). *The NASA Risk Management Page*. Preluat de pe www.hq.nasa.gov:
<https://www.hq.nasa.gov/office/codeq/risk/docs/ftacourse.pdf>
171. Vesely, W., & Roberts, N. (1981). *Fault Tree Handbook*. Washington: U.S. Government Printing Office.
172. Wang, J. X. (2008). *What Every Engineer Should Know About Business Communication*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
173. Whitaker, S. (2013). *PMP Rapid Review*. Washington: Microsoft Press.
174. Wikipedia. (2016). *5 Whys*. Preluat de pe https://en.wikipedia.org/wiki/5_Whys
175. Wysocki, R. K. (2004). *Project Management Process Improvement*. Norwood: Artech House.
176. Yang, B., Tan, R., & Tian, Y. (2006). Development of a CAI Syste Solution Based on TRIZ. *Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management* (pg. 477-482). Shanghai: Springer.
177. Yang, G. (2007). *Life Cycle Reliability Engineering*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
178. Yang, K. (2005). *Design for Six Sigma, Chapter 6 - Quality Function Deployment*. McGraw-Hill.
179. Yang, K., & El-Haik, B. (2003). *Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development*. New York: McGraw-Hill Companies Inc.
180. Yim, H. J. (2007). *Consumer Oriented Development of Ecodesign Products*. Suwon: Vulkan-Verlag GmbH.