



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Διπλωματική Εργασία

---

**Συνεργατική Σχεδίαση με χρήση του συστήματος Active Workspace NX**

Χαράλαμπος Ροντογιάννης

Επιβλέπων:

Νικόλαος Μπιλάλης

Καθηγητής Πολυτεχνείου Κρήτης

ΧΑΝΙΑ 2022

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κύριο Νικόλαο Μπιλάλη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την εργασία και δίνοντας μου την ευκαιρία να την εκπονήσω υπό την επίβλεψη του. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η λεπτομερής περιγραφή της Διαχείρισης Κύκλου Ζωής Προϊόντος (Product Lifecycle Management –PLM) ως προσέγγισης των εταιρειών, που αποσκοπεί στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των προϊόντων, από την σύλληψη τους ως ιδέες έως και την απόσυρση/απόρριψη τους. Αρχικά, γίνεται μια αναφορά στην ιστορία και τους διάφορους βασικούς ορισμούς που σχετίζονται με το PLM. Στη συνέχεια, αναλύονται περαιτέρω τα στάδια που συνθέτουν τον κύκλο ζωής τους προϊόντος και κατόπιν οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο πεδίο εφαρμογής του PLM, καθώς και εφαρμογές και τεχνολογίες που το συνθέτουν. Ακόμα, αναφέρονται διάφορες έννοιες που διέπουν και χαρακτηρίζουν το PLM. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στη Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντος ως βασική διαδικασία που συντελείται στην αρχή του κύκλου ζωής του προϊόντος και τις δραστηριότητες και που την συνθέτουν. Κατόπιν, αναλύεται η Βασισμένη σε Μοντέλα Μηχανική Συστημάτων (Model Based Systems Engineering –MBSE) στα πλαίσια του PLM. Τέλος, γίνεται ένας απολογισμός της σημασίας του PLM για τις επιχειρήσεις, των ευκαιριών και προκλήσεων του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο αναπτύσσεται, των συνεπειών που επιφέρει και πλεονεκτημάτων που προσφέρει.

## ABSTRACT

The purpose of this thesis is the detailed description of Product Lifecycle Management (PLM) as a business approach, which aims at a more efficient management of products, from the early stage of their conception to that of their retirement/disposal. First, a reference is made to the history and various basic definitions associated with PLM. Then, the stages that compose the product life cycle are analysed. Next, the activities that take place in the scope of PLM are examined, as well as the applications and technologies that compose it. Moreover, various concepts that govern and characterize PLM are mentioned. The following is a reference to Collaborative Product Development as a basic process that takes place at the beginning of the product life cycle and the activities that compose it. Then, Model-Based Systems Engineering (MBSE) is analysed in the context of PLM. Finally, an account is made of the importance of PLM for businesses, the opportunities and challenges of the environment in which it develops, the consequences it triggers, and the advantages it offers.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	1
1. Εισαγωγή στη Διαχείριση Κύκλου Ζωής Προϊόντος (Product Lifecycle Management -PLM) .....	2
1.1 Σύντομο ιστορικό του PLM .....	2
1.2 Ορισμός του PLM .....	2
1.3 Ορισμός της Πρωτοβουλίας PLM (PLM Initiative) .....	3
1.4 Πρότυπο (Paradigm) .....	3
1.5 Το Πρότυπο πριν το PLM .....	3
1.6 Ορισμός του Προτύπου PLM .....	4
2. Ανάλυση της έννοιας του PLM.....	6
2.1 Το Προϊόν .....	6
2.1.1 Η σημασία του Προϊόντος .....	6
2.1.2 Οι αριθμοί των Απαρτίων .....	6
2.2 Ο Κύκλος Ζωής του Προϊόντος.....	7
2.2.1 Τα πέντε στάδια του Κύκλου Ζωής.....	7
2.2.2 Συναφείς Κύκλοι Ζωής .....	8
2.3 Η Διαχείριση του Κύκλου Ζωής .....	12
3. Το πεδίο εφαρμογής του PLM .....	13
3.1 Δραστηριότητες στο πεδίο εφαρμογής του PLM .....	13
3.2 Το Πλέγμα PLM .....	13
3.3 Στόχοι και Παράμετροι Αξιολόγησης.....	14
3.4 Οργάνωση και Διαχείριση .....	15
3.5 Επιχειρησιακές Διεργασίες .....	15
3.6 Ανθρώπινο Κεφάλαιο .....	15
3.7 Δεδομένα Προϊόντος .....	16
3.8 Προϊόντα .....	16
3.9 Εφαρμογές του PLM .....	16
3.10 Τεχνολογίες του PLM .....	17
3.10.1 Σχεδίαση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (CAD) .....	17
3.10.2 Διαχείριση Δεδομένων Μηχανικής (EDM) .....	20
3.10.3 Διαχείριση Δεδομένων Προϊόντος (PDM) .....	23
3.10.4 Καθετοποιημένη Παραγωγή μέσω Υπολογιστή (CIM) .....	24

3.11 Συνδυασμός των Τεχνολογιών του PLM .....	25
3.12 Εγκαταστάσεις και Εξοπλισμός.....	26
3.13 Άλλες Μέθοδοι και Τεχνικές.....	26
4. Χαρακτηριστικά του PLM (Concepts of PLM) .....	27
4.1 Επιχειρηματικός Προσανατολισμός .....	27
4.2 Επίσημος Καθορισμός .....	28
4.3 Κύκλος Ζωής.....	28
4.4 Ολιστικό Πρότυπο .....	29
4.5 Ψηφιακότητα .....	30
4.6 Συνεκτικό Πρότυπο .....	30
4.7 Επικέντρωση στο Προϊόν .....	31
5. Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντος (Collaborative Product Development) .....	32
5.1 Αντιστοίχιση Προδιαγραφών στις Απαιτήσεις (Mapping Requirements to Specifications).....	33
5.2 Αρίθμηση Εξαρτημάτων (Part Numbering) .....	35
5.3 Engineering Vaulting .....	37
5.4 Επαναχρησιμοποίηση Προϊόντος (Product Reuse) .....	38
5.5 Έξυπνα Απάρτια και Απάρτια Έναρξης (Start and Smart Parts) .....	39
5.6 Διαχείριση Αλλαγών Μηχανικής (Engineering Change Management) .....	40
5.7 Αίθουσα Συνεργασίας (Collaboration Room) .....	41
5.8 Κατάλογος Υλικού και Συνέπεια Διαδικασιών (Bill of Material and Process Consistency) .....	42
5.9 Ψηφιακή Μακέτα και Ανάπτυξη Πρωτοτύπων (Digital Mock-Up and Prototype Development) ....	44
5.10 Σχεδιασμός για το Περιβάλλον (Design for the Environment - DfE) .....	46
5.11 Εικονική Δοκιμή και Επικύρωση (Virtual Testing and Validation).....	47
5.12 Βοηθητικό Υλικό του Μάρκετινγκ (Marketing Collateral) .....	48
6. Μηχανική Συστημάτων Βασισμένη σε Μοντέλα (Model Based Systems Engineering –MBSE) στο Πλαίσιο του PLM.....	50
6.1 Τρέχουσες Διαδικασίες Ανάπτυξης Προϊόντος.....	50
6.1.1 Υψηλού Επιπέδου Επιχειρησιακή Ροή Εργασιών.....	50
6.1.2 Εισαγωγή στη Μηχανική Συστημάτων (Systems Engineering).....	52
6.1.3 Κύκλος Ζωής Μηχανικής Συστημάτων (Systems Engineering Life Cycle).....	55
6.1.4 Επιμέρους Διαδικασίες Ανάπτυξης Συστημάτων (System Development Sub-Processes) .....	57
6.2 Προσέγγιση της Βασισμένης σε Μοντέλα Μηχανικής Συστημάτων (Model Based Systems Engineering –MBSE).....	59
6.3 Εφαρμογή της MBSE στο Πλαίσιο του PLM.....	62

6.3.1 Ρόλοι των SDPD/MBSE:.....	62
6.4 Στάδια Ανάπτυξης Προϊόντος του MBSE .....	64
6.4.1 Καθορισμός Απαιτήσεων/Χαρακτηριστικών (Requirements/Feature Definition).....	64
6.4.2 Καθορισμός Αρχιτεκτονικής .....	65
6.4.3 Καθορισμός Προσομοίωσης .....	67
6.4.4 Ηλεκτρολογικά/Ηλεκτρονικά .....	68
6.4.5 Ενσωματωμένο Λογισμικό (Embedded Software) .....	69
6.4.6 3D CAE και Διεπιστημονική Βελτιστοποίηση (3D CAE & Multi-Disciplinary Optimization) .....	70
7. Αντίκτυπος του PLM.....	72
7.1 Αντιμετώπιση Προβλημάτων και Παροχή Ευκαιριών .....	72
7.1.1 Δυσκολίες στη Διαχείριση του Προϊόντος .....	72
7.1.2 Απώλεια του Ελέγχου .....	72
7.1.3 Πηγές των Προβλημάτων .....	74
7.1.4 Ευκαιρίες.....	75
7.2 Η Διάδοση του PLM .....	76
7.3.1 Συνέπειες του PLM.....	77
7.3.2 Επακόλουθα του PLM .....	78
7.4 Οφέλη του PLM.....	79
7.4.1 Στρατηγικά Οφέλη .....	79
7.4.2 Επιχειρησιακά Οφέλη .....	80
Βιβλιογραφία .....	82

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Τυπικοί στόχοι μιας πρωτοβουλίας PLM.....	3
Εικόνα 2. Διαφορές μεταξύ του προτύπου PLM και του προηγούμενου προτύπου.....	5
Εικόνα 3. Τυπικός αριθμός απαρτίων ή συστατικών σε ένα προϊόν (κατά προσέγγιση) .....	7
Εικόνα 4. Τα πέντε στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος.....	7
Εικόνα 5. Ορισμένες δραστηριότητες εντός του πεδίου εφαρμογής του PLM .....	13
Εικόνα 6. Το πλέγμα PLM.....	14
Εικόνα 7. Παραδείγματα KPIs στο περιβάλλον PLM .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Εικόνα 8. Παραδείγματα οργάνωσης στο περιβάλλον PLM .....	15
Εικόνα 9. Παραδείγματα επιχειρησιακών διεργασιών στο περιβάλλον PLM .....	15
Εικόνα 10. Παραδείγματα ανθρώπων στο περιβάλλον PLM .....	16
Εικόνα 11. Παραδείγματα δεδομένων προϊόντος στο περιβάλλον PLM .....	16
Εικόνα 12. Παραδείγματα εφαρμογών PLM .....	17
Εικόνα 13. Κατάλογος Υλικών .....	21
Εικόνα 14. Ένα σχέδιο, δύο εφαρμογές.....	22
Εικόνα 15. Επιχειρηματικοί στόχοι του PLM .....	27
Εικόνα 16. Μείωση κινδύνου λόγω PLM .....	28
Εικόνα 17. Το PLM είναι ένα συνεκτικό πρότυπο .....	31
Εικόνα 18. Η σημασία του προϊόντος.....	31
Εικόνα 19. Γενική ροή εργασιών ανάπτυξης προϊόντος.....	50
Εικόνα 20. Το πλαίσιο ενός συγκεκριμένου συστήματος ενδιαφέροντος.....	54
Εικόνα 21. Στάδια Κύκλου Ζωής Συστήματος.....	55
Εικόνα 22. Στάδια Κύκλου Ζωής Ανάπτυξης Συστήματος .....	57
Εικόνα 23. Βασικό διάγραμμα Μοντέλου V .....	58
Εικόνα 24. Επιβεβαίωση και Επικύρωση.....	59
Εικόνα 25. Μετάβαση από τα Αρχεία στα Μοντέλα .....	60
Εικόνα 26. Ορισμένες αιτίες προβλημάτων σχετικών με προϊόντα.....	75
Εικόνα 27. Τα οφέλη του PLM μεταφράζονται σε αυξημένα έσοδα και μειωμένο κόστος .....	80

## 1. Εισαγωγή στη Διαχείριση Κύκλου Ζωής Προϊόντος (Product Lifecycle Management -PLM)

### 1.1 Σύντομο ιστορικό του PLM

Στα μέσα του εικοστού αιώνα, μεταξύ 1945 και 1970, οι συνθήκες άλλαξαν ελάχιστα στον κόσμο των προϊόντων. Οι εταιρείες και τα στελέχη τους, οι διευθυντές και οι εργαζόμενοι επεξεργάστηκαν τρόπους για να πετύχουν σε αυτό το περιβάλλον. Είχαν ένα κοινώς αποδεκτό τρόπο σκέψης, ένα Πρότυπο (Paradigm), σχετικά με τον τρόπο διαχείρισης των προϊόντων. Για παράδειγμα, οι εταιρείες οργανώνονταν ανά τμήμα, υπήρχε μια πολυεπίπεδη ιεραρχία των μεσαίων στελεχών, οι πληροφορίες ήταν σε έντυπη μορφή, οι γραμματείς παρήγαγαν τεχνικές εκθέσεις σε γραφομηχανές και οι μηχανικοί χρησιμοποίησαν λογαριθμικούς κανόνες (slide rules) για τους υπολογισμούς.

Μεταξύ 1970 και 2015, για διάφορους λόγους, ο κόσμος των προϊόντων άλλαξε γρήγορα και σημαντικά. Πολλά νέα προϊόντα εμφανίστηκαν ως αποτέλεσμα της Επανάστασης στα Ηλεκτρονικά, στο Λογισμικό, στη Βιοτεχνολογία και τη Νανοτεχνολογία. Το Διαδίκτυο και ο Παγκόσμιος Ιστός εμφανίστηκαν, ενώ πολλά νέα προϊόντα ήταν μηχανικά και περιείχαν μηχανικά, ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά μέρη και στοιχεία λογισμικού. Ο χρόνος ανάπτυξης και η διάρκεια ζωής πολλών προϊόντων μειώθηκαν σημαντικά. Εκτός από τις αλλαγές στα προϊόντα, υπήρξαν αλλαγές και στο περιβάλλον στο οποίο τα προϊόντα πωλούνταν και χρησιμοποιούνταν. Υπήρξαν γεωπολιτικές αλλαγές όπως η παγκοσμιοποίηση, το τέλος του Ψυχρού Πολέμου και η ανάδυση της Κίνας, ενώ άλλες αλλαγές προέκυψαν από ανησυχίες για την υπερθέρμανση του πλανήτη, το περιβάλλον και τη βιωσιμότητα.

### 1.2 Ορισμός του PLM

Το PLM έχει να κάνει με τη "διαχείριση προϊόντων σε όλο τον κύκλο ζωής τους" και ισχύει για οποιαδήποτε εταιρεία παράγει ένα προϊόν. Χρησιμοποιείται σε εταιρείες όλων των μεγεθών, που κυμαίνονται από μεγάλες πολυεθνικές εταιρείες έως μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών τομέων όπως στη διακριτή παραγωγή (discrete manufacturing), στη παραγωγή διεργασιών (process manufacturing), στις βιομηχανίες διανομής και υπηρεσιών, καθώς και στην έρευνα, την εκπαίδευση, τις ένοπλες δυνάμεις και άλλους κυβερνητικούς οργανισμούς.

Η Διαχείριση Κύκλου Ζωής Προϊόντος (Product Lifecycle Management -PLM) είναι η επιχειρησιακή δραστηριότητα της διαχείρισης, με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο, των προϊόντων μιας εταιρείας σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους· από την σύλληψη της ιδέας για ένα προϊόν μέχρι την απόσυρση και την απόρριψη του.

Το PLM είναι το σύστημα διαχείρισης των προϊόντων μιας εταιρείας. Δεν διαχειρίζεται απλώς ένα από τα προϊόντα της, αλλά διαχειρίζεται, με ολοκληρωμένο τρόπο όλα τα απάρτια της και τα προϊόντα της, καθώς και το χαρτοφυλάκιο προϊόντων (product portfolio). Το PLM διαχειρίζεται ολόκληρο το φάσμα, από μεμονωμένα απάρτια και μεμονωμένα προϊόντα έως και ολόκληρο το χαρτοφυλάκιο προϊόντων.

Ο απώτερος σκοπός του PLM είναι να αυξήσει τα έσοδα από τα προϊόντα, να μειώσει το κόστος που σχετίζεται με το προϊόν, να μεγιστοποιήσει την αξία του χαρτοφυλακίου προϊόντων και να μεγιστοποιήσει την αξία των τρεχόντων και μελλοντικών προϊόντων τόσο για τους πελάτες όσο και για τους μετόχους.



### 1.3 Ορισμός της Πρωτοβουλίας PLM (PLM Initiative)

Η πρωτοβουλία PLM μιας εταιρείας είναι μια πρωτοβουλία με δύο στόχους. Ο πρώτος από αυτούς είναι η βελτίωση της σχετικής με το προϊόν απόδοσης της εταιρείας (Εικόνα 1). Ο άλλος στόχος είναι να δημιουργηθεί ή να βελτιωθεί η ικανότητα της διαχείρισης προϊόντων σε όλο τον κύκλο ζωής τους. Ενώ το PLM είναι μια συνεχιζόμενη προσπάθεια, μια πρωτοβουλία PLM είναι μια προσωρινή προσπάθεια.

Ρυθμός εισαγωγής νέων προϊόντων	100%
Έσοδα από την παρατεταμένη διάρκεια ζωής προϊόντος	25%
Συντελεστής επαναχρησιμοποίησης μερών	x 7
Κόστος λόγω ανακλήσεων, αστοχιών, ευθυνών	-75%
Χρόνος ανάπτυξης νέων προϊόντων	-50%
Κόστος υλικών και ενέργειας	-25%
Ανακύκλωση προϊόντων	90%
Ιχνηλασιμότητα προϊόντος	100%
Έλεγχος κύκλου ζωής	100%
Ορατότητα κύκλου ζωής	100%
Έσοδα από νέες υπηρεσίες σε υπάρχοντα προϊόντα	40%
Αριθμός σημαντικά καινοτόμων νέων προϊόντων	x 3

Εικόνα 1. Τυπικοί στόχοι μιας πρωτοβουλίας PLM

### 1.4 Πρότυπο (Paradigm)

Ένα πρότυπο είναι μια ενιαία αποδεκτή και κοινή εννοιολογική δομή που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για να εργαστούν σε ένα σύνθετο θέμα. Αποτελεί μια απλοποιημένη αποτύπωση προσέγγισης του θέματος, η οποία τους βοηθά να σκέφτονται, να περιγράφουν, να αναλύουν και να επικοινωνούν σχετικά με το θέμα που τους απασχολεί, δηλαδή τη διαχείριση των προϊόντων.

Ένα πρότυπο αμφισβητείται και δοκιμάζεται στην καθημερινή εργασία και από την καθημερινή εμπειρία. Μια αλλαγή προτύπου συμβαίνει όταν η πλειοψηφία των ανθρώπων βρίσκει, μέσα από τις καθημερινές εμπειρίες και ανάλυσεις, ότι το υπάρχον πρότυπο δεν ταιριάζει πλέον στην πρακτική πραγματικότητα του θέματος.

### 1.5 Το Πρότυπο πριν το PLM

Το Πρότυπο PLM εμφανίστηκε το 2001. Το προηγούμενο πρότυπο για τη διαχείριση των προϊόντων μιας εταιρείας ήταν Τμηματικό:

- Το Τμήμα Μάρκετινγκ (Marketing Department) αποφάσιζε ποια προϊόντα χρειαζόταν η αγορά.
- Το Τμήμα Μηχανικής (Engineering Department) τα σχεδίαζε.
- Το Τμήμα Παραγωγής (Manufacturing Department) τα παρήγαγε.
- Το Τμήμα Εξυπηρέτησης (After-Sales Department) τα υποστήριζε.

Αυτό το πρότυπο ήταν γενικά αποδεκτό και κοινό για το μεγαλύτερο μέρος του εικοστού αιώνα. Το σκεπτικό πίσω από αυτό ήταν ότι οι ειδικοί σε ένα τμήμα είναι οι καλύτερα καταρτισμένοι για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων αυτού του τμήματος. Για παράδειγμα, οι ειδικοί στο Τμήμα Σχεδιασμού πιστεύεται ότι είναι καλύτερα εξοπλισμένοι για την εκτέλεση δραστηριοτήτων Σχεδιασμού. Η λογική πίσω από αυτό ήταν ότι οι μηχανικοί μαθαίνουν για αυτές τις δραστηριότητες στο πανεπιστήμιο, εκπαιδεύονται περαιτέρω σχετικά με αυτές, προσλαμβάνονται για να τις εκτελέσουν, να λάβουν σχετικές γνώσεις από συναδέλφους Μηχανικούς και να τις εξασκούν για χρόνια μέσα στην εταιρεία.

Με την πάροδο του χρόνου όμως, αυτός ο συλλογισμός και η πίστη στις ικανότητες των τμημάτων έμμεσα επεκτάθηκε έτσι ώστε κάθε τμήμα να μην πραγματοποιεί απλώς δραστηριότητες για τις οποίες είχε εξειδικευμένη λειτουργική τεχνογνωσία. Προχώρησε αρκετά και καθόριζε τα πάντα σε σχέση με τις λειτουργίες του. Για παράδειγμα, κάθε τμήμα αποφάσισε ανεξάρτητα πώς να οργανώσει τις δραστηριότητές του, τα έγγραφά και τα δεδομένα του, καθώς και τα συστήματα υπολογιστών του.

Με τον καιρό, η προσέγγιση των τμημάτων οδήγησε σε ένα περιβάλλον ασυμβατοτήτων στα σημεία επαφής τους, σπατάλες πόρων, κενά, αντιφατικές εκδοχές των ίδιων δεδομένων, σιλό πληροφοριών, νησίδες αυτοματισμού, αλληλοεπικαλυπτόμενα δίκτυα, διπλές δραστηριότητες, αναποτελεσματικές επιδιορθώσεις και ανακλήσεις προϊόντων. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν μεγάλοι κύκλοι ανάπτυξης προϊόντος και υποστήριξης, πελάτες που αντιμετωπίζουν προβλήματα με προϊόντα, μειωμένα έσοδα και υψηλότερο κόστος. Αυτές οι ανωμαλίες έδειχναν ότι κάτι ήταν λάθος με το πρότυπο των τμημάτων για τη διαχείριση των προϊόντων μιας εταιρείας.

Έτσι προέκυψε μια αλλαγή προτύπου και το 2001 εμφανίστηκε το πρότυπο PLM, ως ένα νέο πρότυπο για τη διαχείριση των προϊόντων μιας εταιρείας.

## 1.6 Ορισμός του Προτύπου PLM

Το Πρότυπο PLM προτάσσει ότι στη διαχείριση των προϊόντων μιας εταιρείας πρέπει να ακολουθηθεί μια προσέγγιση κύκλου ζωής προϊόντος, επιχειρηματικά προσανατολισμένη, επίσημα καθορισμένη, ολιστική, ψηφιακή, συντονισμένη και εστιασμένη στο προϊόν.

Η εφαρμογή του νέου προτύπου καταδεικνύεται στα παρακάτω δύο παραδείγματα:

- Στο Πρότυπο PLM, οι δραστηριότητες διαχείρισης των προϊόντων μιας εταιρείας πρέπει να ορίζονται και να τεκμηριώνονται σε διαλειτουργικές επιχειρηματικές διαδικασίες καθόλη την διάρκεια του κύκλου ζωής προϊόντος. Στο προηγούμενο πρότυπο, κάθε τμήμα όριζε τις δικές του δραστηριότητες ανεξάρτητα από τις άλλες λειτουργίες, και συχνά οι δραστηριότητες αυτές δεν ήταν επίσημα τεκμηριωμένες.
- Στο Πρότυπο PLM, ένα διαλειτουργικό σύστημα Διαχείρισης Δεδομένων Προϊόντος (Product Data Management-PDM) διαχειρίζεται δεδομένα προϊόντος σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Στο προηγούμενο πρότυπο, κάθε τμήμα διαχειριζόταν τα δικά του δεδομένα ανεξάρτητα από τα άλλα τμήματα.

Πρότυπο PLM	Προηγούμενο Πρότυπο
Επιχειρηματικά προσανατολισμένο	Τεχνικά προσανατολισμένο
Επίσημα καθορισμένο	Ακαθόριστο
Κύκλου Ζωής	Τμηματικό
Ολιστικό	Αποσπασματικό
Ψηφιακό	Έντυπο
Ενωμένο	Διαχωρισμένο
Εστιασμένο στο προϊόν	Χωρίς εστίαση

Εικόνα 2. Διαφορές μεταξύ του προτύπου PLM και του προηγούμενου προτύπου

## 2. Ανάλυση της έννοιας του PLM

### 2.1 Το Προϊόν

#### 2.1.1 Η σημασία του Προϊόντος

Το προϊόν είναι πολύ σημαντικό για μια εταιρεία. Είτε είναι ένα τραπέζι, ένα αναψυκτικό, ένα αεροσκάφος ή ένα φάρμακο, είναι το προϊόν και ίσως κάποιες σχετικές υπηρεσίες, αυτό που επιθυμεί ο πελάτης. Το προϊόν είναι η πηγή των εσόδων της εταιρείας. Χωρίς προϊόντα, η εταιρεία δεν μπορεί να έχει πελάτες και δεν έχει λόγο ύπαρξης. Χωρίς το προϊόν επίσης, δεν μπορούν να υπάρχουν οποιεσδήποτε υπηρεσίες σχετικές με αυτό. Η εταιρεία παράγει έσοδα από μια συνεχή ροή καινοτόμων νέων και αναβαθμισμένων προϊόντων. Τα επιτυχήμενα προϊόντα είναι αυτά που μπορούν να την καταστήσουν ηγέτη στον κλάδο της βιομηχανίας. Και το πλέον σημαντικό ίσως για μια εταιρεία, τα επιτυχημένα προϊόντα είναι αυτά που θα την οδηγήσουν σε μεγάλη κερδοφορία.

Το εύρος των προϊόντων είναι σημαντικό. Υπάρχουν απτά προϊόντα με υλική υπόσταση, όπως ένας υπολογιστής και ένα αυτοκίνητο. Αλλά υπάρχουν και άυλα προϊόντα όπως λογισμικά, ασφαλιστήρια, συμβόλαια και στεγαστικά δάνεια.

Ένα προϊόν μπορεί στην πραγματικότητα να είναι και μια υπηρεσία. Ένα προϊόν μπορεί επίσης να είναι ένα πακέτο υπηρεσίες, μια δέσμη προϊόντων και υπηρεσιών, μια λύση που να περιέχει πολλά προϊόντα ή μια λύση που να περιέχει προϊόντα και υπηρεσίες.

Το προϊόν είναι συχνά περισσότερο από αυτό που φαίνεται. Η συσκευασία και η σήμανση του προϊόντος είναι συχνά μέρος του προϊόντος. Το προϊόν μπορεί να περιλαμβάνει βιβλιογραφία προϊόντος, όπως έντυπα χρήσης ή κανονιστικά έγγραφα. Ακόμα, το προϊόν μπορεί να είναι ένα πακέτο των έξι ή ένα μόνο κουτί. Εάν αποτελείται από μια εξάδα, μπορεί να έχει επιπλέον συσκευασία, αλλά το προϊόν που καταναλώνεται είναι το ίδιο σαν να ήταν ένα μεμονωμένο στοιχείο. Ο μηχανισμός εφαρμογής μπορεί να είναι μέρος του προϊόντος, για παράδειγμα μέσα στην συσκευασία ενός σιροπιού μπορεί να είναι ένας αποστειρωμένος δοσομετρητής.

Τα προϊόντα μιας εταιρείας μπορεί να έχουν αναπτυχθεί από την ίδια την εταιρεία, ή αυτά ενδέχεται να έχει αποκτηθεί ως αποτέλεσμα δραστηριότητας συγχώνευσης και εξαγοράς (Σ&Ε).

#### 2.1.2 Οι αριθμοί των Απαρτίων

Το προϊόν μιας εταιρείας μπορεί να αποτελείται από πολλά συγκροτήματα μερών και χιλιάδες κομμάτια ή εξαρτήματα ή συστατικά ή υλικά ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος.

Ένα συγκρότημα μπορεί επίσης να κατασκευαστεί από μεγάλο αριθμό εξαρτημάτων. Αυτά τα συγκροτήματα και εξαρτήματα θα μπορούσαν να κατασκευάζονται από την ίδια την εταιρεία ή θα μπορούσαν να είναι προϊόντα άλλων εταιριών, των προμηθευτών της. Πολλά προϊόντα περιέχουν βιομηχανικά εξαρτήματα (προϊόντα) διαφόρων τύπων, όπως υλισμικά, λογισμικά, ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά και χημικά.

Πολλά προϊόντα μπορούν επίσης να περιέχουν πρώτες ύλες διαφορετικής προέλευσης, όπως γεωργικά, προϊόντα δασοκομίας και αλιείας.

Όπως δείχνει η Εικόνα 3, αρκετά προϊόντα μπορούν να περιέχουν πολλά εξαρτήματα. Αρκετές εταιρείες έχουν εκατοντάδες ή χιλιάδες προϊόντα το καθένα από τα οποία μπορεί να περιέχει πολλά διαφορετικά μέρη. Όλα αυτά πρέπει να μπορούν να τα διαχειριστούν. Όμως όποιο και αν είναι το προϊόν, το PLM είναι το σύστημα διαχείρισης για τα προϊόντα και τα εξαρτήματα μιας εταιρείας.

Προϊόν	Τυπικός αριθμός απαρτίων ή συστατικών
Αποσμητικό	20
Σάντουιτς	30
Σαμπουάν	50
Ρολόι	300
Εργαλειομηχανή	2000
Αυτοκίνητο	25000
Αεροσκάφος	400000
Διαστημικό λεωφορείο	2000000
Λογισμικό (γραμμές κώδικα)	20000000

Εικόνα 3. Τυπικός αριθμός απαρτίων ή συστατικών σε ένα προϊόν (κατά προσέγγιση)

## 2.2 Ο Κύκλος Ζωής του Προϊόντος

### 2.2.1 Τα πέντε στάδια του Κύκλου Ζωής

Υπάρχουν πέντε στάδια στον κύκλο ζωής του προϊόντος (Εικόνα 4). Κάθε στάδιο αντιπροσωπεύει μια διαφορετική κατάσταση του προϊόντος. Κατά το στάδιο της σύλληψης, το προϊόν είναι μια ιδέα στο νου των ανθρώπων. Κατά το στάδιο του καθορισμού, οι ιδέες μετατρέπονται σε μια λεπτομερή περιγραφή. Μέχρι το τέλος του σταδίου υλοποίησης, το προϊόν έχει λάβει την τελική του μορφή (για παράδειγμα, ως ποδήλατο) στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από έναν πελάτη. Κατά τη διάρκεια του σταδίου χρήσης/υποστήριξης, το προϊόν βρίσκεται στην κατοχή του πελάτη που το χρησιμοποιεί. Τελικά το προϊόν φτάνει σε ένα στάδιο στο οποίο δεν είναι πλέον χρήσιμο. Αποσύρεται από την εταιρεία ή/και απορρίπτεται από τον πελάτη.

Οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής διαφέρουν από κλάδο σε κλάδο. Ως αποτέλεσμα, οι εταιρείες σε έναν συγκεκριμένο κλάδο μπορεί να έχουν μια αντίληψη για τον κύκλο ζωής του προϊόντος που είναι συγκεκριμένη για τον κλάδο τους. Ωστόσο, ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά μιας συγκεκριμένης εταιρείας ή κλάδου, οι δραστηριότητές της μπορούν να παρατηρηθούν, στα πέντε στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος που φαίνεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Τα πέντε στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος

### 2.2.2 Συναφείς Κύκλοι Ζωής

Οι κατασκευαστές και οι χρήστες προϊόντων μπορεί να έχουν διαφορετικές απόψεις για τον κύκλο ζωής. Από την οπτική γωνία του χρήστη του προϊόντος, υπάρχουν πέντε φάσεις στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος:

- Σύλληψη
- Καθορισμός
- Υλοποίηση
- Χρήση
- Απόρριψη

Από την οπτική γωνία ενός κατασκευαστή, υπάρχουν επίσης πέντε φάσεις στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος:

- Σύλληψη
- Καθορισμός
- Υλοποίηση
- Υποστήριξη
- Απόσυρση

Από την οπτική του Μάρκετινγκ υπάρχουν κύκλοι ζωής προσανατολισμένοι στην αγορά. Ένα παράδειγμα τεσσάρων σταδίων είναι η εισαγωγή-κυκλοφορία ενός προϊόντος, η ανάπτυξη, η ωριμότητα και η παρακμή. Ένα παράδειγμα πέντε σταδίων είναι η ανάπτυξη προϊόντος, η εισαγωγή στην αγορά, η ανάπτυξη της αγοράς, η ωρίμανση της αγοράς και η μείωση των πωλήσεων. Διαφορετικές προσεγγίσεις για την ταυτότητα του προϊόντος, την τιμολόγηση και η στρατηγική πωλήσεων μπορεί να ληφθούν σε διαφορετικά στάδια.

Και από περιβαλλοντική άποψη, υπάρχει ένας άλλος κύκλος ζωής. Ένας φυσικό πόρος (όπως ένα μετάλλευμα ή πετρέλαιο) εξάγεται από τη γη, ο πόρος υποβάλλεται σε επεξεργασία, ο επεξεργασμένος πόρος χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενός προϊόντος, το προϊόν χρησιμοποιείται και όταν το προϊόν δεν χρειάζεται πλέον, γίνεται διαχείριση του πόρου/αποβλήτου. Μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, να ανακυκλωθεί ή να απορριφθεί.

Ένα ακόμα μοντέλο Κύκλου Ζωής όπως γίνεται αντιληπτό από τον κατασκευαστή, περιλαμβάνει τα στάδια του Προγραμματισμού, του Σχεδιασμού, της Κατασκευής, της Υποστήριξης και της Απόσυρσης.

#### 2.2.2.1 Προγραμματισμός

Το μοντέλο ξεκινά με την ανάλυση και τον προγραμματισμό των απαιτήσεων, που είναι το αρχικό βήμα για την ανάπτυξη οποιουδήποτε προϊόντος. Διερευνούνται οι λειτουργίες που το προϊόν θα πρέπει να εκτελέσει και οι απαιτήσεις που θα πρέπει να πληροί. Αυτές οι απαιτήσεις αντιστοιχίζονται σε προδιαγραφές. Για παράδειγμα, η απαίτηση για ένα ηλεκτρικό παράθυρο αντιστοιχεί σε προδιαγραφές όπου ένα φύλλο γυαλιού με μάζα  $x$  κιλά, πρέπει να ανυψωθεί και να κατέλθει  $\psi$  εκατοστά σε χρόνο  $z$  για κύκλους  $\omega$ . Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτές οι απαιτήσεις λαμβάνονται απευθείας από τον πελάτη που αγοράζει το προϊόν. Σε άλλες περιπτώσεις, οι απαιτήσεις επιτυγχάνονται έμμεσα μέσω μιας μάρκετινγκ

ή επιχειρηματικής λειτουργίας που προσδιορίζει ότι ένας πελάτης θα αγοράσει ένα προϊόν που έχει ορισμένες λειτουργίες.

### 2.2.2.2 Σχεδιασμός

Οι απαιτήσεις που αναφέρονται παραπάνω καλύπτονται από το Concept Engineering και την κατασκευή πρωτοτύπων. Οι λειτουργίες που δημιουργούνται από την ανάλυση απαιτήσεων και τον προγραμματισμό μπορούν γενικά να πραγματοποιηθούν με περισσότερους από έναν τρόπους. Επιπλέον, οι λειτουργικές απαιτήσεις μπορούν να συνδυαστούν με διαφορετικούς τρόπους έτσι ώστε ο αριθμός των απαρτίων που απαιτούνται για έναν αριθμό λειτουργιών μπορεί να ποικίλλει. Κάθε λειτουργία μπορεί να έχει το δικό της απάρτιο ή ορισμένες λειτουργίες μπορούν να συνδυαστούν σε ένα απάρτιο. Επιπλέον, διάφορες τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση της ίδιας λειτουργίας. Για παράδειγμα, οι ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου μπορούν να αντικαταστήσουν τις υδραυλικές.

Η αισθητική ενός προϊόντος έρχεται στο προσκήνιο σε αυτό το στάδιο. Ενώ το «η μορφή ακολουθεί τη λειτουργία» είναι μια βασική αρχή του σχεδιασμού του προϊόντος, η λειτουργία μπορεί να επιτρέπει μια μεγάλη ποικιλία μορφών. Σχεδιαστές αυτοκινήτων και καταναλωτικών προϊόντων ξοδεύουν μεγάλο μέρος της διαδικασίας σχεδιασμού των προϊόντων τους και παράγουν μια μεγάλη ποικιλία μορφών τελικού σχεδίου για τις ίδιες λειτουργίες. Ωστόσο, καθώς αυτοί οι σχεδιαστές εργάζονται, πρέπει να βεβαιωθούν ότι τα κόνσεπτ και τα πρωτότυπα τους πληρούν όλες τις υποχρεωτικές λειτουργικές απαιτήσεις και όσο το δυνατόν περισσότερες από τις επιθυμητές λειτουργικές απαιτήσεις. Όταν προκύπτουν συμβιβασμοί, όπως συμβαίνει πάντα, οι σχεδιαστές κόνσεπτ και πρωτοτύπων πρέπει να μοιράζονται αυτά τα δεδομένα με τους σχεδιαστές των προδιαγραφών.

Το επόμενο στάδιο στον κύκλο, η Μηχανική Προϊόντων (Product Engineering), λαμβάνει τα λειτουργικά σχέδια και πρωτότυπα και τα μετατρέπει σε ακριβείς προδιαγραφές. Ο ρόλος της μηχανικής προϊόντων είναι να προσδιορίσει πλήρως το προϊόν σε αυτό το στάδιο. Ενώ οι μηχανικοί κόνσεπτ ανέπτυξαν τη γενική μορφή, οι μηχανικοί προϊόντων δέχονται αυτή τη γενική μορφή και την προσδιορίζουν επακριβώς. Οι μηχανικοί προϊόντων πρέπει να βεβαιωθούν ότι τα διάφορα εξαρτήματα ταιριάζουν μεταξύ τους σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα και ότι το σύστημα είναι εσωτερικά συνεπές. Επιπλέον, οι μηχανικοί προϊόντος πρέπει να εκτελέσουν διάφορες δοκιμές, όπως ανάλυση δυνάμεων και ροής σε εξαρτήματα και σε ολόκληρο το προϊόν για να διασφαλιστεί ότι αυτό ανταποκρίνεται πραγματικά στις απαιτήσεις που καθορίστηκαν. Οι μηχανικοί προϊόντος πρέπει να προσθέσουν αυτό τον κορμό πληροφοριών στο μοντέλο κύκλου ζωής του προϊόντος. Στο τέλος αυτής της φάσης, τα στοιχεία που συνθέτουν το προϊόν ορίζονται πλήρως σε ένα μοντέλο με μαθηματική βάση ή μια προδιαγραφή CAD.

### 2.2.2.3 Κατασκευή

Μόλις το προϊόν καθοριστεί πλήρως, είναι ρόλος της Μηχανικής Κατασκευής (Manufacturing Engineering) να καθορίσει πώς πρέπει αυτό να κατασκευαστεί. Τα σχέδια πρέπει να αναλυθούν και ο Κατάλογος Διαδικασιών (Bill of Process -BoP) που αναπτύχθηκε για να διευκρινίσει ποιες λειτουργίες πρέπει να εκτελεστούν και σε ποια σειρά για να δημιουργηθεί το επιθυμητό απάρτιο. Εκείνα τα απάρτια πρέπει στη συνέχεια να συναρμολογηθούν σε μια συγκεκριμένη σειρά για να αναπτυχθεί το ολοκληρωμένο προϊόν.

Στους περισσότερους οργανισμούς, αυτό συνεπάγεται τρεις αρκετά διακριτές φάσεις: την κατασκευή του πρώτου προϊόντος, την αύξηση της παραγωγής και την παραγωγή των υπολοίπων προϊόντων. Κατά την κατασκευή του πρώτου προϊόντος, υπάρχουν δύο παράγοντες: η κατασκευή του σε νέα μονάδα ή κατασκευή του σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις.

Εάν το προϊόν πρόκειται να κατασκευαστεί σε μια νέα μονάδα, τότε η φάση σχεδιασμού μόλις έγινε πολύ πιο περίπλοκη, γιατί όχι μόνο πρέπει το προϊόν να σχεδιαστεί, αλλά πρέπει να προσδιοριστούν τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή αυτού του προϊόντος. Οι μηχανικοί κατασκευής πρέπει είτε να επιλέξουν τα μέσα παραγωγής που θα ανταποκρίνονται σε αυτές τις προδιαγραφές ή να στείλουν Αιτήματα για Προσφορές (Requests for Quotations -RfQ) στους κατασκευαστές των μέσων παραγωγής ώστε να τους ζητήσουν να παρέχουν προσφορές για μέσα παραγωγής που θα πληρούν αυτές τις προδιαγραφές.

Εάν το προϊόν πρόκειται να κατασκευαστεί σε μια υπάρχουσα μονάδα ή εγκαταστάσεις, η εργασία δεν γίνεται απαραίτητα πολύ πιο απλή. Σε μια κατάσταση που μοιάζει με πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, ο μηχανικός κατασκευής πρέπει να καθορίσει τον τρόπο κατασκευής των εξαρτημάτων, δεδομένων των μέσων παραγωγής και του εξοπλισμού που υπάρχει διαθέσιμος σε αυτές τις εγκαταστάσεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτό θα απαιτήσει αλλαγή του σχεδίου ή/και του Καταλόγου Διαδικασιών εάν ένα σχέδιο δεν μπορεί να κατασκευαστεί με τον υπάρχοντα εξοπλισμό αλλά ένα ισοδύναμο σχέδιο μπορεί. Επιπλέον, εάν υπάρχουν πολλές εγκαταστάσεις με διαφορετικές διαμορφώσεις εξοπλισμού, τότε το καθήκον του μηχανικού είναι να καθορίσει ποιά διαμόρφωση εξοπλισμού ταιριάζει καλύτερα με τα εξαρτήματα και προϊόντα που πρόκειται να κατασκευαστούν.

Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, ενδέχεται να υπάρξουν ζητήματα που επηρεάζουν τη σχεδίαση. Ένα από αυτά, είναι το ζήτημα του ισοδύναμου σχεδίου, όπου ένα σχέδιο μπορεί να κατασκευαστεί ενώ το άλλο δεν μπορεί. Το άλλο ζήτημα είναι ότι το σχέδιο δεν μπορεί να κατασκευαστεί όπως έχει σχεδιαστεί. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το πρόβλημα είναι τόσο σοβαρό ώστε να πρέπει το σχέδιο να αποστέλλεται πίσω στους μηχανικούς σχεδιασμού επειδή δεν μπορούν να επιλυθούν ζητήματα με τα μέσα παραγωγής.

Άλλα ζητήματα αντιμετωπίζονται σε επίπεδο παραγωγής. Για παράδειγμα, ένα κοινό πρόβλημα είναι να βρεθούν τρύπες κομμένες σε μια επιφάνεια που φαίνεται να είναι άκοπη στις προδιαγραφές του σχεδίου. Ο λόγος είναι ότι η ομάδα κατασκευής χρειαζόταν πρόσβαση για να τοποθετήσει ένα μπουλόνι ή ένα συνδετήρα. Αν και αυτό μπορεί να ακούγεται σκόπιμο, το κόστος αυτής της τρύπας μπορεί να αλλάξει τα χαρακτηριστικά της αντοχής αυτής της επιφάνειας. Αυτό είναι κάτι που δεν υπόκειται ποτέ σε ανάλυση γιατί οι μηχανικοί σχεδιασμού δεν γνωρίζουν ότι υφίσταται ως ανάγκη.

Το στάδιο κατασκευής και παραγωγής είναι όταν τα υπόλοιπα προϊόντα κατασκευάζονται. Το προσωπικό κατασκευής και παραγωγής αναλαμβάνει τα σχέδια προϊόντων και τους Καταλόγους Διαδικασιών, τα αναθεωρεί και βελτιώνει συνεχώς για να κατασκευάσει τα εξαρτήματα και τα προϊόντα χρησιμοποιώντας τους λιγότερους δυνατούς πόρους.



#### 2.2.2.4 Υποστήριξη

Η λειτουργία πωλήσεων και διανομής χρησιμοποιεί τις πληροφορίες προϊόντος (1) για να γνωστοποιήσει στον αγοραστή και στο χρήστη του προϊόντος ποιές είναι οι λειτουργίες και οι προδιαγραφές του προϊόντος και (2) να διατηρηθεί η απόδοση του προϊόντος στις αναμενόμενες προδιαγραφές. Ο χρήστης του προϊόντος χρειάζεται πληροφορίες για το προϊόν ώστε να κατανοήσει πώς μπορεί να αποκτήσει την απαιτούμενη λειτουργία (π.χ., πάτημα ενός συγκεκριμένου κομβίου για τη ρύθμιση ενός καθίσματος). Ο οργανισμός υποστήριξης που είτε μπορεί να σχετίζεται με τον παραγωγό του προϊόντος ή να είναι ανεξάρτητος από αυτόν χρειάζεται πληροφορίες για το προϊόν για να είναι σε θέση να το επισκευάσει σε περίπτωση δυσλειτουργίας ή βλάβης.

Αυτό το κομμάτι του κύκλου ζωής του προϊόντος είναι επίσης μια δυνητικά πλούσια πηγή πληροφοριών για το προϊόν. Το πώς λειτουργεί πραγματικά το προϊόν κατά τη χρήση αποτελεί την καλύτερη πληροφόρηση με την οποία μπορεί να προσδιοριστεί εάν το προϊόν έχει σχεδιαστεί σωστά. Δεδομένα σχετικά με την εγγύηση και, ακόμη καλύτερα, δεδομένα που συλλέγονται από την παρακολούθηση των συστημάτων είναι σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το εάν ένα προϊόν εκτελεί τις λειτουργίες του όπως αυτές έχουν οριστεί.

#### 2.2.2.5 Απόρριψη

Η τελευταία πτυχή του κύκλου ζωής του προϊόντος, η απόρριψη και η ανακύκλωση, ολοκληρώνουν τη ζωή του προϊόντος. Πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο σχεδίασης του προϊόντος και της σύνθεσης των εξαρτημάτων του είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική και αποδοτική ανακύκλωση και απόρριψη. Πληροφορίες σχετικά με το εάν το προϊόν θα μπορούσε να ανακυκλωθεί χρησιμοποιώντας τις διαδικασίες που σχεδιάστηκαν όταν αυτό κατασκευάστηκε είναι σημαντικές για τα μελλοντικά σχέδια προϊόντων.

Ο κύκλος ξεκινά από την αρχή με την επόμενη έκδοση του προϊόντος, η οποία είναι βασισμένη σε αυτόν τον πυρήνα πληροφοριών. Ενώ το μοντέλο δείχνει αυτή τη σειριακή διαδικασία που αντικατοπτρίζει πως γίνεται αντιληπτός ο κύκλος ζωής του προϊόντος, η πραγματικότητα είναι πιο περίπλοκη. Οι λειτουργίες μηχανικής και κατασκευής συχνά χρειάζεται να επαναλάβουν τα σχέδια ώστε να επιτύχουν μια λύση που να πληροί τις λειτουργικές απαιτήσεις και μπορεί να κατασκευαστεί με αποδεκτό κόστος. Η εμπειρία χρήσης στην πράξη μπορεί να υποδείξει ένα σημαντικό πρόβλημα που θα πρέπει να διορθωθεί όχι μόνο στα νέα προϊόντα, αλλά και στα υπάρχοντα.

Ωστόσο, παρά τις πραγματικότητες αυτές, το μοντέλο κύκλου ζωής PLM είναι ένα καλό μοντέλο. Αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι υπάρχουν διάφορα ξεχωριστά στάδια στη ζωή ενός προϊόντος. Αντανακλά ότι αυτά τα στάδια είναι σχετικά διαδοχικά και ότι αυτός ο πυρήνας των πληροφοριών σχετικά με το προϊόν είναι απαραίτητος για την αποτελεσματική ανάπτυξη και χρήση του προϊόντος με την πάροδο του χρόνου. Οι πληροφορίες προϊόντος πρέπει να αναπτύσσονται και να χρησιμοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος και όχι να χωρίζονται σε στάδια ή λειτουργίες.

### 2.3 Η Διαχείριση του Κύκλου Ζωής

Η διαχείριση προϊόντων περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως η οργάνωση και ο συντονισμός των πόρων που σχετίζονται με το προϊόν, τη λήψη αποφάσεων, τον καθορισμό στόχων και τον έλεγχο των αποτελεσμάτων. Ένα προϊόν πρέπει να ελέγχεται σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του για να διασφαλιστεί ότι όλα λειτουργούν καλά σε σχέση με αυτό και ότι το προϊόν προσφέρει ικανοποιητικά έσοδα για την εταιρεία.

Πρέπει να γίνεται διαχείριση του προϊόντος ήδη από όταν είναι ιδέα. Αυτό απαιτείται ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι ιδέες για τα προϊόντα δεν έχουν χαθεί ή παρερμηνευτεί.

Ακόμα, διαχείριση του προϊόντος πρέπει να γίνεται όταν αυτό καθορίζεται. Για παράδειγμα, η διαχείριση ενός έργου ανάπτυξης προϊόντος είναι απαραίτητη για να είναι βέβαιο ότι το προϊόν πληροί τις απαιτήσεις των πελατών.

Διαχείριση του προϊόντος απαιτείται επίσης όταν το προϊόν είναι στη φάση της υλοποίησης. Για παράδειγμα, η σωστή διαχείριση είναι σημαντική διότι μπορεί να διασφαλίσει ότι χρησιμοποιείται η σωστή εκδοχή του καθορισμού του προϊόντος κατά την παραγωγή.

Το ίδιο ισχύει και όταν το προϊόν είναι σε χρήση. Για παράδειγμα, το προϊόν πρέπει να διατηρείται σωστά, να λαμβάνεται υπόψη ο σειριακός του αριθμός, η ημερομηνία παραγωγής, οι προηγούμενες αναβαθμίσεις, οι αλλαγές στην αγορά και η τεχνική εξέλιξη.

Το προϊόν πρέπει επίσης να ελέγχεται κατά τη φάση της απόρριψης. Πρέπει να δοθεί προσοχή για να εξασφαλιστεί ότι τα επικίνδυνα συστατικά και τα τοξικά απόβλητα από το προϊόν δεν θα βρεθούν κοντά σε πηγές πόσιμου νερού ή καλλιεργείες.

### 3. Το πεδίο εφαρμογής του PLM

#### 3.1 Δραστηριότητες στο πεδίο εφαρμογής του PLM

Το PLM είναι μια επιχειρηματική δραστηριότητα υψηλού επιπέδου. Όλες οι δραστηριότητες χαμηλότερου επιπέδου που σχετίζονται με τα προϊόντα μιας εταιρείας εφαρμόζονται στο πλαίσιο του PLM. Η Εικόνα 5 δείχνει μερικές από αυτές τις δραστηριότητες.

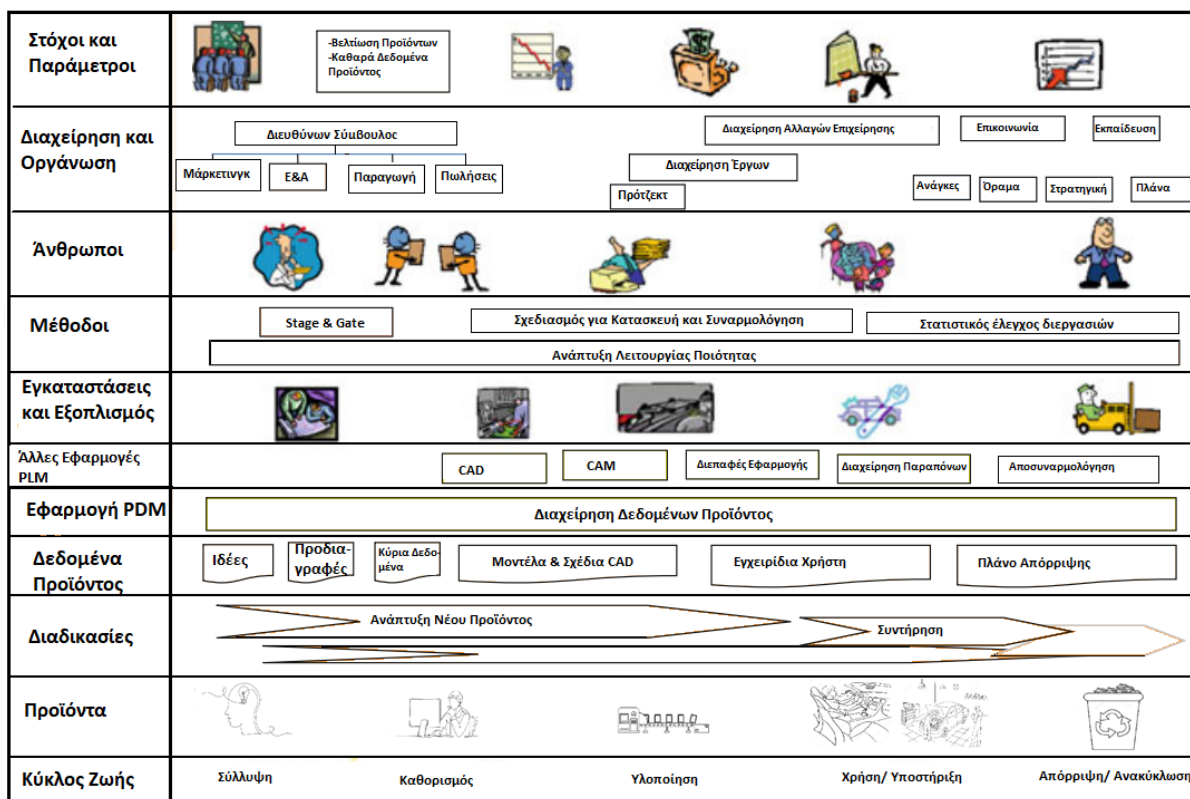
Διαχείριση ενός καλά δομημένου και πολύτιμου χαρτοφυλακίου προϊόντων
Μεγιστοποίηση της οικονομική απόδοση από το χαρτοφυλάκιο προϊόντων
Διαχείριση προϊόντων σε όλο τον κύκλο ζωής
Αποτελεσματική διαχείριση καινοτομίας προϊόντων και έργων ανάπτυξης, υποστήριξης και απόρριψης
Παροχή ελέγχου και ορατότητας των προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής
Διαχείριση ανάδρασης σχετικά με προϊόντα, από πελάτες, προϊόντα, μηχανικούς πεδίου και την αγορά
Αποτελεσματική διαχείριση των απαιτήσεων του προϊόντος
Υλοποίηση της συνεργατικής εργασίας με εταίρους σχεδιασμού και εφοδιαστικής αλυσίδας και με πελάτες
Διαχείριση διαδικασιών που σχετίζονται με το προϊόν, έτσι ώστε να είναι συνεκτικές, συνδυασμένες, αποτελεσματικές και λιτές
Καταγραφή, ασφαλής διαχείριση και διατήρηση της ακεραιότητας των πληροφοριών ορισμού προϊόντος
Παροχή διαθέσιμων πληροφοριών ορισμού προϊόντος όπου χρειάζεται, όταν χρειάζεται
Κατανόηση των ακριβών χαρακτηριστικών, τόσο τεχνικών όσο και οικονομικών, ενός προϊόντος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του

Εικόνα 5. Ορισμένες δραστηριότητες εντός του πεδίου εφαρμογής του PLM

#### 3.2 Το Πλέγμα PLM

Το εύρος του PLM φαίνεται στο πλέγμα PLM (Εικόνα 6), ένα πλέγμα ή πίνακας  $5 \times 10$ . Επί του οριζόντιου άξονα βρίσκονται οι πέντε φάσεις του κύκλου ζωής του προϊόντος. Στον κατακόρυφο άξονα βρίσκονται τα δέκα στοιχεία (δεδομένα, εφαρμογές, δραστηριότητες κ.λπ.) που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά τη διαχείριση ενός προϊόντος σε όλο τον κύκλο ζωής.

Το πλέγμα PLM βοηθά να αναδειχθεί γιατί το περιβάλλον του προϊόντος μπορεί να είναι πολύπλοκο και δύσκολο στη διαχείριση. Το πλαίσιο του περιβάλλοντος είναι ευρύ. Πολλά θέματα αντιμετωπίζονται, που κυμαίνονται από μεθόδους για τον εντοπισμό ιδεών για νέα προϊόντα, έως οργανωτική δομή και εξοπλισμό ανακύκλωσης για το τέλος του κύκλου ζωής. Το πεδίο εφαρμογής είναι ευρύ, αλλά αυτό αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα της διαχείρισης προϊόντων.



Εικόνα 6. Το πλέγμα PLM

### 3.3 Στόχοι και Παράμετροι Αξιολόγησης

Οι στόχοι της εταιρείας για το PLM καθοδηγούν όλες τις PLM δραστηριότητές της. Οι στόχοι του PLM εκφράζουν σε υψηλό επίπεδο αυτό που αναμένεται από το PLM. Το PLM βοηθά στην επίτευξη βελτιώσεων σε πολλούς τομείς, όπως στις οικονομικές αποδόσεις, τη μείωση χρόνου, τη βελτίωση της ποιότητας και των επιχειρήσεων γενικότερα. Οι Παράμετροι Αξιολόγησης, επίσης γνωστές ως Βασικοί Δείκτες Απόδοσης (Key Performance Indicators-KPIs), βοηθούν έναν οργανισμό να θέσει στόχους για τις μελλοντικές του δραστηριότητες και να αξιολογήσουν ποσοτικά την πρόοδο (Εικόνα 7). Στον τομέα των οικονομικών αποδόσεων, για παράδειγμα, πιθανές Παράμετροι Αξιολόγησης και στόχοι θα μπορούσαν να είναι η αύξηση της αξίας του χαρτοφυλακίου προϊόντων κατά 15 %, ή για μείωση του κόστους λόγω ανακλήσεων, αστοχιών και υποχρεώσεων κατά 80%.

Αριθμός νέων προϊόντων ανά έτος	% των πληροφοριών σε ηλεκτρονικά μέσα	Κόστος επανεπεξεργασίας (\$)
Κόστος IS ως % από τις πωλήσεις της εταιρείας	Έσοδα από νέα προϊόντα (% επί του συνόλου)	Αριθμός διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας
Απόδοση των Καινοτομιών	% των καθορισμένων επιχειρηματικών διαδικασιών	Αριθμός πελατών
Αριθμός έργων που ολοκληρώθηκαν ανά έτος	Αξία χαρτοφυλακίου προϊόντων (\$)	Χρόνος εισαγωγής στην αγορά (μήνες)
Αριθμός ελαττωμάτων ανά οικογένεια προϊόντων	Δαπάνη Ε&Α (% των εσόδων)	Επίπεδο επαναχρησιμοποίησης ανταλλακτικών

Εικόνα 7. Παραδείγματα KPIs στο περιβάλλον PLM

### 3.4 Οργάνωση και Διαχείριση

Στο περιβάλλον PLM, υπάρχουν πολλοί πόροι για διαχείριση και μεγάλοι όγκοι πολλών από αυτούς τους πόρους. Και ενώ το ευρύ φάσμα και οι μεγάλοι όγκοι αυξάνουν τη δυσκολία, υπάρχουν πολύπλοκες και μεταβαλλόμενες σχέσεις μεταξύ των προϊόντων, εξαρτημάτων και των πελατών που απαιτούν διαχείριση. Οργανωτικές δομές, στρατηγικές και σχέδια πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή για να καταστούν όλοι οι πόροι και οι δραστηριότητες διαχειρίσιμοι και να ικανοποιούν τους στόχους (Εικόνα 8). Η αποτελεσματική οργάνωση και διαχείριση των πόρων είναι πολύ σημαντική για το PLM. Απλή απόκτηση χρησίων πόρων, όπως εφαρμογές πληροφοριακών συστημάτων (Information Systems-IS) και στελέχη, δεν θα οδηγήσει στην επιτυχία. Μόνο όταν όλοι οι πόροι είναι οργανωμένοι και υπό διαχείριση ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του PLM, μπορούν να επιτευχθούν και οι στόχοι του οργανισμού.

Τμηματική	Επίπεδη	Λειτουργική
Γεωγραφική	Ιεραρχική	Υβριδική
Πίνακα	Έργου	Επικεντρωμένη στο προϊόν
Πυραμίδας	Ομάδας	Εικονική

Εικόνα 7. Παραδείγματα οργάνωσης στο περιβάλλον PLM

### 3.5 Επιχειρησιακές Διεργασίες

Σε κάθε εταιρεία, υπάρχει μεγάλη κινητικότητα που σχετίζεται με το προϊόν καθώς αναπτύσσεται, κατασκευάζεται, υποστηρίζεται και αποσύρεται (Εικόνα 9). Στο περιβάλλον PLM, η δραστηριότητα οργανώνεται σε επιχειρησιακές διαδικασίες. Σε πολλές εταιρείες, μεταξύ του 35 και 55 τοις εκατό των επιχειρησιακών διαδικασιών σχετίζονται με προϊόντα. Πολλές ενέργειες πρέπει να συμβούν ώστε όλα να λειτουργούν σωστά σε σχέση με το προϊόν, ώστε ο τρόπος με τον οποίο οργανώνονται αυτές οι ενέργειες σε διαδικασίες είναι σημαντικός.

Διαχείριση Ιδεών	Ανάπτυξη Νέου Προϊόντος	Διαχείριση Μηχανικών Αλλαγών
Διαχείριση Προγραμμάτων	Διαχείριση Διαμόρφωσης	Διαχείριση Πνευματικής Ιδιοκτησίας
Διαχείριση Κινδύνων Προϊόντος	Διαχείριση Παραπόνων Προϊόντος	Διαχείριση Απαξίωσης Προϊόντος

Εικόνα 8. Παραδείγματα επιχειρησιακών διεργασιών στο περιβάλλον PLM

### 3.6 Ανθρώπινο Κεφάλαιο

Χρειάζονται πολλοί άνθρωποι για να αναπτύξουν και να υποστηρίξουν ένα προϊόν σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του (Εικόνα 10). Κανένα προϊόν δεν μπορεί να κατασκευαστεί ή να υφίσταται διαχείριση χωρίς ανθρώπους. Η εταιρεία θα πρέπει να προσλάβει άτομα υψηλής ειδίκευσης, να τους παρακινήσει και να τους εκπαιδεύσει να εκτελέσουν τα καθήκοντα τους με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, οι άνθρωποι έχουν μεγάλη σημασία. Καθορίζουν τις απαιτήσεις για νέα προϊόντα, αναπτύσσουν προϊόντα τα οποία ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις, παράγουν προϊόντα υψηλής ποιότητας και να τα υποστηρίζουν επί τόπου.

Επιχειρησιακός Αναλυτής	Λογιστής	Υπεύθυνος Ανάπτυξης Σεμιναρίων	Σχεδιαστής
Διαχειριστής Βάσης Δεδομένων	Μηχανικός Πεδίου	Εργαζόμενος στην Αποσυναρμολόγηση	Υπάλληλος Τεκμηρίωσης
Υπεύθυνος Ανάπτυξης Προϊόντων	Υπεύθυνος Προϊόντων	Υπεύθυνος Έργου	Μηχανουργός
Υπεύθυνος Ανακύκλωσης	Συνέταιρος Πωλήσεων	Μηχανικός Υπηρεσιών	Υπεύθυνος Ποιότητας
Αναλυτής Μάρκετινγκ	Μηχανικός Δοκιμών	Προγραμματιστής Λογισμικού	Μηχανικός Επικύρωσης

Εικόνα 9. Παραδείγματα ανθρώπων στο περιβάλλον PLM

### 3.7 Δεδομένα Προϊόντος

Τα δεδομένα προϊόντος ορίζουν και περιγράφουν το προϊόν και το προϊόν είναι η πηγή των εσόδων της εταιρείας. Τα δεδομένα προϊόντος μιας εταιρείας αντιπροσωπεύουν τη συλλογική της τεχνογνωσία (Εικόνα 11). Ως εκ τούτου, είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα, ένας στρατηγικός πόρος και πρέπει να χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν πιο κερδοφόρα. Αν κάτι πάει λάθος με τα δεδομένα προϊόντος, τότε θα υπάρχουν προβλήματα με το προϊόν και θα χαθούν χρηματικοί πόροι. Τα δεδομένα προϊόντος είναι πολύ σημαντικά σε όλο τον κύκλο ζωής προϊόντος και πρέπει να είναι διαθέσιμα, όποτε χρειάζεται, όπου χρειάζεται, σε όποιον τα χρειάζεται.

Η οργάνωση και η διατήρησή τους είναι σημαντικές προκλήσεις. Όποιο κι αν είναι το προϊόν που κατασκευάζεται από μια εταιρεία, ένας τεράστιος όγκος και ποικιλία δεδομένων προϊόντων απαιτείται για την ανάπτυξη, παραγωγή και υποστήριξη του προϊόντος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

Τα δεδομένα προϊόντος απαιτούν και αποτελεσματική διαχείριση. Εάν δεν γίνεται διαχείριση, τότε οτιδήποτε δεν είναι σωστά οργανωμένο και συντηρημένο, δεν θα λειτουργεί όπως απαιτείται. Με τον καιρό, αυτό θα οδηγήσει στο χάος και τη φθορά. Ωστόσο, αυτό πρέπει να αποφευχθεί καθώς το παραμικρό λάθος με τα δεδομένα προϊόντος μπορεί να έχει πολύ σοβαρές συνέπειες για το προϊόν.

Αποτελέσματα Αναλύσεων	Γεωμετρίες CAD	Δεδομένα Κοστολόγησης	Κανονισμοί
Λίστες συστατικών	Απαιτήσεις Πελατών	Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας	Μηχανολογικά Σχέδια
Αρχεία QA	Προδιαγραφές Σχεδιασμού	Λίστες Απόρριψης	Πληροφορίες Ετικετών
Διαγράμματα Ροής	Οδηγίες Ορόφου Καταστήματος	Λειτουργικές Προδιαγραφές	Αναφορές Αστοχιών
Εγχειρίδια Χρήστη	Βιβλιοθήκες Μηχανημάτων	Διαγράμματα Καλωδίωσης	Πληροφορίες Συντήρησης
Προγράμματα NC	Πρότυπα Συσκευασίας	Ταξινομήσεις Ανταλλακτικών	Λίστες Ανταλλακτικών

Εικόνα 10. Παραδείγματα δεδομένων προϊόντος στο περιβάλλον PLM

### 3.8 Προϊόντα

Τα προϊόντα μιας εταιρείας είναι ένας από τους σημαντικότερους πόρους της. Είναι το προϊόν και ίσως κάποιες σχετικές υπηρεσίες, που επιθυμεί ο πελάτης. Το προϊόν είναι η πηγή των εσόδων της εταιρείας. Απαιτούν διαχείριση σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής τους ώστε να εξασφαλιστεί ότι όλα λειτουργούν καλά και ότι εξασφαλίζουν ικανοποιητικά έσοδα για την εταιρεία.

### 3.9 Εφαρμογές του PLM

Ακριβώς όπως υπάρχουν πολλές διαδικασίες και πολλοί τύποι δεδομένων προϊόντων, υπάρχουν επίσης και πολλές εφαρμογές Πληροφοριακών Συστημάτων στο περιβάλλον PLM (Εικόνα 12). Ακόμα και σε μια μεσαίου μεγέθους εταιρεία, μπορεί να υπάρχουν έως και πενήντα διαφορετικές εφαρμογές σε χρήση. Οι εφαρμογές PLM βοηθούν τους ανθρώπους να αναπτύσσουν και να υποστηρίζουν προϊόντα. Χωρίς αυτές τις εφαρμογές, είναι αδύνατο να αναπτυχθούν, να παραχθούν και να υποστηρηχθούν τόσα

πολλά σύνθετα και ακριβά προϊόντα. Οι εφαρμογές PLM επιτρέπουν στους ανθρώπους να επιτύχουν επίπεδα απόδοσης που θα ήταν αδύνατο μόνο με χειρωνακτικά μέσα.

Διαχείριση Απαιτήσεων	Ταχεία Πρωτοτυποποίηση	Ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων	Ανάπτυξη Συνταγών
CAD	Προσομοίωση Εργοστασίου	QFD	Διαχείριση Συμβατότητας
Διαχείριση Ιδεών	Ανάλυσης Διαδρομών Ρομπότ	Διαδικασία Αντιστοίχισης	Διαχείριση Γνώσης
Ανακάλυψη	Προγραμματισμός NC	Διαχείρισης Αισθητήρων	Οπτικοποίηση
Plastic Behavior Analysis	Διαχείριση BoM	Project Management	Συνεργατικότητα
EDA	ERP	Διαχείριση Αρχείων	Ανταλλαγή δεδομένων

Εικόνα 11. Παραδείγματα εφαρμογών PLM

### 3.10 Τεχνολογίες του PLM

Το PLM δεν εμφανίστηκε πλήρως διαμορφωμένο μέσα στα τελευταία χρόνια. Πρόκειται για μια έννοια που απαιτεί πολύπλοκες τεχνολογίες για να μπορέσει να σχηματιστεί. Πήρε υπάχουσες έννοιες και τεχνολογίες και τις συνδύασε για να σχηματιστεί αυτή η νέα ιδέα.

Το PLM είναι περισσότερο από το άθροισμα αυτών των εννοιών και τεχνολογιών που το συνθέτουν. Πρόκειται για τα εξής συστήματα:

- Σχεδίαση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (Computer Aided Design -CAD)
- Διαχείριση Δεδομένων Μηχανικής (Engineering Data Management -EDM)
- Διαχείριση Δεδομένων Προϊόντος (Product Data Management -PDM)
- Καθετοποιημένη Παραγωγή μέσω Υπολογιστή (Computer Integrated Manufacturing -CIM)

#### 3.10.1 Σχεδίαση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (CAD)

Η Σχεδίαση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (CAD) αναφέρεται στις μαθηματικές περιγραφές των φυσικών αναπαραστάσεων προϊόντων. Ένα σύστημα μαθηματικών περιγραφών χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και τη συνεχή αναπαραγωγή σχημάτων είτε στον δισδιάστατο είτε στον τρισδιάστατο χώρο. Αυτά τα συστήματα ξεκίνησαν ως απλά συστήματα σχεδίασης για να βοηθήσουν τον σχεδιαστή να παράγει ταχύτερα και πιο ακριβή σχέδια, και ως εκ τούτου προέκυψε το όνομα σχεδιασμός με τη βοήθεια υπολογιστή. Ωστόσο, τα συστήματα CAD ανέπτυξαν γρήγορα λειτουργικότητα που τα μετακίνησε από το περιφερειακό σύστημα βελτίωσης του σχεδιασμού στο εστιακό σύστημα που επιτρέπει και τον έλεγχο του σχεδιασμού.

Χρησιμοποιώντας γεωμετρικά σχήματα, οι αναπαραστάσεις CAD προσπαθούν να παράσχουν ένα πλήρη ορισμό της φυσικής δομής ενός προϊόντος. Καθώς αυτές οι αναπαραστάσεις είναι πλήρεις προδιαγραφές, διατίθενται για τους ίδιους τύπους μετρήσεων όπως το πραγματικό φυσικό αντικείμενο. Επιπλέον, οι εσωτερικές μετρήσεις μπορούν να υπολογιστούν τόσο εύκολα όσο και οι εξωτερικές μετρήσεις.

Στην πραγματικότητα, αυτές οι αναπαραστάσεις CAD είναι καλύτερες από ένα πραγματικό, φυσικό αντικείμενο επειδή, καθώς βασίζονται σε μαθηματικές προδιαγραφές, οι προδιαγραφές CAD όπως εφαρμόζονται στο σύστημα δεν αποκλίνουν από τις θεωρητικές προδιαγραφές. Μπορούν να αναπτυχθούν προδιαγραφές με όση ακρίβεια έχει σχεδιαστεί στο λογισμικό CAD. Καθε αναπαραγωγή

της αναπαράστασης με βάση τα μαθηματικά θα είναι ακριβώς η ίδια κάθε φορά. Οι μετρήσεις θα είναι επίσης απόλυτα συνεπείς. Η απόσταση μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων μπορεί και θα μετρηθεί ακριβώς στο ίδιο δεκαδικό σημείο κάθε φορά, ανεξάρτητα από το σύστημα υπολογιστή στο οποίο αναπαρίσταται.

Οι εφαρμογές CAD είναι σημαντικά επιτεύγματα της Μηχανικής Λογισμικού. Τα συστήματα CAD λαμβάνουν τους κανόνες των φυσικών δομών, γραμμών, διανυσμάτων, επιφανειών κ.λπ. και προσπαθούν να τα μιμηθούν μέσα στο χώρο μνήμης ενός υπολογιστή. Όντας η πλουσιότερη περιγραφή πληροφοριών προϊόντος, οι αναπαραστάσεις CAD είναι ο πυρήνας του PLM.

Οι αναπαραστάσεις CAD ξεκίνησαν ως δισδιάστατες (2D) αναπαραστάσεις ή ως όψεις πληροφοριών προϊόντος και ήταν κάποτε η αρμοδιότητα εξειδικευμένων συστημάτων υλικού/λογισμικού. Τα συστήματα CAD χειρίζονταν μόνο εξειδικευμένοι σχεδιαστές για να παρέχουν το αποτέλεσμα, συνήθως δισδιάστατα σχέδια στο χαρτί που θα χρησιμοποιούσαν οι μηχανικοί για να καθοδηγήσουν τις αποφάσεις τους σχετικά με τη δομή του προϊόντος. Όπως προκύπτει και από το όνομά τους, οι αναπαραστάσεις CAD αρχικά ήταν μόνο ένα βοήθημα ή συνδρομή προς στους σχεδιαστές και τους μηχανικούς.

Κάποια στιγμή η διαδικασία άλλαξε. Αντί οι σχεδιαστές να παραδίδουν πρόχειρα σχέδια και προδιαγραφές σε ειδικούς του CAD για εισαγωγή και βελτίωση σε ένα σύστημα CAD, οι ίδιοι οι σχεδιαστές άρχισαν να χρησιμοποιούν τον υπολογιστή και να σχεδιάζουν τα μέρη και τα προϊόντα τους απευθείας στο σύστημα CAD, να πειραματίζονται και να βελτιώνουν τα σχέδια καθώς εργάζονταν. Αυτό σηματοδότησε τη μετάβαση από το να είναι το σύστημα «βοηθητικό» στο σχεδιασμό στο να είναι το σύστημα ένα εργαλείο συγγραφής, αν και το όνομα CAD παρέμεινε.

Τα σχέδια που εξάγωνταν από αυτά τα συστήματα CAD έπρεπε γενικά να υλοποιηθούν σε ένα πρωτότυπο ή μια μακέτα — μια τρισδιάστατη (3D) φυσική αναπαράσταση των προδιαγραφών CAD. Εκτός από τα απλούστερα σχέδια, τα απάρτια που αντιπροσωπεύονται από το σχέδιο έπρεπε να κατασκευαστούν φυσικά ώστε να μπορεί να εξεταστεί η προσαρμογή τους και τυχόν παρεμβολές με άλλα απάρτια, η συνοχή ως προς τις διαφορετικές δισδιάστατες όψεις και κατά πόσο είναι εφικτή η κατασκευή τους από τα μέσα παραγωγής του εργοστασίου.

Η αξία σε αυτά τα πρώιμα συστήματα CAD βρισκόταν στο γεγονός ότι αποτελούσαν παραγωγούς συνεπών και ποιοτικών σχεδίων, όπου οι αλλαγές θα μπορούσαν να βασιστούν στις υπάρχουσες προδιαγραφές που αποθηκεύτηκαν στο σύστημα CAD, αντί να πρέπει να ξεκινήσουν όλα με ένα νέο σχέδιο, κάθε φορά που γινόταν αλλαγή στις προδιαγραφές προϊόντος. Ωστόσο, η νοητική εργασία για τη μετάφραση αυτών των σχεδίων σε τρισδιάστατες αναπαραστάσεις λάμβανε χώρα στο μυαλό των σχεδιαστών και των μηχανικών και, μέχρι να μεταφραστεί σε τρισδιάστατο αντικείμενο, ήταν δύσκολο για πολλούς σχεδιαστές —εκτός αν έχουν μεγάλη εμπειρία και ταλέντο— να αποδίδουν τις ίδιες νοητικές αναπαραστάσεις.

Όμως, με τα χρόνια, καθώς το λογισμικό ανέπτυξε περισσότερες δυνατότητες και το τυπικό υλισμικό (hardware) προχώρησε στο σημείο όπου το εξειδικευμένο υλισμικό δεν ήταν πλέον απαραίτητο, αυτά τα συστήματα CAD έφτασαν στο σημείο όπου δεν χρησιμοποιούνταν απλά για τον σχεδιασμό και την



εκτύπωση συνεπών σχεδίων. Οι αναπαραστάσεις CAD μπορούσαν να διανεμηθούν ευρύτερα στον οργανισμό έτσι ώστε οι μηχανικοί να μπορέσουν να αρχίσουν να αντλούν δεδομένα από αυτές για τους δικούς τους σκοπούς.

Ο αντίκτυπος της ικανότητας των συστημάτων CAD να αναπτύσσουν τρισδιάστατες αναπαραστάσεις δεν μπορεί να υποτιμηθεί. Ενώ φαίνεται να είναι μία εξελικτική ανάπτυξη — δύο διαστάσεις συν μία διάσταση κάνουν τρεις διαστάσεις—είναι μια επαναστατική εννοιολογική πρόοδος. Η νοητική απεικόνιση που απαιτείται από σχεδιαστές και μηχανικούς για να «βλέπουν» τρισδιάστατα αντικείμενα από δισδιάστατες αποδόσεις μπορεί πλέον να γίνει από τον υπολογιστή.

Και γίνεται καλύτερα. Αυτό που απαιτούσαν οι δισδιάστατες υλοποιήσεις CAD ήταν ότι οι μακέτες, οι πηλίνες αποδόσεις ή παρόμοια τρισδιάστατα μοντέλα στην πραγματικότητα έπρεπε να κατασκευαστούν για να «δει» ο σχεδιαστής ή ο μηχανικός το σχέδιο για όλα τα αντικείμενα εκτός από τα πιο απλά. Επιπλέον, η λήψη μετρήσεων για να επικυρωθεί ο σχεδιασμός έπρεπε να γίνει με σειρά βημάτων καθώς οι μετρήσεις μετακινούνταν από ένα γεωμετρικό επίπεδο σε ένα άλλο. Οι δισδιάστατες μετρήσεις μπορούσαν να γίνουν αρκετά εύκολα. Οι τρισδιάστατες μετρήσεις ήταν πολύ πιο δύσκολες και επιρρεπείς σε λάθη στη μετατροπή από δύο διαστάσεις σε τρεις.

Μόλις τα σχέδια μπορούσαν να αποδοθούν σε τρεις διαστάσεις, έγινε δυνατή όχι μόνο η παραγωγή δισδιάστατων σχεδίων, αλλά και η δημιουργία μιας εικόνας για το πώς θα είναι το πραγματικό προϊόν. Τα συστήματα CAD μπορούν τώρα να δημιουργούν τρισδιάστατες αναπαραστάσεις φυσικών αντικειμένων, να τα περιστρέφουν μέσα στο χώρο, να τα συνδυάσουν, να εντοπίσουν πού παρεμβάλλονται μεταξύ τους, και να υπολογίσουν τις διαστάσεις τους με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Για να γίνει η αναπαράσταση ενός αντικειμένου που δεν διακρίνεται από το απτό του αντίστοιχο, πρέπει να μπορεί να αποδοθεί στις ίδιες διαστάσεις και οι δύο διαστάσεις δεν αρκούν.

Επιπλέον, η πρόοδος προς τις τρεις διαστάσεις κατέστησε δυνατή τη Μηχανική με τη Βοήθεια Υπολογιστή (Computer Aided Engineering -CAE). Μέσω της CAE μπορούσαν να εξαχθούν δεδομένα από τις βασισμένες σε μαθηματικά περιγραφές για την εκτέλεση άλλων λειτουργιών, όπως την Ανάλυση Πεπερασμένου Στοιχείου (Finite Element Analysis -FEA), η οποία ελέγχει τη δομική ακεραιότητα και απόδοση. Αναπτύχθηκαν προγράμματα οπτικοποίησης που μπορούσαν να επιτρέψουν σε άλλα άτομα πέραν του σχεδιαστή που τρέχει ειδικό λογισμικό CAD να δουν, να χειριστούν χωρικά τα σχέδια, και να κάνουν περιορισμένες τροποποιήσεις των σχεδίων για να πραγματοποιήσουν ανάλυση εφαρμογής και λειτουργίας με συναφή σχέδια.

Μόλις αναπτύσσονται αυτές οι βασισμένες σε μαθηματικά περιγραφές, οι αναπαραστάσεις τους περιορίζονται μόνο από τη διαθέσιμη τεχνολογία παρουσίασης τους. Οι αναπαραστάσεις σε χαρτί, ενώ χρησιμοποιούνται ακόμα, αποτελούν αντικείμενο του παρελθόντος. Οι οθόνες μεγάλης επιφάνειας παρέχουν δυναμικές αναπαραστάσεις των, βασισμένων σε μαθηματικά, προϊόντων. Η General Motors, καθώς και οι περισσότεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων, διαθέτουν ένα "power wall" στο στούντιο σχεδιασμού τους, που επιτρέπει την αναπαράσταση ενός αυτοκινήτου σε φυσικό μέγεθος. Η διαχείριση σχεδιασμού και μηχανικής μπορεί να εξετάσει σε διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας το πραγματικό αυτοκίνητο, το οποίο υπάρχει μόνο ως σύνολο βασισμένων στα μαθηματικά αναπαραστάσεων.

Ενώ τα ιδιωτικά δίκτυα έχουν συνδέσει τα συστήματα CAD εδώ και πολλά χρόνια, η διαθεσιμότητα του Διαδικτύου την τελευταία δεκαετία έχει κάνει την κοινή χρήση αναπαραστάσεων προϊόντων διαθέσιμη σε πολύ ευρύτερη βάση, όχι μόνο εντός ενός οργανισμού αλλά σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Καθώς το εύρος ζώνης συνεχίζει να αυξάνεται, η χρήση και η κοινοποίηση αυτών των δεδομένων επιταχύνεται.

### 3.10.2 Διαχείριση Δεδομένων Μηχανικής (EDM)

Ενώ οι προδιαγραφές CAD είναι η καρδιά του PLM, υπάρχουν και άλλα βασικά στοιχεία δεδομένων και πληροφορίες για το προϊόν που είναι εξίσου σημαντικά. Οι βασισμένες στα μαθηματικά προδιαγραφές περιγράφουν τα προϊόντα από γεωμετρική άποψη, αλλά δεν τα περιγράφουν πλήρως. Οι πληροφορίες που βασίζονται στα μαθηματικά πρέπει να είναι συμπληρωμένες από άλλες πληροφορίες, που ονομάζονται χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά μπορούν να περιγραφούν ως οποιαδήποτε πληροφορία που απαιτείται για την περιγραφή του προϊόντος και περιλαμβάνουν ανοχές, αντοχή σε εφελκυσμό, περιορισμούς βάρους, και απαιτήσεις αγωγιμότητας. Αυτά τα χαρακτηριστικά πρέπει να συνδέονται με τις βασισμένες σε μαθηματικά ή γεωμετρικές πληροφορίες για την πλήρη περιγραφή του προϊόντος.

Επίσης, υπάρχουν και άλλες πληροφορίες εκτός από τις πληροφορίες που περιγράφουν το ίδιο το προϊόν, οι οποίες πρέπει να συσχετιστούν με το προϊόν. Πληροφορίες όπως η διαδικασία κατασκευής του προϊόντος, η μεθοδολογία για την επίστρωση ή τη βαφή του προϊόντος, η μεθοδολογία δοκιμής του προϊόντος, τα όργανα και οι διαδικασίες που απαιτούνται για την εκτέλεση της μεθοδολογίας δοκιμών, και τα αποτελέσματα της διαδικασίας δοκιμής έπρεπε να συσχετιστούν και να υπόκεινται διαχείριση μαζί με το προϊόν και ήταν το επίκεντρο της Διαχείρισης Δεδομένων Μηχανικής (EDM).

Η Διαχείριση Δεδομένων Μηχανικής αναπτύχθηκε από μια κατεύθυνση που ήταν αντίθετη από αυτή των συστημάτων CAD, τα οποία ήταν εξειδικευμένες, ειδικά κατασκευασμένες και ολοκληρωμένες εφαρμογές. Ενώ υπήρχε μια σειρά από εξειδικευμένα προγράμματα για τη συλλογή δεδομένων EDM, την παρακολούθηση και την αναφορά, το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται κυρίως από μηχανικούς ήταν και εξακολουθεί να είναι μια τυπική και κοινή εφαρμογή.

Ωστόσο, αυτή η τυπική εφαρμογή είναι το υπολογιστικό φύλλο της Microsoft, το Excel, που επιτρέπει την οργάνωση δεδομένων σε άπειρη ποικιλία μορφών. Ετσι, ενώ οι μηχανικοί διατηρούν τα μηχανολογικά τους δεδομένα στην ίδια εφαρμογή, η πιθανότητα να είναι στην ίδια μορφή είναι εξαιρετικά μικρή.

Κάθε μηχανικός ή ομάδα μηχανικών ανέπτυξε και κρατούσε τα δικά του δεδομένα μηχανικής συχνά σε διαφορετικές μορφές για διαφορετικά έργα και προγράμματα. Ενώ είχαν γίνει κάποιες προσπάθειες τυποποίησης των μορφών μέσα σε ομάδες, τμήματα, ακόμη και οργανισμούς, στην πραγματικότητα ακόμη και οι τυπικές μορφές είχαν προσαρμοστεί από τους μηχανικούς που χρησιμοποιούν αυτές τις μορφές ατομικά.

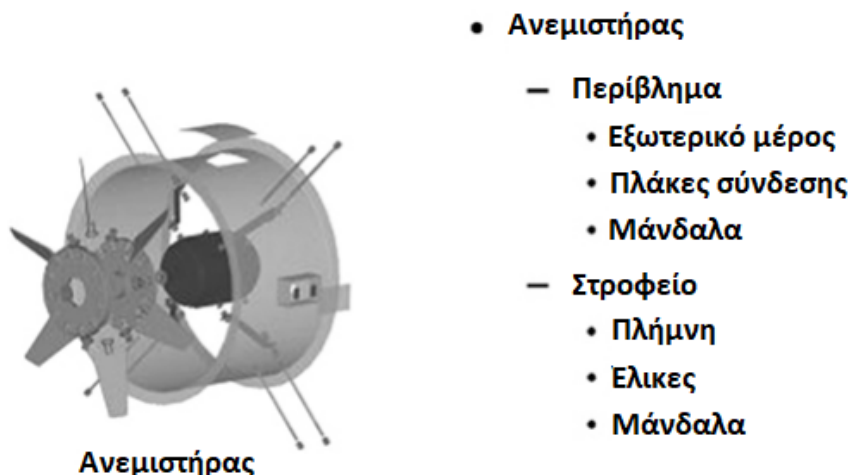
Αν και η προσωπική παραγωγικότητα των μηχανικών αυξήθηκε μέσω της χρήση αυτών των εργαλείων, το επόμενο κύμα παραγωγικότητας -η οργανωτική παραγωγικότητα- συνέχιζε να παρεμποδίζεται από τις ασυνέπειες των διαφόρων προσωπικών εφαρμογών. Η μεγαλύτερη βάση μηχανικών δεδομένων

βρίσκεται σε μια κοινή βάση δεδομένων — Excel. Αλλά παραμένει σχετικά μη διαθέσιμο για χρήση σε επίπεδο οργανισμού. Έτσι, ενώ οι μηχανικοί είχαν εκτενείς πληροφορίες για δεδομένα κόστους, προδιαγραφές προϊόντος και μηχανικές αλλαγές, αυτές οι πληροφορίες χρειαζόταν αναδιοργάνωση για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν σε οργανωτικό πεδίο.

Όσον αφορά τη λειτουργία του, το EDM αποτελείται από τα δεδομένα και τις πληροφορίες που συνοψίζουν, ορίζουν και περιγράφουν το προϊόν. Ενώ η δομή του προϊόντος είναι προφανώς εγγενής στις περιγραφές που βασίζονται στα μαθηματικά, είναι επίσης πολύ πολύπλοκη, αναποτελεσματική και βασίζεται σημαντικά στον υπολογιστή για να επιθεωρηθεί κάθε φορά που υπάρχει πρόβλημα με τη σύνθεση του προϊόντος που πρέπει να αντιμετωπιστεί.

Η απάντηση σε αυτό ήταν να αφαιρεθούν και να αναγνωριστούν διακριτά στοιχεία που αποτελούν τη σύνθεση του προϊόντος. Αυτά τα εντοπισμένα και κατονομασμένα στοιχεία στη συνέχεια, υποκαθιστούν ως αναφορά τις αναπαραστάσεις που βασίζονται στα μαθηματικά. Αυτά τα στοιχεία μπορούν να ταξινομηθούν από τη σχέση τους με άλλα στοιχεία και να απεικονιστούν σε διάγραμμα για να δείξουν τις σχέσεις που τα διέπουν.

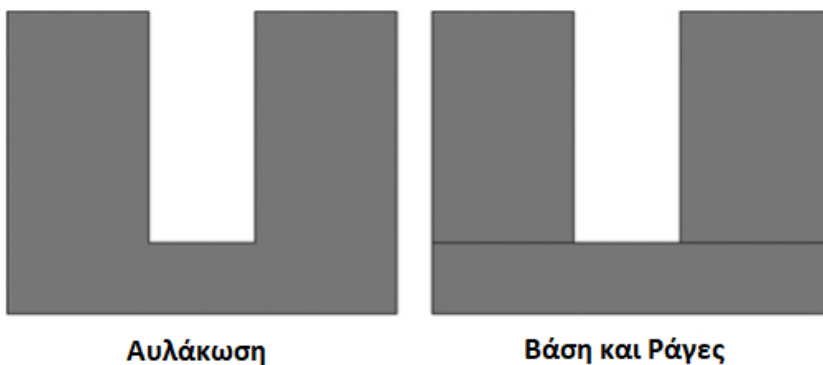
Αυτό είναι ο Κατάλογος Υλικών (Bill of Materials -BOM), ο οποίος δείχνει την ίδια δομή, σύνθεση και σχέση όπως οι βασισμένες στα μαθηματικά αναπαραστάσεις. Αλλά το κάνει με έναν αφηρημένο τρόπο που τα ανθρώπινα όντα, με περιορισμένη ικανότητα επεξεργασίας, μπορούν να χειριστούν. Η Εικόνα 13 δείχνει έναν απλό κατάλογο υλικών για έναν ανεμιστήρα. Το χαμηλότερο επίπεδο είναι ένα στοιχείο, μέρος ή εξάρτημα. Αυτά τα στοιχεία, μέρη ή εξαρτήματα είναι οργανωμένα σε συγκροτήματα-συναρμολογήσεις. Τα συγκροτήματα είναι λογικές ομάδες που εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες και συνήθως μπορεί να κατασκευαστούν, να συναρμολογηθούν και να δοκιμαστούν ως μονάδες. Τα συγκροτήματα συνδυάζονται για να σχηματίσουν προϊόντα.



Εικόνα 12. Κατάλογος Υλικών

Το BoM είναι μια εξαιρετική δομή για την ακριβή περιγραφή του προϊόντος. Πρόσθετες πληροφορίες, όπως χαρακτηριστικά, μπορούν και πρέπει να συσχετιστούν με τα μέρη που απαρτίζουν το προϊόν και δεν προκύπτουν από τις βασισμένες σε μαθηματικά περιγραφές. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν το κόστος, το βάρος, την πηγή, την σύνθεση υλικού και τη διαθεσιμότητα. Συσχετίζοντας αυτές τις πληροφορίες με τα κατονομασμένα μέρη, μπορούν εύκολα να γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί. Απαντήσεις σε ερωτήσεις όπως, «Ποιο είναι το κόστος αυτής της συναρμολόγησης εξαρτημάτων;» ή "Ποιο είναι το βάρος αυτού του προϊόντος;" μπορούν εύκολα να υπολογιστούν.

Ένα ζήτημα που προκύπτει με την αφαίρεση των πληροφοριών δομής από τις βασισμένες σε μαθηματικά αναπαραστάσεις είναι ότι μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μία δομές BoM που μπορούν να αντιστοιχιστούν στη δομή του προϊόντος και να εξακολουθούν να είναι σωστές. Ένα κλασικό παράδειγμα είναι αυτό της Εικόνας 14, το οποίο δείχνει ένα τμήμα που έχει μια αυλάκωση στη μέση. Ένας τρόπος για να κατασκευαστεί αυτό το κομμάτι είναι μέσω της κοπής μιας αυλάκωσης σε ένα συμπαγές μπλοκ. Ένας άλλος τρόπος είναι να προστεθούν δύο ράγες σε μια βάση, αφήνοντας το κέντρο ανοιχτό. Δύο BOM, ένας με ένα μόνο κομμάτι που καθορίζει μια λειτουργία φρεζαρίσματος και ένα με τρία τεμάχια που καθορίζει μια λειτουργία συναρμολόγησης, πληρούν τις απαιτήσεις του προϊόντος που περιγράφεται. Ενώ σε αυτή την περίπτωση το βάρος μπορεί να είναι το ίδιο, το κόστος του όχι μόνο των υλικών αλλά και του απαραίτητου κεφαλαιουχικού εξοπλισμού (Φρέζα στη μία περίπτωση αλλά όχι στην άλλη) θα μπορούσε να διαφέρει σημαντικά.



Εικόνα 13. Ένα σχέδιο, δύο εφαρμογές

Αν αυτό το απλό παράδειγμα έχει δύο συμμορφούμενα BOM, πιο περίπλοκα προϊόντα μπορούν να δημιουργούν πολλές περισσότερες εναλλακτικές. Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στους λειτουργικούς τομείς. Στο παραπάνω παράδειγμα, η μηχανική μπορεί να καθορίσει το εξάρτημα με ένα αυλάκι, αλλά η κατασκευή να το κάνει με βάση και δύο ράγες. Στους περισσότερους οργανισμούς, μπορεί να υπάρχουν τουλάχιστον τρεις σύμμορφοι αλλά ασύμβατοι BOM, ένας για τη μηχανική (EBOM), ένας για την κατασκευή (MBOM) και ένας για το λογιστικό/οικονομικό τμήμα (FinBOM).

### 3.10.3 Διαχείριση Δεδομένων Προϊόντος (PDM)

Οι εφαρμογές PDM αναπτύχθηκαν ως ένας τρόπος οργάνωσης CAD και EDM διαφορετικών μορφότυπων σε βάσεις δεδομένων που είχαν προδομηθεί. Τα συστήματα PDM προέκυψαν ως τρόπος οργάνωσης και καταγραφής του πολλαπλασιασμού των αρχείων CAD που οι οργανισμοί άρχισαν να συσσωρεύουν γρήγορα. Δεν ήταν πλέον εφικτή ή ακόμη και χρήσιμη η αντίληψη της παραγωγής του συστήματος CAD, του πραγματικού σχεδίου, ως τελικό προϊόν. Τα ίδια τα σχέδια CAD ήταν πνευματική ιδιοκτησία και η απόδοσή τους σε χαρτί έγινε μόνο μία από τις πολλές δυνατότητες.

Ωστόσο, ως επί το πλείστον, αυτές οι εφαρμογές PDM ήταν απλά αποθετήρια πληροφοριών που απαιτούσαν από τον χρήστη να αναπτύξει χειροκίνητες διαδικασίες για να κάνουν χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτά. Ενώ μερικά από αυτά τα συστήματα άρχισαν να ενσωματώνουν κάποιες διαδικασίες με τη μορφή ροών εργασιών, η πλειονότητα των συστημάτων ήταν, όπως υποδηλώνει το όνομα, εστιασμένη μόνο στη διαχείριση των δεδομένων προϊόντος.

Ένας πρωταρχικός σκοπός των συστημάτων PDM ήταν να αντικαταστήσουν την εξάρτηση ενός οργανισμού από τα αρχεία χαρτιού και τα μικροφωτοδελτία με τη χρήση ηλεκτρονικών αρχείων. Μέχρι την ανάπτυξη και αξιοποίηση των συστημάτων PDM, οι περισσότεροι οργανισμοί είχαν αποθετήρια που αποτελούνταν από δωμάτια αρχειοθετημένων εγγράφων ή σχέδια μικροφωτοδελτίων. Η χειροκίνητη αποθήκευση, πρόσβαση και συντήρηση αυτών των έντυπων αρχείων ήταν μη αποδοτική και δαπανηρή, ακόμη και αν η απαίτηση για αυτές τις πληροφορίες ήταν εξ ολοκλήρου τοπική. Επιπλέον, μόλις οι πληροφορίες προϊόντος μετακινήθηκαν στον ψηφιακό χώρο, η λειτουργία της κατάθεσης έντυπων εκδόσεων στο κεντρικό αποθετήριο απορρίφθηκε σε ορισμένους οργανισμούς. Το σκεπτικό βρισκόταν στο ότι η ηλεκτρονική έκδοση υπήρχε στον σταθμό CAD ή σε κάποιο αντίγραφο ασφαλείας.

Μόλις προστέθηκε η απαίτηση των γεωγραφικά διασκορπισμένων ομάδων, εσωτερική ή εξωτερική, που χρειάζονται πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες, το κόστος εκτινάχθηκε στα ύψη ενώ η απόδοση έπεσε κατακόρυφα. Το PDM εισήγαγε την ιδέα ότι τα δεδομένα του προϊόντος θα μπορούσαν να οργανωθούν, να διατηρηθούν με ασφάλεια, αποτελεσματικότητα και πρόσβαση σε εγχώρια ψηφιακή μορφή.

Επιπλέον, η εστίαση ήταν στη διαχείριση των δεδομένων προϊόντος μόνο στη λειτουργία σχεδιασμού και μηχανικής. Τα δεδομένα προϊόντος που αφορούσαν το PDM χρησίμευαν μόνο στη μηχανική λειτουργία. Υπήρχε μικρή ή καθόλου εστίαση στη χρήση αυτών των δεδομένων προϊόντος σε άλλους λειτουργικούς τομείς. Άλλος ένας περιορισμός ήταν ότι το PDM στόχευε σε έναν μόνο οργανισμό και μερικές φορές μόνο σε υποσύνολα αυτού του μεμονωμένου οργανισμού. Η χρήση αυτών των πληροφοριών προϊόντος δεν προοριζόταν για την ευρύτερη αλυσίδα εφοδιασμού.

Κάποιοι υποστηρίζουν ότι το PLM είναι απλώς μετονομασία του PDM[1]. Αυτό μπορεί να φαίνεται πως ισχύει όταν εξετάζονται μόνο οι λειτουργίες μηχανικής. Ωστόσο, το PLM είναι ποιοτικά διαφορετική έννοια από το PDM. Ήταν βέβαια, αυτά τα συστήματα PDM που έκαναν το πρώτο βήμα για να αποδειχθεί η σκοπιμότητα και η χρησιμότητα της συγκέντρωσης διαφορετικών τύπων πληροφοριών προϊόντων σε ψηφιακή μορφή. Το PDM ήταν ένα οργανικό πρώτο βήμα και αποτέλεσε τη βάση των συστημάτων PLM που έχουν αντικαταστήσει τις εφαρμογές PDM.

#### 3.10.4 Καθετοποιημένη Παραγωγή μέσω Υπολογιστή (CIM)

Το CIM αναγνωρίστηκε από νωρίς για την δέσμευση ότι οι πληροφορίες μπορούσαν και έπρεπε να διαμοιράζονται σε λειτουργικές περιοχές. Συγκεκριμένα, στοιχεία και πληροφορίες από τη μηχανική θα μπορούσαν να μεταφερθούν και να χρησιμοποιηθούν από τη λειτουργία κατασκευής σε ηλεκτρονική μορφή. Το CIM ενσωματώνει την ιδέα ότι ένα σύστημα υπολογιστή θα μπορούσε να ενσωματώσει τις απαραίτητες λειτουργίες για το σχεδιασμό, τη μηχανική και την κατασκευή ενός προϊόντος.

Αυτό επέκτεινε την ιδέα του CAM, η οποία είχε μια πολύ απλούστερη πρόταση για τη χρήση περιγραφών CAD με βάση τα μαθηματικά για τη δημιουργία προγραμμάτων αριθμητικού ελέγχου (Numerical Control -N/C) τα οποία είναι τα προγράμματα που ελέγχουν τις ενέργειες των αυτοματοποιημένων μηχανών κατασκευής. Στην προχωρημένη τους μορφή, τα δεδομένα CAM θα οδηγούσαν επίσης σε ακολουθίες μηχανών και δρομολογήσεις προϊόντων. Ωστόσο, το CAM υπονοούσε μια αντίληψη για ένα μόνο προϊόν, ενώ το CIM υπονοούσε μια ευρύτερη άποψη όλων των προϊόντων ενός οργανισμού έναντι όλων των εγκαταστάσεις παραγωγής και τους πόρους του οργανισμού.

Και οι δύο αυτές έννοιες είχαν σκοπό να παραβούν το παραδοσιακό φράγμα μεταξύ της μηχανικής και της μεταποίησης. Η παλιά μέθοδος όπου το τμήμα σχεδιασμού και μηχανικής αναπτύσσει το προϊόν και στη συνέχεια το τμήμα παραγωγής έπρεπε να καθορίσει τον τρόπο κατασκευής του προϊόντος, ήταν κατάφωρα αναποτελεσματική. Το τμήμα παραγωγής έπρεπε συνεχώς να αναδημιουργεί πληροφορίες που ήταν άμεσα διαθέσιμες στη φάση του σχεδιασμού και της κατασκευής, αλλά χάθηκαν κατά την αλλαγή του σταδίου. Επιπλέον, τα τμήματα σχεδιασμού και μηχανικής συχνά ανέπτυσαν σχέδια που δεν ήταν δυνατό να παραχθούν. Υπήρχε η προσδοκία ότι οι εφαρμογές CIM θα λαμβάνουν δεδομένα σχεδιασμού και μηχανικής και θα καθοδηγούσαν απευθείας τις μηχανές και τις διαδικασίες παραγωγής στη γραμμή παραγωγής του εργοστασίου.

Η ιδέα πίσω από το CIM ότι η διαλειτουργική χρήση πληροφοριών μπορεί να επιφέρει μείωση της διπλής προσπάθειας και σπατάλης και ότι θα οδηγήσει στην αύξηση της παραγωγικότητας είναι σημαντική πτυχή του PLM. Ωστόσο, αναγνωρίζεται από τους περισσότερους μαθητές αυτού του πεδίου πως το CIM δεν τήρησε ποτέ την υπόσχεσή του. Οι τεχνολογίες υπολογιστών που ήταν διαθέσιμες εκείνη τη στιγμή δεν ανταποκρίνονταν στις απαιτήσεις, επομένως το CIM ήταν μια περιορισμένη εφαρμογή. Επιπλέον, το CIM κατά κάποιο τρόπο ήταν ευρύτερο από το PLM, επειδή περιλάμβανε επίσης τις λειτουργίες του προγραμματισμού των πόρων της επιχείρησης (Enterprise Resource Planning -ERP) και της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού (Supply Chain Management -SCM).

Ενώ το CIM επικεντρώνεται στην κατασκευή, άλλες λειτουργίες όπως η εξυπηρέτηση μετά την αγορά και η απόρριψη μπορούν επίσης να επωφεληθούν από την κοινή χρήση δεδομένων και πληροφοριών σε λειτουργικές περιοχές. Το PLM οραματίστηκαν πολλοί να είναι μια κοινή ιδέα που θα συγκέντρωνε δεδομένα βασισμένα σε μαθηματικά, δεδομένα μηχανικής, και άλλες πληροφορίες σχετικά με το προϊόν και θα τις χρησιμοποιούσε σε άλλους, λειτουργικούς, μη μηχανικούς τομείς, ξεκινώντας από την παραγωγή. Επιπλέον, το PLM έχει περιόρισει το πεδίο εφαρμογής του στις πληροφορίες προϊόντων και συνεργάζεται με –ενώ δεν αντικαθιστά- τα ERP και SCM.

Το PLM ξεκινά με αυτές τις προηγούμενες τεχνολογίες ως κύριες και κάποιες άλλες έννοιες και τεχνολογίες (όπως η συνεργατική μηχανική και διαχείριση έργων χαρτοφυλακίου) ως δευτερεύουσες.

Στη συνέχεια, το PLM επιχειρεί να δημιουργήσει μια σύνθετη και συνεκτική άποψη των πληροφοριών του προϊόντος.

### 3.11 Συνδυασμός των Τεχνολογιών του PLM

Ο συνδυασμός αυτών των διαφορετικών αλλά συμπληρωματικών τεχνολογιών και εννοιών στο PLM οφείλεται στην ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας των υπολογιστών. Συνεχείς αυξήσεις στην υπολογιστική ισχύ, την ικανότητα αποθήκευσης και στο εύρος ζώνης της επικοινωνίας επέτρεψε σε αυτές τις τεχνολογίες να συνεχίσουν να αυξάνονται σε εύρος και λειτουργικότητα, ώστε να μπορέσουν να εξελίσσουν τις ικανότητες τους. Αυτή η ικανότητα θα μπορούσε να συνδυαστεί σε μια πιο ισχυρή τεχνολογία. Αυξήσεις στη δυνατότητα υπολογισμού και αποθήκευσης επέτρεψαν στα σχέδια CAD να εξελιχθούν από εξειδικευμένα, ακριβά συστήματα σχεδιαστών σε συστήματα που μπορούν να λειτουργήσουν σε έναν επιτραπέζιο υπολογιστή οποιουδήποτε σχεδιαστή ή μηχανικού που είτε χρειαζόταν είτε απλώς ήθελε να εξετάσει τις προδιαγραφές προϊόντος.

Στα πρώτα συστήματα CAD, όταν η διεκπεραίωση των επικοινωνιών ήταν περιορισμένη, ήταν δυνατή μόνο η εκτύπωση των σχεδίων CAD και ο φυσικός διαμοιρασμός αυτών των σχεδίων στα άτομα που τα χρειαζόνταν. Η δυνατότητα αποστολής σχεδίων από ένα σύστημα CAD σε ένα άλλο απαιτούσε ακριβή ευρυζωνική επικοινωνία. Η αποστολή των πληροφοριών CAD σε μη CAD συστήματα ήταν σχεδόν αδύνατη. Ο χρόνος επεξεργασίας για τη διάδοση μιας αλλαγής σχεδίου σε ένα περίπλοκο προϊόν αρχικά μπορούσε να διαρκέσει μέρες. Καθώς η τεχνολογία υπολογιστών προχωρούσε, το διάστημα αυτό μειώθηκε σε ώρες και κατόπιν σε λεπτά.

Όταν χρειαζόνταν μέρες, οι αλλαγές σχεδιασμού «στοιβάζονταν». Οι σχεδιαστές σε ένα τομέα δεν γνώριζαν τις αλλαγές που επηρέαζαν την εργασία τους σε έναν άλλο τομέα. Αφού η παρτίδα των αλλαγών υποβαλλόταν σε επεξεργασία, έπρεπε να αναληφθεί η χρονοβόρα και συχνά περιττή διαδικασία διακανονισμού των ασυνεπειών. Με την υπολογιστική ισχύ του σήμερα, οι ενημερώσεις μπορούν να πραγματοποιούνται σε πραγματικό χρόνο και όλοι να γνωρίζουν ότι εργάζονται με την πιο πρόσφατη έκδοση.

Ενώ η σύνταξη του σχεδιασμού του προϊόντος ήταν το αρχικό βήμα στην ανάπτυξη ενός αγωγού που θα παρήγαγε μια ροή από αυτά τα προϊόντα, αυτή έπρεπε να συνδυαστεί με άλλες, μη γεωμετρικές πληροφορίες σχετικές με το προϊόν. Αυτός ο συνδυασμός γεωμετρικών και μη γεωμετρικών πληροφοριών, ο πληροφοριακός πυρήνας, έπρεπε να διατεθεί στις άλλες λειτουργίες που θα σχεδίαζαν, κατασκεύαζαν, υποστήριζαν και τελικά θα απέρριπταν το προκύπτον φυσικό προϊόν. Οι διαφορετικές τεχνολογίες που εστίαζαν σε διαφορετικές πτυχές αυτών των πληροφοριών έπρεπε να συνδυαστούν προκειμένου να παραχθεί αυτός ο πληροφοριακός πυρήνας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από όλες τις λειτουργίες που απαιτούσαν πληροφορίες προϊόντος.

Αυτή η ικανότητα είναι πλέον κοινός τόπος και μπορεί να γίνει συστατικό στοιχείο στην ευρύτερη προοπτική του PLM. Είναι αυτές οι εξελίξεις στην τεχνολογία των υπολογιστών που επιτρέπουν τον συνδυασμό των προσπαθειών σε τεχνολογίες όπως CAD, EDM, PDM, και CIM για την ανάπτυξη της νέας, ολοκληρωμένης προσέγγισης που ονομάζεται πλέον PLM.

### 3.12 Εγκαταστάσεις και Εξοπλισμός

Οι εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός χρησιμοποιούνται σε κάθε φάση του κύκλου ζωής του προϊόντος. Χρειάζονται για να αναπτύξουν το προϊόν, να το παράγουν, να το συντηρήσουν, να το υποστηρίξουν και να το απορρίψουν. Επηρεάζουν την ποιότητα του προϊόντος, το κόστος του και το χρόνο ανάπτυξης και παραγωγής του. Συνολικά, υπάρχουν χιλιάδες διαφορετικά μηχανήματα και εργαλεία διαθέσιμα.

Μία από τις προκλήσεις του PLM είναι να εντοπίσει τις εγκαταστάσεις και τον εξοπλισμό που είναι περισσότερο σχετικές με τις δραστηριότητες στις οποίες η εταιρεία θέλει να επικεντρώσει τις προσπάθειές της.

### 3.13 Άλλες Μέθοδοι και Τεχνικές

Για τη βελτίωση της απόδοσης σε όλο τον κύκλο ζωής όσον αφορά παραμέτρους όπως ο χρόνος ανάπτυξης του προϊόντος, το κόστος προϊόντος, το κόστος υπηρεσίας, το κόστος ανάπτυξης προϊόντος, η ποιότητα προϊόντος και το κόστος αποσυναρμολόγησης, έχουν προταθεί πολλές μέθοδοι και τεχνικές. Παραδείγματα περιλαμβάνουν την Συντρέχουσα Μηχανική (Concurrent Engineering), τον Σχεδιασμό για Συναρμολόγηση (Design for Assembly-DFA), την Πρώιμη Συμμετοχή στην Παραγωγή (Early Manufacturing Involvement (EMI), την Βελτιστοποιημένη Παραγωγή (Lean Production), τον Σχεδιασμό Κύκλου Ζωής (Life Cycle Design-LCD), την Ανοιχτή Καινοτομία (Open Innovation), τα Έξι Σίγμα (Six Sigma) και τη Διαχείριση Ολικής Ποιότητας (Total Quality Management-TQM). Τα οφέλη που αναφέρονται συνήθως για αυτές τις μεθόδους περιλαμβάνουν: μειωμένο χρόνο εισαγωγής στην αγορά (time to market), βελτιωμένη ποιότητα, μειωμένο κόστος, βελτιωμένη υποστήριξη και μειωμένο χρόνο κύκλου.



## 4. Χαρακτηριστικά του PLM (Concepts of PLM)

### 4.1 Επιχειρηματικός Προσανατολισμός

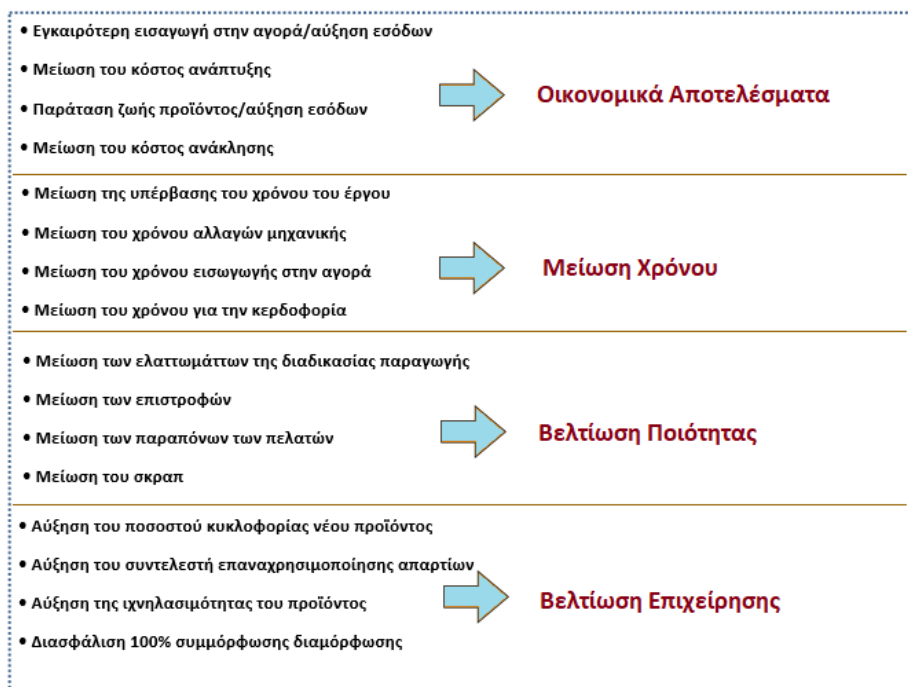
Το PLM είναι μια επιχειρηματική δραστηριότητα. Πραγματοποιείται για την επίτευξη των επιχειρηματικών στόχων της αύξησης έσοδων των προϊόντων, μειώνοντας το κόστος που σχετίζεται με το προϊόν, μεγιστοποιώντας την αξία του χαρτοφυλακίου προϊόντων και μεγιστοποιώντας την αξία των υπάρχοντων και μελλοντικών προϊόντων και για τους μετόχους αλλά και για τους πελάτες.

Εκτός από τους επιχειρηματικούς στόχους που σχετίζονται με τη βελτίωση της οικονομικής απόδοσης, το PLM έχει στόχους που σχετίζονται με τη μείωση του χρόνου και τη βελτίωση της ποιότητας (Εικόνα 15).

Το PLM είναι μια δραστηριότητα που μειώνει κινδύνους που σχετίζονται με το προϊόν για την επιχείρηση (Εικόνα 16).

Με το προηγούμενο πρότυπο, κάθε τμήμα εφαρμόζε τις δικές του μεθόδους και τεχνικές για την υποστήριξη των λειτουργικών δραστηριοτήτων του. Αυτό οδήγησε τις εταιρείες να έχουν ένα ευρύ σύνολο πολλών μεθόδων και προσεγγίσεων. Κάθε μια από αυτές είχε τεχνικούς στόχους (όπως «καλύτερη σχεδίαση»), όχι επιχειρηματικούς στόχους (όπως π.χ «αύξηση εσόδων από προϊόντα»).

Με το προηγούμενο πρότυπο, οι εταιρείες δεν διαχειρίζονταν το προϊόν τόσο αποτελεσματικά όσο θα μπορούσαν, ωστόσο, σε κάποιο βαθμό τα κατάφερναν. Οι Διευθυντές ορισμένων τμημάτων φρόντιζαν για την πώληση των προϊόντων, κερδίζοντας χρήματα για τους μετόχους και δίνοντας τη δυνατότητα στους υπαλλήλους και τους προμηθευτές να πληρώνονται. Και σε άλλα τμήματα, άλλοι διευθυντές φρόντιζαν να αναπτυχθούν και να εισαχθούν στην αγορά νέα προϊόντα.



Εικόνα 14. Επιχειρηματικοί στόχοι του PLM

**Το PLM είναι μια επιχειρηματική δραστηριότητα που αποφεύγει ορισμένους κινδύνους:**

- Ένα προϊόν που δεν συμπεριφέρεται όπως αναμένεται
- Ζημίες λόγω χρήσης προϊόντος
- Βλάβη στην εικόνα της εταιρείας
- Απώλεια πελατών που ανησυχούν για προβλήματα προϊόντων
- Έσοδα που χάθηκαν προς ανταγωνιστές
- Μειωμένα κέρδη λόγω κόστους ανακλήσεων και νομικών υποχρεώσεων
- Διευθυντές προϊόντων που απολύθηκαν
- Παρουσίες της διοίκησης στο δικαστήριο
- Στελέχη που στάλθηκαν στη φυλακή
- Ανακλήσεις προϊόντων
- Προϊόντα που εισήχθησαν καθυστερημένα στην αγορά
- Θάνατοι που σχετίζονται με προϊόντα
- Προϊόντα που δεν πληρούν τις προδιαγραφές
- Αποτυχία έργων ανάπτυξης προϊόντων

Εικόνα 15. Μείωση κινδύνου λόγω PLM

#### 4.2 Επίσημος Καθορισμός

Σύμφωνα με το πρότυπο PLM, ο τρόπος με τον οποίο μια εταιρεία διαχειρίζεται τα προϊόντα της σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους πρέπει να σχεδιάζεται και να καθορίζεται ενεργητικά. Είναι επίσημα τεκμηριωμένος στο Εγχειρίδιο Ποιότητας της εταιρείας. Επιπλέον, οι άνθρωποι εκπαιδεύονται σχετικά με το PLM.

Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, ο τρόπος με τον οποίο οι εταιρείες διαχειρίζονταν τα προϊόντα τους δεν προέκυψε από ένα σαφές, εσκεμμένο, τεκμηριωμένο σχέδιο, αλλά ως συνέπεια του τρόπου με τον οποίο τα διάφορα τμήματα οργάνωσαν τις δραστηριότητές τους. Το ζήτημα του τρόπου με τον οποίο γίνονταν η διαχείριση των προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους δεν αντιμετωπίστηκε αναλυτικά από τη διοίκηση της εταιρείας. Δεν ήταν προγραμματισμένη, ούτε και τεκμηριωμένη. Σε μια τέτοια κατάσταση, συχνά κανείς στην εταιρεία δεν μπορούσε να περιγράψει λεπτομερώς τον τρόπο διαχείρισης των προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους.

#### 4.3 Κύκλος Ζωής

Το Product Lifecycle Management (PLM) είναι η επιχειρησιακή δραστηριότητα της διαχείρισης, με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο, των προϊόντων μιας εταιρείας σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους· από την πρώτη σύλληψη μιας ιδέας για ένα προϊόν μέχρι να αποσυρθεί και να απορριφθεί.

Με το PLM, οι άνθρωποι εκπαιδεύονται να λάβουν υπόψιν το προϊόν σε όλο τον κύκλο ζωής του. Για παράδειγμα, οι μηχανικοί που σχεδιάζουν ένα προϊόν λαμβάνουν υπόψιν τον τρόπο κατασκευής του. Και πώς θα αποσυναρμολογηθεί και θα ανακυκλωθεί. Οι ειδικοί ανακύκλωσης μένουν ενήμεροι για την

περιβαλλοντική νομοθεσία και κρατούν ενήμερους τους μηχανικούς ανάπτυξης. Μαζί, επεξεργάζονται το πώς να σχεδιάσουν προϊόντα που μπορούν να αποσυναρμολογηθούν γρήγορα και πώς να επαναχρησιμοποιήσουν εξαρτήματα σε νέα προϊόντα. Οι άνθρωποι προσπαθούν να προσθέσουν αξία και να δημιουργήσουν έσοδα σε όλο τον κύκλο ζωής. Οι ευκαιρίες περιλαμβάνουν την ανάπτυξη νέων προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον, την παροχή εξατομικευμένων προϊόντων, την παροχή υπηρεσιών για υποστήριξη της χρήσης των προϊόντων, ανακαίνιση υπαρχόντων προϊόντων και λήψη οικονομικών και περιβαλλοντικών ευθύνων για προϊόντα που κατασκευάζονται σε χώρες χαμηλού κόστους παραγωγής. Εμπειρίες από τις λειτουργίες των προϊόντων χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη μελλοντικών προϊόντων. Αναπληροφόρηση σχετικά με τη χρήση μιας γενιάς ενός προϊόντος βοηθά στη βελτίωση των μελλοντικών γενεών. Προϊόντα που έχουν φτάσει στο τέλος της ζωής τους αποσυναρμολογούνται και ορισμένα εξαρτήματα επαναχρησιμοποιούνται για τη δημιουργία νέων προϊόντων.

Πριν από το PLM, οι εταιρείες δεν είχαν μια προσέγγιση που να διαχειρίζεται ένα προϊόν συνεχώς και με συνέπεια σε όλο τον κύκλο ζωής του. Τα τμήματα Μάρκετινγκ, Έρευνας και Ανάπτυξης, Μεταποίησης, Υποστήριξης και άλλα, όπως των Πληροφοριακών Συστημάτων και Ποιότητας, λάμβαναν αποφάσεις που σχετίζονται με προϊόντα ξεχωριστά. Την διαχείριση των προϊόντων αναλάμβανε ένα τμήμα στα αρχικά στάδια του της ζωή τους και κατόπιν, άλλο. Συχνά η εταιρεία δεν έκανε διαχείριση των προϊόντων κατά τη διάρκεια της χρήσης τους και είχε μερική ή ολική απώλεια ελέγχου του προϊόντος. Μερικές φορές ένα τμήμα διαχειριζόταν ξανά το προϊόν όταν επρόκειτο να απορριφθεί, ενώ άλλες φορές αυτό δεν συνέβαινε.

Πριν από το PLM, το λογισμικό εφαρμογών τέθηκε σε εφαρμογή κατά τμήματα. Για παράδειγμα, στο Τμήμα Μηχανικής, χωρίς να ληφθούν υπόψη οι ανάγκες άλλων ατόμων στον κύκλο ζωής, οι μηχανικοί σχεδιασμού θα αγόραζαν νέο λογισμικό (CAD) για ταχύτερο σχεδιασμό προϊόντων. Στο Τμήμα Ανακύκλωσης, οι ειδικοί αντιμετώπιζαν πρόβλημα με τη διαχείριση μεγάλου όγκου των προϊόντων των οποίων ο σχεδιασμός δυσχέραινε την αποσυναρμολόγηση και την ανακύκλωση.

#### 4.4 Ολιστικό Πρότυπο

Το PLM έχει μια ολιστική προσέγγιση στη διαχείριση ενός προϊόντος. Είναι μια επιχειρησιακή δραστηριότητα που αφορά όχι μόνο προϊόντα αλλά και την οργανωτική δομή, τις εργασιακές μεθόδους, τις διαδικασίες, τους ανθρώπους, τις δομές πληροφοριών και τα πληροφοριακά συστήματα. Στο PLM, λαμβάνονται υπόψη όλα τα στοιχεία του Πλέγματος PLM κατά τη διαχείριση του προϊόντος.

Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, υπήρχε μια αποσπασματική προσέγγιση για τη διαχείριση αυτών των εξαρτημάτων. Η διαχείριση τους γινόταν με διαφορετικούς ασύνδετους τρόπους σε διαφορετικές χρονικές στιγμές στον κύκλο ζωής, με διαφορετικές προσεγγίσεις από διαφορετικούς ανθρώπους. Δεν υπήρχε μια γενική άποψη για τον τρόπο διαχείρισής τους.

Και με δραστηριότητες κατανεμημένες μεταξύ διαφορετικών λειτουργικών οργανισμών, κανείς δεν είχε μια ολιστική επισκόπηση του προϊόντος. Τα μέλη της ομάδας ανάπτυξης προϊόντων μπορούσαν να δουν τις λεπτομέρειες του προϊόντος στο πρόγραμμα CAD τους, αλλά δεν είχαν ιδέα αν οι πελάτες χρειάζονταν πραγματικά αυτά τα στοιχεία ή ακόμα και αν αυτά τα προϊόντα πωλούνταν. Εν τω μεταξύ, οι Υπεύθυνοι Προϊόντος (Product Managers) εξέταζαν τα στοιχεία των πωλήσεων, αλλά δεν είχαν πρόσβαση σε

σημαντικές λεπτομέρειες των προϊόντων και των χαρακτηριστικών, επομένως δεν μπορούσαν να αντιληφθούν πώς αυτά σχετίζονται με τα αποτελέσματα πωλήσεων.

Τα στελέχη λάμβαναν εντυπωσιακές αναφορές σε μορφή Word και όμορφες παρουσιάσεις σε PowerPoint, αλλά δεν είχαν πρόσβαση στα υποκείμενα δεδομένα που θα τους βοηθούσαν να λάβουν καλύτερες αποφάσεις. Τα προβλήματα ποιότητας που κοινοποιήθηκαν από τους χρήστες του προϊόντος καταγράφηκαν με συνέπεια σε Βάσεις Δεδομένων Ποιότητας (Quality Databases). Αλλά συχνά, το τμήμα ανάπτυξης νέων προϊόντων δεν μπορούσαν να έχει πρόσβαση σε αυτές τις βάσεις δεδομένων και τα ίδια προβλήματα ενσωματώθηκαν σε νέα προϊόντα.

#### 4.5 Ψηφιακότητα

Το PLM είναι ένα ψηφιακό πρότυπο. Σύμφωνα με το πρότυπο PLM, η διαχείριση των προϊόντων γίνεται σε όλους τους τομείς του κύκλου ζωής με ψηφιακούς υπολογιστές, ψηφιακές πληροφορίες και ψηφιακή επικοινωνία.

Στο προηγούμενο πρότυπο, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν αναλογικούς και μηχανικούς υπολογιστικές συσκευές και έντυπες πληροφορίες και επικοινωνία.

#### 4.6 Συνεκτικό Πρότυπο

Το PLM είναι «συνεκτικό» (Εικόνα 17). Με το PLM, ο οργανισμός διαχειρίζεται το προϊόν με έναν συνεχή, συνεκτικό και λογικό τρόπο σε όλο τον κύκλο ζωής του. Το PLM ενώνει πολλές προηγούμενες διαφορετικές και ανεξάρτητες δραστηριότητες, κλάδους, λειτουργίες και εφαρμογές, καθεμία από τις οποίες, αν και απευθυνόταν στο ίδιο προϊόν, είχε προηγουμένως το δικό της λεξιλόγιο, κανόνες, κουλτούρα και γλώσσα. Όλα τα ζητήματα που σχετίζονται με το προϊόν είναι συγκεντρωμένα στα πλαίσια του PLM και αντιμετωπίζονται μαζί με ενοποιημένο τρόπο.

Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, οι οργανισμοί δεν διαχειρίζονταν τα προϊόντα με ενιαίο τρόπο σε όλο τον κύκλο ζωής τους. Πολλές ενέργειες γίνονταν ξεχωριστά, από διαφορετικά τμήματα σε όλο τον κύκλο ζωής. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη και υποστήριξη προϊόντος πραγματοποιούνταν συχνά σε διαφορετικά μέρη του οργανισμού, παρόλο που απευθυνόταν στα ίδια προϊόντα. Επειδή αντιμετωπίζονταν σε ξεχωριστά τμήματα του οργανισμού, οι δραστηριότητες αυτές πραγματοποιούνταν από διαφορετικές ομάδες ατόμων με διαφορετικούς υπεύθυνους. Κάθε ομάδα δούλευε όπως ήθελε, καθόριζε τα δικά της δεδομένα και δομές εγγράφων και επέλεγε τις δικές της εφαρμογές λογισμικού. Επίσης, κάθε ομάδα έλυνε τα δικά της προβλήματα όσο καλύτερα μπορούσε, προσθέτοντας κάποια δική της εφαρμογή ή κάποιο δικό της έγγραφο στην πορεία. Κάθε ομάδα βελτιστοποιούσε τις δικές της δραστηριότητες, παρόλο που αυτό μπορεί να σημαίνει μείωση της συνολικής αποτελεσματικότητας.

Ανάπτυξη Προϊόντων και	και	Υποστήριξη Προϊόντων
Πρώιμο Στάδιο Προϊόντος	και	Τέλος Ζωής Προϊόντος
CAD, PDM	και	Διαχείριση Χαρτοφυλακίου Έργου
Ανάπτυξη Προϊόντος	και	Διάθεση Προϊόντων
Συναρμολόγηση Προϊόντος	και	Αποσυναρμολόγηση Προϊόντος
Ανάπτυξη Προϊόντος	και	Ευθύνη Προϊόντος
Υπεύθυνοι Ανάπτυξης Προϊόντων	και	Πελάτες
Καθορισμός Προϊόντος	και	Περιβαλλοντικά Ζητήματα
Ανάπτυξη Προϊόντων	και	Βιώσιμη Ανάπτυξη
Καινοτομία Προϊόντων	και	Ώριμα Προϊόντα
Διαχείριση Χαρτοφυλακίου Έργων	και	Διαχείριση Χαρτοφυλακίου Προϊόντων

Εικόνα 16. Το PLM είναι ένα συνεκτικό πρότυπο

#### 4.7 Επικέντρωση στο Προϊόν

Το PLM εστιάζει στο «προϊόν». Ο πελάτης αγοράζει τα προϊόντα της εταιρείας και είναι αυτά που αποτελούν την πηγή των εσόδων μιας εταιρείας. Το PLM απευθύνεται στον πιο καθοριστικό πόρο της εταιρείας, την πηγή του πλούτου της, δηλαδή τα προϊόντα της. Τα προϊόντα καθορίζουν μια εταιρεία. Λίγα στοιχεία σε μια εταιρεία είναι σημαντικότερα από τα προϊόντα της, αλλά και τη διαχείριση της ανάπτυξης και χρήσης τους. Χωρίς αυτά τα προϊόντα, δεν θα υπάρχουν πελάτες και έσοδα (Εικόνα 18).

Με το PLM, οι άνθρωποι εργάζονται από πάνω προς τα κάτω. Ξεκινούν με το να μελετούν το χαρτοφυλάκιο των υπάρχοντων προϊόντων και εκείνων που βρίσκονται υπό ανάπτυξη, στη συνέχεια τις οικογένειες προϊόντων, τις πλατφόρμες και ενότητες, κατόπιν τα προϊόντα και μετά τα εξαρτήματα.

Με το PLM, ο κανόνας είναι «εστίαση στο προϊόν και στον πελάτη». Οι πελάτες αγοράζουν τα προϊόντα που τους ελκύουν. Οι εταιρείες μπορούν να έχουν πλήρεις γνώσεις για τους πελάτες τους και τι απόψεις έχουν οι πελάτες, αλλά δεν θα πραγματοποιήσουν πώληση χωρίς ένα ανταγωνιστικό προϊόν.

Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, οι άνθρωποι σκέφτονταν από κάτω προς τα πάνω, ξεκινώντας από τα απάρτια και καταλήγοντας στην κατασκευή του προϊόντος. Αφού ανέπτυσαν τα εξαρτήματα, μπορούσε να διαπιστωθεί ότι δεν εφάρμοζαν στα συγκροτήματα. Έτσι επανασχεδιάζονταν. Κατόπιν, τα συγκροτήματα επανασχεδιάζονταν για να εφαρμόσουν μεταξύ τους. Οι εταιρείες ανέπτυξαν ορισμένα εξαρτήματα σε ένα σύστημα CAD στη συνέχεια διαπίστωναν, ότι λόγω διαφορών στις αναπαραστάσεις δεδομένων CAD δεν ταίριαζαν με εξαρτήματα που είχαν αναπτυχθεί σε άλλα συστήματα CAD. Οι μηχανικοί ανέπτυξαν το λογισμικό μεταφοράς δεδομένων για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Έτσι έχασαν χρόνο σε επίπεδο λεπτομεριών λογισμικού, αντί να εστιάσουν στο προϊόν.

Το προϊόν είναι σημαντικό
Οι πελάτες αγοράζουν προϊόντα
Τα εταιρικά έσοδα προκύπτουν από τις πωλήσεις προϊόντων
Χωρίς προϊόντα, δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν πωλήσεις
Η εστίαση στο προϊόν και η εστίαση στον πελάτη

Εικόνα 17. Η σημασία του προϊόντος

## 5. Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντος (Collaborative Product Development)

Η Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντων ή cPD εκκινεί την πρώτη φάση του κύκλου ζωής του προϊόντος. Ωστόσο, τα προϊόντα δεν προκύπτουν από μηδενική βάση. Ακόμη και προϊόντα σε καινούριες κατηγορίες προϊόντων βασίζονται σε παλαιότερες κατηγορίες προϊόντων, ενώ ακόμη και ολόκληρα μέρη τους μπορεί να είναι δανισμένα από τέτοιες κατηγορίες προϊόντων. Το αυτοκίνητο ήταν μια «άμαξα χωρίς άλογα». Οι αδερφοί Ράιτ ήταν μηχανικοί ποδηλάτων και η επαναστατική ιπτάμενη μηχανή τους χρησιμοποίησε ορισμένα εξαρτήματα με βάση τα ποδήλατα και άλλα υπάρχοντα προϊόντα. Το φωτοαντιγραφικό μηχάνημα Xerox είχε εξαρτήματα βασισμένα στους υφιστάμενους πολύγραφους. Στις περισσότερες διαδικασίες ανάπτυξης προϊόντων, τα νέα προϊόντα βασίζονται σε ορισμένες πτυχές ή/και συστατικά προϊόντων που έχουν ήδη αναπτύχθει, δοκιμαστεί και χρησιμοποιηθεί. Από αυτή την άποψη, ακόμη και τα πιο νέα προϊόντα είναι συνεργατικά.

Η ανάπτυξη προϊόντων οδηγείται από μία από τις δύο λογικές: ανάπτυξη οδηγούμενη από τον πελάτη ή ανάπτυξη οδηγούμενη από την καινοτομία. Στην οδηγούμενη από τον πελάτη ανάπτυξη, ένας πελάτης καθορίζει σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό τις απαιτήσεις, τη λειτουργικότητα, τη γεωμετρία, τις προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Αυτό επιτρέπει ένα ευρύ φάσμα πιθανών δραστηριοτήτων για τον δημιουργό προϊόντος.

Στο ένα άκρο του φάσματος βρίσκεται ο υπερβολάβος. Αυτός λαμβάνει πλήρως καθορισμένη γεωμετρία προϊόντος, προδιαγραφές (ενδεχομένως συμπεριλαμβανομένων των προδιαγραφών διεργασίας) και των χαρακτηριστικών. Ο υπερβολάβος είναι υπεύθυνος για τη μετατροπή αυτών των στοιχείων σε προϊόντα. Στο άλλο άκρο του φάσματος, ο πελάτης απλώς δίνει στον υπεύθυνο ανάπτυξης του προϊόντος τις απαιτήσεις. Στη συνέχεια, ο υπεύθυνος ανάπτυξης του προϊόντος αναλαμβάνει τη μετατροπή αυτών των απαιτήσεων σε γεωμετρικά στοιχεία, προδιαγραφές και χαρακτηριστικά. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη ολόκληρων υποσυστημάτων, όπου ο υπεύθυνος ανάπτυξης προϊόντος γίνεται πελάτης των προμηθευτών του.

Η οδηγούμενη από την καινοτομία ανάπτυξη είναι απλώς μια επέκταση της οδηγούμενης από τον πελάτη ανάπτυξης. Σε αυτή την περίπτωση, ο υπεύθυνος ανάπτυξης καινοτόμου προϊόντος επίσης αναπτύσσει τις απαιτήσεις. Ο υπεύθυνος ανάπτυξης καινοτόμου προϊόντος κάνει την ενίοτε επικίνδυνη υπόθεση ότι οι απαιτήσεις που σχεδιάζει θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις κάποιου συνόλου πιθανών πελατών. Σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται νέα ή πρωτότυπη τεχνολογία, μπορεί ο υπεύθυνος ανάπτυξης προϊόντος να εκπλαγεί ευχάριστα από το γεγονός ότι η δεξαμενή δυνητικών πελατών επεκτείνεται σημαντικά καθώς η τεχνολογία αυξάνει τη λειτουργικότητά της.

Τόσο στις περιπτώσεις οδηγούμενης από τον πελάτη ανάπτυξης όσο και σε αυτές της οδηγούμενης από την επιχειρηματικότητα ανάπτυξης, το κοινό θέμα είναι ότι υπάρχει συνεργασία μεταξύ πελάτη και υπεύθυνου ανάπτυξης προϊόντος γύρω από μια κοινή κατανόηση των απαιτήσεων του προϊόντος. Αυτή η συνεργασία προϋποθέτει οι απαιτήσεις να ερμηνεύονται σε μια ενιαία αναπαράσταση. Αυτή η μεμονωμένη αναπαράσταση πρέπει να μπορεί να μετατραπεί σε ένα ή περισσότερα φυσικά προϊόντα.

Με βάση αυτή την άποψη για την ανάπτυξη προϊόντων, η Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντων (cPD) ορίζεται ως εξής:

Η Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντων, ένα αρχικό στάδιο του PLM, είναι μια προσέγγιση για τη σύλληψη, την οργάνωση, τον συντονισμό και/ή τον έλεγχο όλων των πτυχών των πληροφοριών ανάπτυξης προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών απαιτήσεων, της γεωμετρίας, των προδιαγραφών, των χαρακτηριστικών και των διαδικασιών παραγωγής προκειμένου να παρέχει μια κοινή οπτική καθώς μεταφράζονται οι απαιτήσεις προϊόντος σε ένα απτό προϊόν και να δημιουργήσει ένα αποθετήριο πληροφοριών προϊόντων που θα χρησιμοποιηθούν καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος.

Ως αρχή του κύκλου ζωής του προϊόντος, η Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντων ξεκινά με τη δημιουργία του Πυρήνα Πληροφοριών στο Μοντέλο PLM. Μια κοινή οπτική, που συνεπάγεται μοναδικότητα πληροφοριών, συνοχή μεταξύ διαφορετικών οπτικών και ιχνηλασιμότητα του σχεδιασμού του προϊόντος, επιτρέπει τη συνεργατική πτυχή της ανάπτυξης προϊόντων.

Η Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντων, ως μέρος του PLM, συγκεντρώνει και οργανώνει τις πληροφορίες σχετικά με το προϊόν καθώς οι απαιτήσεις μετατρέπονται σε ένα υλοποιήσιμο, φυσικό προϊόν. Η πληροφορία που συλλέγεται και οργανώνεται δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο κατά τη διάρκεια της φάσης ανάπτυξης του προϊόντος, αλλά εφόσον συλλεγεί και να οργανωθεί, μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες φάσεις του κύκλου ζωής του προϊόντος, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής, της χρήσης και της απόρριψης.

Ως μέρος του PLM, το cPD συντονίζει και/ή ελέγχει ουσιαστικά αυτές τις πληροφορίες κατά τη φάση της ανάπτυξης, ώστε οι υπεύθυνοι ανάπτυξης προϊόντων να μπορούν να «ανταλλάζουν» αυτές τις πληροφορίες για τον χαμένο χρόνο, την ενέργεια και το υλικό που διαφορετικά θα μπορούσαν να ξοδέψουν δουλεύοντας σε παλιές εκδόσεις, συμβιβάζοντας μη συμβατές οπτικές προϊόντων ή αναδημιουργώντας πληροφορίες προϊόντος που ήδη υπάρχουν. Δημιουργώντας ένα αποθετήριο πληροφοριών, οι πληροφορίες προϊόντος γίνονται ένα περιουσιακό στοιχείο του οργανισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για τον κύκλο ζωής του τρέχοντος προϊόντος αλλά και στην ανάπτυξη νέων και διαφορετικών προϊόντων.

Αν και τα εργαλεία συγγραφής ή CAD είναι μια σημαντική πτυχή αυτής της φάσης του PLM, η Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντων αποτελείται από περισσότερα στοιχεία. Η Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντων ως προσέγγιση απαιτεί ανθρώπους, διαδικασίες και πρακτικές, καθώς και τεχνολογίες όπως εργαλεία συγγραφής, διαχείριση ροής εργασιών και μηχανές αναζήτησης.

### 5.1 Αντιστοίχιση Προδιαγραφών στις Απαιτήσεις (Mapping Requirements to Specifications)

Μία από τις πιο χρήσιμες λειτουργίες που η Συνεργατική Ανάπτυξη Προϊόντων μπορεί να εκτελέσει είναι η ανάπτυξη και η αντιστοίχιση των προδιαγραφών του προϊόντος στις απαιτήσεις του. Όπως σημειώθηκε παραπάνω, οι απαιτήσεις του προϊόντος είναι αυτές που κατευθύνουν τη γεωμετρία, τις προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά του. Ως απαιτήσεις θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν:

- Οι χρόνοι μετάβασης μεταξύ συμβατικής και κάθετης ώσης και το ανάποδο για ένα μαχητικό τζετ με δυνατότητες σύντομης απογείωσης και προσγείωσης (STOL) πρέπει να επιτυγχάνονται με συνέπεια σε ένα με τρία δευτερόλεπτα.
- Ο βηματοδότης πρέπει να μιμείται τον φυσικό ρυθμό της καρδιάς προσαρμόζοντας το ρυθμό ανάλογα με το επίπεδο δραστηριότητας ενός ατόμου.

- Η απόσταση ακινητοποίησης του αυτοκινήτου που διανύει 100 χιλιόμετρα /ώρα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 40 μέτρα σε στεγνό οδόστρωμα.

Ωστόσο, από τη στιγμή που αυτές οι απαιτήσεις μεταφραστούν σε προδιαγραφές και οι προδιαγραφές τροποποιηθούν κατά τις διαδικασίες σχεδιασμού, η σύνδεση μεταξύ απαιτήσεων και προδιαγραφών μπορεί να χαθεί. Η εστίαση μετατοπίζεται στις προδιαγραφές και, εάν δεν διατηρούνται οι συνδέσεις, οι μηχανικοί σχεδιασμού χάνουν την ικανότητά τους να διακρίνουν ποιες προδιαγραφές έχουν βαθμούς ελευθερίας και είναι μεταβλητές και ποιες προδιαγραφές είναι αμετάβλητες προκειμένου να πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

Καθώς η φάση ανάπτυξης του προϊόντος προχωρά, δεν είναι ασυνήθιστο να εμφανιστεί «υφέρπουσα διεύρυνση λειτουργιών». Η υφέρπουσα διεύρυνση λειτουργιών εμφανίζεται καθώς ο σχεδιασμός του προϊόντος παίρνει μορφή. Συμβαίνει ανεξάρτητα από το αν η ανάπτυξη είναι οδηγούμενη από τον πελάτη ή την καινοτομία. Σε υφέρπουσα διεύρυνση λειτουργιών οδηγούμενη από τον πελάτη, ο πελάτης αποφασίζει ότι χρειάζεται ή θέλει πρόσθετη λειτουργικότητα καθώς αποκτά καλύτερη κατανόηση του προϊόντος.

Η μόνη άμυνα έναντι της οδηγούμενης από τον πελάτη υφέρπουσας διεύρυνσης λειτουργιών είναι η καλή πληροφόρηση. Στο πνεύμα της εξυπηρέτησης πελατών, οι υπεύθυνοι ανάπτυξης προϊόντων συμφωνούν μερικές φορές σε απλά αιτήματα χωρίς να σκέφτουν. Ωστόσο, κάποιες φορές αυτά τα απλά αιτήματα αποδεικνύονται σύνθετα, αφού επηρεάζουν ορισμένους άλλους περιορισμούς λειτουργικότητας. Χωρίς πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες, οι υπεύθυνοι ανάπτυξης προϊόντων μπορούν να αναλάβουν δαπανηρή και χρονοβόρα επιπλέον εργασία. Ενώ μπορεί να μην είναι δυνατό να αρνηθεί κανείς αιτήματα οδηγούμενα από τους πελάτες, έχοντας στη διάθεση τους τις σωστές πληροφορίες, οι υπεύθυνοι ανάπτυξης προϊόντων μπορούν τουλάχιστον να κατανοούν τις πλήρεις συνέπειες και να τιμολογούν ανάλογα τα αιτήματα.

Η οδηγούμενη από την καινοτομία υφέρπουσα διεύρυνση λειτουργιών είναι μερικές φορές πιο δόλια. Υπάρχουν γενικά δύο πηγές αυτής της υφέρπουσας διεύρυνσης λειτουργιών. Η πρώτη είναι όταν οι ίδιοι οι υπεύθυνοι ανάπτυξης προϊόντων υπερεκτιμούν τις δικές τους δυνατότητες. Έχουν τη λειτουργικότητα A, αλλά με κάποιο έξυπνο σχεδιασμό μπορούν να προσθέσουν και τη λειτουργικότητα B. Έτσι προστίθεται η λειτουργικότητα B είτε οι πελάτες μπορούν να τη χρησιμοποιήσουν είτε όχι.

Η δεύτερη πηγή οδηγούμενης από την καινοτομία υφέρπουσας διεύρυνσης λειτουργιών είναι οι ομάδες πωλήσεων και μάρκετινγκ. Παρόλο που έχουν ολοκληρώσει την αρχική λειτουργικότητα, αλλάζουν γνώμη θεωρώντας ότι τα πράγματα έχουν αλλάξει και πως αν δεν προστεθεί κάποια πρόσθετη λειτουργικότητα, δεν θα είναι διαθέσιμο ένα προϊόν που θα αγοράσουν οι καταναλωτές. Αυτή είναι μια δύσκολη κατάσταση για την οργανωτική ηγεσία. Δεν γνωρίζει αν αυτό είναι η πραγματικότητα ή εάν αυτός είναι ο τρόπος ανάπτυξης από την ομάδα πωλήσεων και μάρκετινγκ μιας *a priori* δικαιολογίας για τη μη επίτευξη των στόχων πωλήσεων της. Η κατανόηση του κόστους και των επιπτώσεων για να μπορέσει να ληφθεί μια τεκμηριωμένη απόφαση είναι πολύ σχετική με το cPD και το PLM.

Ανεξάρτητα από το πού προκύπτει το αίτημα για προσθήκη πρόσθετης λειτουργικότητας, οι πληροφορίες που συλλέγει και οργανώνει το cPD απαιτούνται για να γίνουν κατανοήτες οι πλήρεις



συνέπειες της προσθήκης πρόσθετης λειτουργικότητας. Η δημιουργία και διατήρηση των δεσμών μεταξύ απαιτήσεων και προδιαγραφών είναι ζωτικής σημασίας κατά την προσθήκη μιας νέας λειτουργικότητας με τις επακόλουθες προδιαγραφές. Η προσθήκη μιας ίντσας μεταξόνιου για να αυξηθεί η ευρυχωρία ενός αυτοκινήτου προσθέτει βάρος και επηρεάζει το μέγεθος των φρένων που απαιτούνται για να σταματήσει το αυτοκίνητο στην απαιτούμενη απόσταση. Η προσθήκη ενός βαρύτερου, πιο ισχυρού πυραύλου στο ωφέλιμο φορτίο όπλων ενός αεριοθούμενου μαχητικού αλλάζει την ποσότητα της ώθησης του κινητήρα που απαιτείται για την επιτάχυνση του αεροπλάνου σε μια απαιτούμενη ταχύτητα, σε έναν απαιτούμενο χρόνο.

Είναι σημαντικό να υπάρχει μία πηγή ή μοναδικότητα πληροφοριών και μια συνέπεια μεταξύ των οπτικών. Οποιαδήποτε αλλαγή στις προδιαγραφές που αντιστοιχίζονται στη λειτουργικότητα πρέπει να εξεταστεί και να συμβιβαστεί. Το cPD, με την εστίαση του στη αντιστοίχιση των απαιτήσεων με τις προδιαγραφές, απαιτείται για να αποφευχθεί η ανάγκη συμβιβασμού λειτουργικών ανταλλαγών κατά τη διάρκεια της φάσης ανάπτυξης όπου είναι πολύ πιο δαπανηρή η αντιμετώπισή τους.

## 5.2 Αρίθμηση Εξαρτημάτων (Part Numbering)

Η αρίθμηση εξαρτημάτων φαίνεται να είναι μια απλή πτυχή της ανάπτυξης προϊόντος που δεν σχετίζεται με το PLM, αλλά δεν είναι αυτή η πραγματικότητα. Η αρίθμηση εξαρτημάτων είναι ένα βασικό ζήτημα στη σύνοψη πληροφοριών προϊόντος προκειμένου να απλοποιηθεί ο χειρισμός αυτών των πληροφοριών. Αναθέτοντας έναν αριθμό εξαρτήματος και αντιστοιχίζοντας τον σε ένα συγκεκριμένο και μοναδικό σύνολο προδιαγραφών γίνεται προσπάθεια για την απλοποίηση της επεξεργασίας και της κοινοποίησης πληροφοριών σε όλη την οργάνωση.

Χρησιμοποιώντας έναν αριθμό εξαρτήματος, εξαλείφεται η ανάγκη για μετάδοση όλων των προδιαγραφών και χαρακτηριστικών του προϊόντος. Καταργείται επίσης η ανάγκη για τον παραλήπτη να εξετάζει προσεκτικά αυτές τις προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά για να κατανοήσει ποιό συγκεκριμένο προϊόν από την ομάδα των πιθανών προϊόντων αντιστοιχίζεται.

Αυτό λειτουργεί καλά όταν υπάρχει περιορισμένος αριθμός προϊόντων, όταν τα προϊόντα είναι απλά και όταν όλοι όσοι εργάζονται με το προϊόν έχουν ακριβώς τις ίδιες προδιαγραφές και χαρακτηριστικά στην κατοχή τους. Αυτή η κατάσταση ισοδυναμεί με τη μοναδικότητα της πληροφορίας. Ωστόσο, ο αριθμός των προϊόντων συνεχίζει να πολλαπλασιάζεται, η πολυπλοκότητά τους αυξάνεται ραγδαία και με την αυξανόμενη κλίμακα και την παγκοσμιοποίηση, είναι δύσκολο αν όχι αδύνατο να υπάρξει μια κοινή κατανόηση χωρίς τη βοήθεια της τεχνολογίας, των προδιαγραφών και χαρακτηριστικών για διαφορετικές ομάδες.

Το αποτέλεσμα είναι συχνά ότι ένας αριθμός εξαρτήματος έχει παρόμοιες αλλά όχι ίδιες προδιαγραφές και χαρακτηριστικά. Αυτή η διαφορά, έστω και φαινομενικά μικρή, μπορεί να προκαλέσει μεγάλη σπατάλη χρόνου, ενέργειας και υλικού γιατί αυτή η διαφορά απαιτεί συμβιβασμό και επανόρθωση όταν ανακαλυφθεί.

Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα της έλλειψης κοινής κατανόησης των προδιαγραφών και χαρακτηριστικών είναι να περιοριστεί το εύρος τους. Ως αποτέλεσμα, το τμήμα μηχανικής έχει τη δική του αρίθμηση εξαρτημάτων, το τμήμα κατασκευής το ίδιο και το τμήμα υποστήριξης αναπτύσσει ένα νέο

σύνολο αρίθμησης εξαρτημάτων για τη δική του χρήση. Κάθε λειτουργικός τομέας αναπτύσσει τις προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά που πρέπει να αντιμετωπίσει η λειτουργία του. Αυτή η λύση μπορεί να λύσει ή τουλάχιστον να μειώσει το πρόβλημα μέσα στις ατομικές λειτουργικές περιοχές. Ωστόσο, τα αποτελέσματα είναι ξεκάθαρα η απομόνωση των πληροφοριών προϊόντος και η δυσκολία διοχέτευσης αυτών των πληροφοριών από μία λειτουργία σε μια άλλη.

Μια άλλη λύση σε αυτό το πρόβλημα της αυξανόμενης έλλειψης κοινής κατανόησης των προδιαγραφών και των χαρακτηριστικών είναι να επεκταθεί η αρίθμηση εξαρτημάτων. Όταν υπάρχει αμφιβολία για το αν όλοι μοιράζονται μια τέτοια κοινή κατανόηση, αρκεί απλώς να δοθεί ένας νέος αριθμός εξαρτήματος. Η επέκταση της αρίθμησης εξαρτημάτων φέρνει το δικό της σύνολο προβλημάτων και νέες πηγές σπατάλης χρόνου, ενέργειας και υλικού. Υπάρχει το κόστος και η σύγχυση της συντήρησης πληροφοριών για προϊόντα που είναι ίδια εκτός από τους αριθμούς εξαρτημάτων τους.

Αλλά η σημαντική σπατάλη του πολλαπλασιασμού των αριθμών εξαρτημάτων εμφανίζεται καθώς εξελίσσεται ο κύκλος ζωής του προϊόντος. Μπορεί να υπάρχει και συνήθως υπάρχει, σημαντική σπατάλη κόστους για τον εντοπισμό και την απόκτηση υλικού, την αποθήκευση αποθεμάτων και την αποθήκευση εξαρτημάτων για το διπλότυπο προϊόν. Η δημιουργία ξεχωριστού αριθμού εξαρτήματος δημιουργεί μια ανεξάρτητη διαδρομή διπλών δαπανών που είναι περιττές και πηγές σπατάλης.

Αυτό που επιφέρει το PLM στο πρόβλημα είναι η ικανότητά του να επιβάλλει τη μοναδικότητα των πληροφοριών. Αν υπάρχει μοναδικότητα πληροφοριών οι οποίες είναι προσβάσιμες σε όλους, στη συνέχεια ένας αριθμός εξαρτήματος αντιστοιχίζεται σε ένα συγκεκριμένο σύνολο προδιαγραφών και χαρακτηριστικών. Εάν δύο μέρη απαιτούν διαφορετικές προδιαγραφές, τότε αναγκάζονται να επιλύσουν αμέσως τις διαφορές τους, είτε με συμβιβασμό σε μια κοινή προδιαγραφή είτε με τη δημιουργία ενός νέου αριθμού εξαρτήματος.

Το PLM δεν θα σταματήσει εγγενώς τον πολλαπλασιασμό των πανομοιότυπων προδιαγραφών και χαρακτηριστικών με διαφορετικούς αριθμούς ανταλλακτικών. Ωστόσο, οι ωφέλιμες διαδικασίες που απαιτούν, μεταξύ άλλων, αναζήτηση για εξεύρεση εξαρτημάτων που πληρούν τις προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά θα πρέπει να ελαχιστοποιούν τις επαναλήψεις αριθμών με την ενθάρρυνση της επαναχρησιμοποίησης του εξαρτήματος. Επίσης, η τεχνολογία αυτή μπορεί να συγκρίνει νέα εξαρτήματα με αυτά στο τρέχον αποθετήριο εξαρτημάτων για τον εντοπισμό και την απόρριψη των διπλότυπων.

Οι «έξυπνοι αριθμοί εξαρτημάτων» είναι μια προσπάθεια κωδικοποίησης πληροφοριών σχετικά με τα χαρακτηριστικά προϊόντος στον αριθμό εξαρτήματος. Οι έξυπνοι αριθμοί εξαρτημάτων εμπεριέχουν στη δομή τους πληροφορίες που προσδιορίζουν διαφορετικές πτυχές του εξαρτήματος. Έτσι, για παράδειγμα, τα τρία πρώτα ψηφία του αριθμού εξαρτήματος μπορεί να αναφέρονται στην οικογένεια προϊόντων από την οποία προέρχεται το εξάρτημα. Τα επόμενα τρία ψηφία μπορεί να αναφέρονται στον αριθμό μοντέλου και τα επόμενα δύο ψηφία ενδέχεται να αναφέρονται στην αναθεώρηση.

Οι έξυπνοι αριθμοί εξαρτημάτων προορίζονται να επιτρέψουν την ταχεία κατηγοριοποίηση των εξαρτημάτων ή των προϊόντων στα οποία είναι προσαρτημένοι. Προσπαθούν να επιτρέψουν την ανάκληση πληροφοριών που μπορούν να αποθηκευθούν στην μνήμη του ατόμου για να μπορέσει να κάνει απλές εκτιμήσεις και να λάβει αποφάσεις, όπως τι χρώμα είναι, ποιός τομέας κατασκευής είναι

υπεύθυνος για αυτό, ποιος πωλητής το προμηθεύει, κ.λπ. Αυτό έχει σαν σκοπό να εξοικονομήσει χρόνο που θα χρειαζόταν για να αποκτηθούν φυσικά αυτές τις πληροφορίες από μια εξωτερική πηγή, όπως ένα βιβλίο, το ντουλάπι αρχείων κ.λπ.

Οι έξυπνοι αριθμοί εξαρτημάτων είναι η δεύτερη καλύτερη λύση στην απαίτηση για πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με το προϊόν ή το εξάρτημα κατέχοντας μόνο τον αριθμό εξαρτήματος. Η πραγματικότητα είναι ότι οι έξυπνοι αριθμοί εξαρτημάτων έγιναν σχετικά ξεπερασμένοι γρήγορα γιατί οι αριθμοί εξαρτημάτων σπάνια είναι αρκετά μεγάλοι για να χωρέσουν όλες τις διάφορες παραλλαγές που αναπτύσσονται στο προϊόν. Επιπλέον, διαφορετικές λειτουργίες χρησιμοποιούν διαφορετικές πτυχές ενός έξυπνου αριθμού εξαρτήματος, ανάλογα με το ενδιαφέρον τους για κατηγοριοποίηση. Ως αποτέλεσμα αυτού, οι έξυπνοι αριθμοί εξαρτημάτων ενδέχεται να αλλάζουν σε λειτουργικές περιοχές, οδηγώντας σε σύγχυση καθώς τα άτομα κάνουν προσδιορισμούς σχετικά με τον αριθμό εξαρτήματος με βάση τη λειτουργική τους περιοχή, όπως π.χ μηχανικής ή κατασκευής.

Αυτό που επιτρέπει ο πυρήνας πληροφοριών της Διαχείρισης Κύκλου Ζωής Προϊόντων να συμβεί εδώ είναι ότι ο αριθμός εξαρτήματος δεν έχει νόημα από μόνος του, αλλά απλώς λειτουργεί ως δείκτης στις πάντα προσβάσιμες πληροφορίες προϊόντος. Η επίπτωση της έξυπνης αρίθμησης εξαρτημάτων είναι ότι οι υποκειμένες πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό εξαρτήματος ή τον αριθμό προϊόντος θα ήταν δύσκολο να βρεθούν ή απαιτούν αρκετό χρόνο στην αναζήτηση και ανάκτηση τους. Εάν οι πληροφορίες είναι άμεσα διαθέσιμες ανά πάσα στιγμή και οπουδήποτε και προσβάσιμες από τον αριθμό εξαρτήματος, κατόπιν η πρόσβαση στον πυρήνα πληροφοριών θα δώσει σε οποιονδήποτε όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται, χωρίς να χρειάζεται να βασιστεί στους κωδικούς του έξυπνου αριθμού ανταλλακτικού.

Με την εφαρμογή του PLM, η έξυπνη αρίθμηση εξαρτημάτων αντικαθίσταται γενικά από διαδοχική αρίθμηση εξαρτημάτων (sequential part numbers). Οι χρήστες του αριθμού εξαρτήματος βασίζονται στην ικανότητά τους να ανακτούν εύκολα τις αντιστοιχισμένες προδιαγραφές ή χαρακτηριστικά και να αποκτούν πολύ περισσότερες πληροφορίες σε σχέση αυτές που θα ήταν διαθέσιμες με την έξυπνη αρίθμηση εξαρτημάτων.

### 5.3 Engineering Vaulting

Το Engineering Vaulting (vault: θησαυροφυλάκιο) είναι συχνά ένα αρχικό πρότζεκτ του PLM επειδή είναι τόσο προφανές και απαραίτητο στους οργανισμούς. Απλώς προσδιορίζοντας και ενοποιώντας όλες τις τεχνικές προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά σε ένα αποθετήριο δημιουργείται ένα τεράστιο όφελος για οργανισμούς που δεν διαθέτουν τέτοιο κεντρικό αποθετήριο. Η άνοδος των συστημάτων CAD επέτρεψε την αντιγραφή και διάδοση πληροφοριών για το προϊόν, ανεξάρτητα από το αν υπήρχε ή όχι μια διαδικασία για τον έλεγχο τους. Ενώ αυτό αύξησε τη χρηστικότητα και την προσβασιμότητα αυτών των πληροφοριών προϊόντος, ο τομέας της συγκέντρωσης πληροφοριών στα αποθετήρια σχεδίασης διαβρώθηκε σημαντικά.

Δεδομένου ότι αυτά τα δεδομένα CAD που βασίζονται σε μαθηματικά ήταν διαθέσιμα κάπου εντός του οργανισμού και σε πολλές περιπτώσεις σε πολλά διαφορετικά σημεία εντός του οργανισμού, η εκλαμβανόμενη ανάγκη να συγκεντρωθούν τα σχέδια υποβαθμίστηκε. Ωστόσο, αυτή η ταχεία εξάπλωση διπλότυπων και συχνά ασυνεπών πληροφοριών για το προϊόν δημιούργησε από μόνη της ουσιαστικά

προβλήματα και αναποτελεσματικότητα. Ο κόσμος άρχισε να δουλεύει πάνω σε διαφορετικές εκδόσεις αυτού που πίστευαν ότι ήταν οι ίδιες πληροφορίες προϊόντος, με αποτέλεσμα να πρέπει να συμβιβάσουν ή να ξανακάνουν τη δουλειά τους όταν ανακάλυπταν την ασυνέπεια.

Ωστόσο, δεν αρκεί απλώς να αποθηκευθούν οι πληροφορίες του προϊόντος. Τη στιγμή της αποθήκευσής τους, οι πληροφορίες του προϊόντος πρέπει να κατηγοριοποιηθούν έτσι ώστε να μπορούν να ανακτηθούν. Κάποιου είδους κατηγοριοποίηση, ιδιαίτερα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, μπορεί να ενσωματωθεί στη διαδικασία σχεδιασμού. Καθώς το λογισμικό εφαρμογής CAD εξελίσσεται, ορισμένα από αυτά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μπορούν να προσδιοριστούν και να αυτοκατηγοριοποιηθούν από το λογισμικό. Στοιχεία όπως εσωτερικές και εξωτερικές διάμετροι είναι παραδείγματα τέτοιων χαρακτηριστικών. Το λογισμικό μπορεί ακόμη και να αναγνωρίσει και κατηγοριοποιήσει απλά μέρη, όπως μπουλόνια, βίδες και συνδετήρες.

Άλλα, πιο πολύπλοκα μέρη απαιτούν ανθρώπινη κατηγοριοποίηση. Τέτοια κατηγοριοποίηση συχνά εξαρτάται από την πρακτική που έχει καθιερωθεί εντός του οργανισμού και όχι με απόλυτα ή αντικειμενικά κριτήρια. Το ίδιο απάρτιο μπορεί να κατηγοριοποιηθεί διαφορετικά σε διαφορετικούς οργανισμούς ανάλογα με τη χρήση τους και τις προηγούμενες πρακτικές τους. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα αποτελεσματικό αποθετήριο, το κλειδί για την κατηγοριοποίηση είναι η συνέπεια. Αν οι οργανισμοί μπορούν να δημιουργήσουν αποθετήρια όπου μπορούν να κατηγοριοποιήσουν με συνέπεια τα απάρτια ή τα προϊόντα και στη συνέχεια να τα ανακτούν με συνέπεια κατόπιν ζήτησης, αυτοί οι οργανισμοί μπορούν να δημιουργήσουν ένα πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο το οποίο μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να απαλλαγούν από σπατάλη χρόνου, ενέργειας και υλικού.

#### 5.4 Επαναχρησιμοποίηση Προϊόντος (Product Reuse)

Μόλις πραγματοποιηθεί το Engineering Vaulting, τότε μπορούν να πραγματοποιηθούν και άλλες χρήσεις αυτών των πληροφοριών. Η χρήση που ενδιαφέρει τους περισσότερους οργανισμούς για την cPD είναι η ικανότητα επαναχρησιμοποίησης αυτού του προϊόντος. Σε κάποιους οργανισμούς, η εύκολη απάντηση σε μια λειτουργική απαίτηση για ένα εξάρτημα είναι απλώς να επανασχεδιαστεί ξανά. Με τις πληροφορίες να είναι δύσκολο να βρεθούν και την κατηγοριοποίηση ανύπαρκτη, οι μηχανικοί θεωρούν ότι ο επανασχεδιασμός του εξαρτήματος λύνει το πρόβλημα της διεξαγωγής μιας επί τούτου ακριβής αναζήτησης για ένα προϊόν που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Αυτό που θέλουν να πετύχουν οι οργανισμοί είναι να μεγιστοποιήσουν τη χρήση και να ελαχιστοποιήσουν την αντιγραφή εξαρτημάτων που έχουν ήδη σχεδιαστεί. Η αντιγραφή και η πλήθυνση απαρτίων σε ολόκληρο τον οργανισμό είναι πιθανώς η πιο δαπανηρή πηγή αναποτελεσματικότητας σε έναν οργανισμό. Όχι μόνο απαιτείται σχεδιασμός των νέων εξαρτημάτων, αλλά όπως τα ίδια εξαρτήματα με διπλότυπη αρίθμηση απαρτίου, στη συνέχεια απαιτείται να βρεθεί πηγή προμήθειας, να απογραφούν, να παρακολουθηθούν και να συντηρηθούν κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Η σύμπτυξη πολλαπλών διπλότυπων εξαρτημάτων σε ένα μόνο εξάρτημα είναι μια σημαντική πηγή εξοικονόμησης πόρων για τους περισσότερους οργανισμούς.

Η ιδέα πίσω από την επαναχρησιμοποίηση εξαρτημάτων είναι ότι οι μηχανικοί, όταν έρχονται αντιμέτωποι με μια απαίτηση λειτουργικότητας, θα πραγματοποιήσουν πρώτα αναζήτηση μέσω του συστήματος απόθεσης εξαρτημάτων για να προσδιορίσουν εάν ένα εξάρτημα που μπορεί να εκπληρώσει

αυτή τη λειτουργία υπάρχει ήδη. Για απλά μέρη όπως μπουλόνια και συνδετήρες, αυτό θα είναι μια σχετικά απλή διαδικασία. Παρόλο που, ακόμη και σε μια τέτοια περίπτωση, θα χρειαστεί να εξεταστεί όχι μόνο η λειτουργική απαίτηση για τον συγκεκριμένο σκοπό που το προϊόν έχει σχεδιαστεί, αλλά και η γεωγραφική γειτονιά για παρόμοια μέρη που μπορούν να είναι συμβατά.

Έτσι, για παράδειγμα, εάν υπάρχει απαίτηση για ένα μπουλόνι ενός συγκεκριμένου μήκους και ενός συγκεκριμένου μεγέθους, δεδομένων των απαιτήσεων τοποθέτησης, ο μηχανικός μπορεί να δημιουργήσει μια προδιαγραφή. Ωστόσο, εάν υπάρχουν άλλα μπουλόνια στην περιοχή που έχουν ελαφρώς διαφορετικές προδιαγραφές, γεννάται το ερώτημα αν μπορεί να αλλάξει η λειτουργική απαίτηση έτσι ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί το ίδιο μπουλόνι στην ίδια γεωγραφική περιοχή, με αποτέλεσμα η επισκευή και αντικατάσταση να είναι πολύ πιο απλή.

Δυστυχώς, σήμερα βρίσκουμε καταστάσεις όπου υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί συνδετήρες στην ίδια περιοχή και όπου είναι όλοι διαφορετικοί. Δεν υπάρχει λόγος για τον οποίο δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας κοινός συνδετήρας, κάτι που θα απλοποιούσε την επισκευής και αντικατάσταση για το διάστημα που το προϊόν χρησιμοποιείται.

Ενώ η επαναχρησιμοποίηση απλών και κοινών εξαρτημάτων είναι απλή, η επαναχρησιμοποίηση πιο περίπλοκων εξαρτημάτων, απαρτίων και υποσυστημάτων χρειάζεται επιπλέον προσοχή. Αυτά τα στοιχεία επαναχρησιμοποίησης αποτελούν συχνά μέρος ενός αλληλένδετου συστήματος και έτσι έχουν σχεδιαστεί στο ίδιο πλαίσιο. Δεν αρκεί απλώς η λήψη αυτών των σχεδίων και η εισαγωγή τους σε ένα νέο προϊόν. Ειδικά όπου αυτά τα σχέδια έχουν εισροές ή εκροές που σχετίζονται με την ασφάλεια, οι μηχανικοί που προτίθενται να επαναχρησιμοποιήσουν αυτά τα σχέδια πρέπει να έχουν πλήρη κατανόηση όλων των αλληλεπιδράσεων και των πιθανών καταστάσεων που μπορεί να πάρει αυτός ο σχεδιασμός. Αυτό γίνεται για να εξασφαλιστεί ότι το σχέδιο έχει όλες τις εισροές που χρειάζεται και ότι όλες οι εκροές που παράγει λογιστικοποιούνται και διεκπεραιώνονται. Όπου έχουν αναπτυχθεί άτυπες πρακτικές που έχουν περιοριστεί σε μια τοπική ομάδα, η παγκοσμιοποίηση του εγχειρήματος του σχεδιασμού θα απαιτήσει να συλλογούν και να διατηρηθούν αυτές οι πρακτικές μαζί με τις πληροφορίες του προϊόντος. Η κατοχή της γεωμετρίας του σχεδίου δεν θα είναι επαρκής.

### 5.5 Έξυπνα Απάρτια και Απάρτια Έναρξης (Start and Smart Parts)

Στενά συνδεδεμένα με την επαναχρησιμοποίηση εξαρτημάτων είναι τα έξυπνα απάρτια και τα απάρτια έναρξης. Αυτά είναι ένας PLM μηχανισμός δημιουργίας ενός κεφαλαίου για τον οργανισμό συλλαμβάνοντας τις μορφές και τους κανόνες που χρησιμοποιούνται σε απάρτια των προϊόντων του οργανισμού. Τα απάρτια έναρξης είναι πρωτότυπες μορφές των δομικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία νέων προϊόντων. Οι συνδετήρες, τα γρανάζια και τα περιβλήματα είναι μερικά παραδείγματα απαρτίων έναρξης.

Τα απάρτια έναρξης είναι συμπληρωματικά με τα επαναχρησιμοποιήσιμα απάρτια. Εάν το απάρτιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σύνολό του, τότε η επαναχρησιμοποίηση απαρτίων είναι εξαιρετικά αποδοτική. Ωστόσο, εάν το απάρτιο δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί στο σύνολό του, αλλά πρέπει να τροποποιηθεί, οι απαραίτητες τροποποιήσεις για την επαναφορά του απαρτίου σε μια μορφή που μπορεί να ενσωματωθεί στο νέο απάρτιο μπορεί να είναι πολύ χρονοβόρα.

Τα απάρτια έναρξης έχουν σχεδιαστεί για αυτόν τον σκοπό. Ως πρωτότυπες μορφές, έχουν τα βασικά γεωμετρικά σχήματα και χαρακτηριστικά που κάθε απάρτιο σε αυτή τη κατηγορία πρέπει να έχει. Με βάση αυτό το απάρτιο έναρξης, οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί μπορούν στη συνέχεια να προσθέσουν τη συγκεκριμένη μορφή και τις χαρακτηριστικές αλλαγές που χρειάζονται για την κάλυψη των λειτουργικών απαιτήσεων που απαιτούνται για την παραγωγή του νέου σχεδίου.

Επιπλέον, τα απάρτια έναρξης χρησιμεύουν ως υποδείγματα για σχεδιαστές και μηχανικούς που μπορεί να είναι νέοι στον οργανισμό ή που μπορεί να μην είναι εξοικειωμένοι με τη συγκεκριμένη κατηγορία απαρτίων. Αντί να προσπαθούν να απορροφήσουν ένα λεπτομερές εγχειρίδιο προτύπων σχετικά με το απάρτιο στην εν λόγω κατηγορία, μπορούν να εξετάσουν το ίδιο το πρωτότυπο απάρτιο. Αυτό δείχνει τα στοιχεία του απαρτίου οπτικά και σε πλαίσιο. Είναι πολύ πιο αποτελεσματικό από τη μελέτη ενός εγχειριδίου προτύπων και την προσπάθεια κατανόησης όλων των σχετικών σχέσεων.

Τα έξυπνα απάρτια είναι επίσης συμπληρωματικά της επαναχρησιμοποίησης απαρτίων. Τα έξυπνα απάρτια είναι απάρτια που δεν είναι μόνο πλήρως εγκεκριμένα και λειτουργικά, αλλά έχουν και κανόνες τροποποίησης που είναι ενσωματωμένοι σε αυτά. Όταν το απάρτιο πρέπει να μετατραπεί για μια διαφορετική χρήση, ενσωματώνονται οι πληροφορίες για το πως μετατρέπεται. Σαν απλό παράδειγμα, εάν ένα μπουλόνι που έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίξει ένα συγκεκριμένο βάρος χρειάζεται να είναι μακρύτερο, θα αυξήσει και τη διατομή του για να διατηρήσει την ίδια κατηγορία υποστήριξης βάρους.

Η General Electric έχει χρησιμοποιήσει έξυπνα απάρτια σε πολύ πιο περίπλοκα εξαρτήματα, όπως αυτά που ενσωματώνονται στους κινητήρες αεριωθούμενων. Πολύ περίπλοκοι κανόνες για τη μεταφορά θερμότητας, την αντοχή σε εφελκυσμό και την ελάχιστη και μέγιστη διάμετρο ακροφυσίου είναι ενσωματωμένοι στα έξυπνα απάρτια τους. Εάν γίνει προσπάθεια τροποποίησης, το έξυπνο απάρτιο ελέγχει τους κανόνες του για να διασφαλίσει ότι η νέα διαμόρφωση συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις σχεδιασμού.

Τα απάρτια έναρξης και τα έξυπνα απάρτια είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα Λιτής Σκέψης (Lean Thinking). Οι πληροφορίες που συλλέγονται και ενσωματώνονται στα απάρτια έναρξης και τα έξυπνα απάρτια περικλύπτουν σπατάλη χρόνου, ενέργειας και υλικού. Οι πληροφορίες από τους καλύτερους σχεδιαστές και μηχανικούς του οργανισμού μπορούν να συλλεχθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν πολλές φορές.

## 5.6 Διαχείριση Αλλαγών Μηχανικής (Engineering Change Management)

Η διαχείριση των αλλαγών μηχανικής είναι ένα από τα πιο επίμαχα ζητήματα στο εσωτερικό των περισσότερων οργανισμών. Ενώ οι «καλύτερες» πρακτικές πάγωναν το σχέδιο νωρίς στον κύκλο ανάπτυξης, η πραγματικότητα είναι ότι οι περισσότεροι οργανισμοί δεν έχουν την πολυτέλεια να το κάνουν. Εάν οι απαιτήσεις αλλαγής προέρχονται από τους πελάτες, τότε δεν έχουν επιλογή από το να κάνουν τις αλλαγές. Ωστόσο, ακόμα κι αν αυτό δεν συμβαίνει, υπάρχουν γενικά πρόσθετες πληροφορίες που αποκτούνται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του προϊόντος οι οποίες απαιτούν να γίνουν αλλαγές. Υποθέσεις σχετικά με την προκύπτουσα λειτουργικότητα ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού σχεδιασμού είναι αποδεδειγμένα ελαττωματικές ή μη βέλτιστες. Επομένως, οι περισσότεροι οργανισμοί πρέπει να διαθέτουν ένα σύστημα διαχείρισης αλλαγών προκειμένου να εφαρμόσουν τις αλλαγές στον οργανισμό σχεδιασμού τους σωστά και αποτελεσματικά.

Ωστόσο, αυτό δεν είναι απλώς ένα ζήτημα της μηχανικής. Καθώς συμβαίνουν μηχανικές αλλαγές, υπάρχουν επιπτώσεις τόσο για την αγορά όσο και για την κατασκευή και εξυπηρέτηση καθώς η λειτουργικότητα και οι προδιαγραφές του προϊόντος αλλάζουν. Καθώς αυτές οι αλλαγές συμβαίνουν αργότερα στον κύκλο κυκλοφορίας του προϊόντος, η σημασία της κατανόησης των αλλαγών που συμβαίνουν, για αυτές της άλλες λειτουργίες αυξάνεται δραματικά.

Το θέμα με μια σειρά από οργανισμούς, ακόμη και όταν έχουν εξαιρετική διαχείριση των αλλαγών στο πλαίσιο της μηχανικής, είναι ότι οι πληροφορίες σχετικά με αυτές τις αλλαγές δεν μεταφέρεται στις άλλες λειτουργικές περιοχές με έναν ολοκληρωμένο ή έγκαιρο τρόπο. Σε αρκετούς οργανισμούς, αυτές οι πληροφορίες συγκεντρώνονται και μεταφέρονται μόνο σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, δηλαδή χάνεται πολύτιμος χρόνος σε άλλους λειτουργικούς τομείς, όπως στις αγορές, την παραγωγή ή την εξυπηρέτηση, για να αντιδράσουν ή ακόμα και να έχουν αντίληψη των αλλαγών που συμβαίνουν.

Η προσέγγιση Διαχείρισης Κύκλου Ζωής Προϊόντος που συνδέει όλες αυτές τις λειτουργικές περιοχές σε ένα κοινό αποθετήριο πληροφοριών απαιτείται για την αποτελεσματική και αποδοτική επεξεργασία αιτημάτων αλλαγών μηχανικής. Ειδικά για εκείνους τους οργανισμούς όπου οι αλλαγές συμβαίνουν αργότερα στον κύκλο ανάπτυξης, η απαίτηση να έχουν αντίληψη αυτών των απαιτήσεων αλλαγής το συντομότερο είναι γνωστό ότι είναι υψίστης σημασίας. Αυτό συμβαίνει ώστε να μην χάνουν χρόνο, ενέργεια ή υλικό δουλεύοντας πάνω σε παλαιότερες εκδόσεις που θα χρειαστεί να ανανεωθούν.

### 5.7 Αίθουσα Συνεργασίας (Collaboration Room)

Καθώς η τάση προς την παγκοσμιοποίηση συνεχίζει να επιταχύνεται, η ανάγκη για αποτελεσματικά μέσα συνεργασίας συνεχίζει να γίνονται όλο και πιο σημαντική. Καθώς οι οργανισμοί υιοθετούν το Design Anywhere, Build Anywhere και Service Anywhere (DABASA), θα χρειαστεί να δημιουργήσουν το αντίστοιχο της αίθουσας συνεργασίας έργου στον εικονικό χώρο. Κάτω από τη φιλοσοφία του cPD, έχει ήδη δημιουργηθεί ο σχεδιασμός προϊόντος με βάση τα μαθηματικά στον εικονικό χώρο. Αυτές οι πληροφορίες είναι θεωρητικά παγκοσμίως διαθέσιμες μέσω του Διαδικτύου. Αυτό που χρειάζεται είναι να δημιουργηθεί ένα παράθυρο από τον πραγματικό κόσμο στον εικονικό κόσμο και τα εργαλεία για τον χειρισμό των πληροφοριών προϊόντος που βασίζονται σε μαθηματικά.

Οι αίθουσες συνεργασίας προορίζονται να κάνουν ακριβώς αυτό. Είναι επίσης ένας τρόπος διασφάλισης της μοναδικότητας των πληροφοριών - βασικό χαρακτηριστικό του PLM. Ενώ τα ψηφιακά αντίγραφα μπορούν να «ελεγχθούν» για ανεξάρτητη εργασία, η κοινή κατανόηση είναι ότι τα σχέδια στην αίθουσα συνεργασίας είναι η έκδοση ελέγχου. Οι απαιτήσεις για την αίθουσα συνεργασίας είναι να παρουσιάζει οπτικά το προϊόν ταυτόχρονα σε όλους τους συμμετέχοντες, να περιέχει έναν πίνακα έργου που παραθέτει τα βήματα, την κατάσταση και την ευθύνη του βήματος ανάπτυξης, και να αποτυπώνει τις αλλαγές στο προϊόν καθώς προχωρά η ανάπτυξη.

Καθώς η πρόταση να συγκεντρωθεί η ομάδα ανάπτυξης σε μια φυσική θέση στο πλαίσιο της παγκόσμιας αναπτυξιακής στρατηγικής που αξιοποιείται σήμερα από όλους τους μεγάλους κατασκευαστές είναι δαπανηρή και χρονοβόρα, η αίθουσα συνεργασίας πρέπει να παρέχει αυτή τη δυνατότητα. Ενώ η ασύγχρονη πρόσβαση -το ισοδύναμο διάφορων συμμετεχόντων που μπαίνουν και βγαίνουν από την άδεια αίθουσα έργου για να εργαστούν πάνω στο προϊόν- έχει ρόλο στην ανάπτυξη του προϊόντος, η συγκέντρωση ολόκληρης της ομάδας ανάπτυξης για να εργαστεί σε μια κοινή ιδέα του προϊόντος και μια

κοινή κατανόηση των εργασιών και των θεμάτων που εμπλέκονται στη δημιουργία του, είναι κρίσιμη για την αποτελεσματική πρακτική της ανάπτυξης προϊόντων. Επιπλέον, αυτή η συνεργασία έχει περισσότερες πιθανότητες να προωθήσει την καινοτομία και τη βελτίωση της ποιότητας—βασικοί εσωτερικοί οδηγοί του PLM.

Η δυνατότητα πρόσβασης στις απαιτήσεις, τις προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος δεν είναι αρκετή. Η απαίτηση για ταυτόχρονη επικοινωνία σε γεωμετρική οπτική είναι απαραίτητη αν απαιτείται αποδοτικότητα. Τουλάχιστον σε αυτή την ταυτόχρονη οπτική επικοινωνία πρέπει να μπορεί να επιθεωρηθεί το εξελισσόμενο προϊόν από οποιαδήποτε γωνία και να συναρμολογηθούν και αποσυναρμολογηθούν τα διάφορα εξαρτήματα.

Ωστόσο, για να είναι πραγματικά αποτελεσματικές οι αίθουσες συνεργασίας, θα πρέπει να εξελιχθούν έτσι ώστε οι συμμετέχοντες να μην μπορούν απλά να δουν το προϊόν, αλλά και να το δοκιμάσουν σε κάθεμα από όλες τις δοκιμές λειτουργικότητας. Η επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων μπορεί να είναι φωνητική ή κείμενο άμεσων μηνυμάτων, το οποίο κερδίζει μεγάλη δημοτικότητα για αυτού του είδους τις εργασίες.

Ο Πίνακας Έργου (Project Board) υπάρχει ήδη με τη μορφή των εργαλειών διαχείρισης ροής εργασίας που υπάρχουν σε όλες τις εφαρμογές cPD. Αναθέσεις εργασιών (task assignments), καταστάσεις εργασιών (task statuses), δρομολογήσεις (routings), ολοκληρώσεις (sign offs) και άλλες πληροφορίες ανάπτυξης προϊόντων είναι γενικά κάποιες από τις πρώτες εφαρμογές του PLM. Είναι πολύ καλύτερος από έναν παθητικό πίνακα έργου, δεδομένου ότι αυτές οι εφαρμογές PLM είναι δυναμικές. Ειδοποιούν τους συμμετέχοντες για αναθέσεις εργασιών και προθεσμίες και ειδοποιούν τα μέλη της ομάδας ανάπτυξης προϊόντων για νέες απαιτήσεις, αλλαγές και χαμένες προθεσμίες. Ως περαιτέρω όφελος, όλες οι δραστηριότητες ανάπτυξης προϊόντων μπορούν να συγκεντρωθούν για να δώσουν στην ανώτερη ηγεσία μια ολοκληρωμένη εικόνα όλων των αναπτυξιακών δραστηριοτήτων μέσα σε έναν οργανισμό.

Η τελευταία απαίτηση της αίθουσας συνεργασίας είναι να αποτυπώσει τις αλλαγές στο προϊόν καθώς προχωρά η ανάπτυξη. Η ιχνηλασιμότητα είναι ένα κομβικό χαρακτηριστικό του PLM και, λόγω της ηλεκτρονικής φύσης της αίθουσας συνεργασίας, ένα ιστορικό και μια διαδρομή ελέγχου των αλλαγών μπορούν εύκολα να αποτυπωθούν και να διατηρηθούν. Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα έναντι των φυσικών συναντήσεων, όπου ο τρόπος λήψης των αποφάσεων συχνά χάνεται. Η ηλεκτρονική διαμεσολάβηση—όπου τα άτομα χρησιμοποιούν υπολογιστές για να επικοινωνούν μεταξύ τους—παρέχει έναν μηχανισμό για την αποτύπωση όχι μόνο της τελικής απόφασης, αλλά και τις εκτιμήσεις και τα κριτήρια που λήφθηκαν υπόψιν για να ληφθεί η τελική απόφαση. Αυτές οι πληροφορίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για την κατανόηση του πώς το συγκεκριμένο προϊόν εξελίχθηκε με τον τρόπο που εξελίχθηκε. Αν οργανωθούν και μπορέσουν να είναι αναζητήσιμες, μπορούν να παρέχουν στις άλλες ομάδες ανάπτυξης μια βάση γνώσεων με την οποία θα μπορούν να λαμβάνουν μελλοντικές αποφάσεις αποτελεσματικά.

## 5.8 Κατάλογος Υλικού και Συνέπεια Διαδικασιών (Bill of Material and Process Consistency)

Η συνοψή του Καταλόγου Υλικού (Bill of Material) μεταξύ των λειτουργικών περιοχών είναι ένα συνεχές και ενοχλητικό πρόβλημα. Σε πολλούς οργανισμούς, ο Κατάλογος Υλικού Μηχανικής (engineering Bill of Material) είναι διαφορετικός από τον Κατασκευαστικό Κατάλογο Υλικού (Manufacturing Bill of Material)



και το οποίο με τη σειρά του είναι διαφορετικό από τον Οικονομικό Κατάλογο Υλικού (financial Bill of Material). Αυτό οδηγεί σε μεγάλη σύγχυση και σπατάλη χρόνου, ενέργειας και υλικού εντός του οργανισμού.

Το θέμα σχετικά με τον Κατάλογο Υλικού Μηχανικής και τον Κατασκευαστικό Κατάλογο Υλικού φαίνεται καλύτερα στο απάρτιο που έχει μια αυλάκωση στη μέση. Για το Τμήμα Μηχανικής, αυτό το μέρος αποτελείται από ένα ενιαίο κομμάτι υλικού και μια μόνο διεργασία, την αυλάκωση του κέντρου του υλικού. Ωστόσο, το Τμήμα Κατασκευής μπορεί να αποφασίσει ότι δεν διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό για να το εκτελέσει τη διεργασία της αυλάκωσης, οπότε η απάντηση σε αυτό το πρόβλημα θα είναι να υπάρχουν τρία κομμάτια σε μια διαδικασία συναρμολόγησης.

Τα τρία κομμάτια θα αποτελούνται από μια βάση και δύο ράγες. Η διαδικασία συναρμολόγησης θα συνίσταται στη λήψη των δύο σιδηροτροχιών και τη στερέωσή τους στη βάση. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι το τελικό προϊόν είναι πανομοιότυπο σε μορφή και λειτουργία με το προϊόν που σχεδίασαν οι μηχανικοί, αλλά το υλικό και οι διεργασίες που χρησιμοποιούνται είναι ουσιαστικά διαφορετικές.

Ενώ το τελικό προϊόν φαίνεται το ίδιο τόσο για το Τμήμα Μηχανικής όσο και για το Τμήμα Κατασκευής, οι επιπτώσεις όσον αφορά το υλικό που αγοράστηκε (τρία τεμάχια υλικού έναντι ενός τεμαχίου υλικού), τον εξοπλισμού (μια φρέζα έναντι ενός εξαρτήματος ευθυγράμμισης και εξοπλισμού συγκόλλησης) και των απαιτήσεων ανθρώπινου δυναμικού (αυτόματη διαδικασία φρεζαρίσματος έναντι χειροκίνητης ρύθμισης, ευθυγράμμιση και συγκόλληση) είναι ουσιαστικά διαφορετικές μεταξύ των δύο μεθόδων παραγωγής. Το κόστος εργασίας και υλικού, μαζί με το κόστος κεφαλαιουχικού εξοπλισμού, θα είναι πολύ διαφορετικό σε αυτό το απλό παράδειγμα. Για πιο περίπλοκα προϊόντα, οι διαφορές κόστους μπορεί να κλιμακωθούν γρήγορα.

Αν προστεθεί σε αυτό το θέμα το γεγονός ότι το Τμήμα Οικονομικών μπορεί να κοστολογεί αυτά τα εξαρτήματα σε διαφορετική βάση είτε από το Τμήμα Μηχανικής είτε από το Τμήμα Κατασκευής, τότε υπάρχει μια πιθανότητα η ποιότητα της λήψης των αποφάσεων να επιδεινώνεται κάπως γρήγορα. Το Τμήμα Μηχανικής πιστεύει ότι το εξάρτημα κατασκευάζεται με ένα ορισμένο τρόπο, με ορισμένα χαρακτηριστικά, το Τμήμα Κατασκευής στην πραγματικότητα κατασκευάζει το εξάρτημα με διαφορετικά χαρακτηριστικά και κοστολόγηση και το Τμήμα Οικονομικών έχει έναν τρίτο τρόπο που δεν ταιριάζει με τις μεθόδους κανενός από τα άλλα δύο Τμήματα.

Ακόμα κι αν το πραγματικός Κατάλογος Υλικού είναι πανομοιότυπος μεταξύ Τμήματος Μηχανικής και Κατασκευής, ο Κατάλογος Διαδικασίας (Bill of Process) μπορεί να μην είναι. Το Τμήμα Κατασκευής μπορεί να αποφασίσει ότι, με βάση το μείγμα των προϊόντων που παράγονται, ο Κατάλογος Διαδικασίας που ορίζεται από το Τμήμα Μηχανικής είναι ανεφάρμοστος. Το Τμήμα Κατασκευής μπορεί να αναθέσει σε εξωτερικούς συνεργάτες κάποιες διεργασίες με υψηλότερο κόστος επειδή είναι η λιγότερο δαπανηρή από τις πιθανές εναλλακτικές λύσεις, δεδομένου της δυναμικότητας του εργοστασίου. Ωστόσο, το Τμήμα Πωλήσεων μπορεί να αποφασίσει ότι το κόστος του προϊόντος όπως υπολογίζεται από το Τμήμα Μηχανικής σημαίνει ότι μπορεί να μειωθεί η τιμή έναντι του ανταγωνισμού, γεγονός που θα αυξήσει τον όγκο των πωλήσεων. Αυτή η απόφαση επιδεινώνει το πρόβλημα για το Τμήμα Κατασκευής και ο οργανισμός ως ένα σύνολο μπορεί να έχει πολύ λιγότερα κέρδη από όσα πιστεύει ότι απολαμβάνει.

Αυτές οι καταστάσεις εμφανίζονται συνήθως στους περισσότερους οργανισμούς και αντικατοπτρίζουν το γεγονός ότι καθεμία από αυτές τις λειτουργικές περιοχές χρησιμοποιεί διαφορετικά συστήματα για τον Κατάλογο Υλικού και τον Κατάλογο Διαδικασίας. Αυτές οι πληροφορίες μετακινούνται από σύστημα σε σύστημα σε επί τούτου βάση. Η Διαχείριση Κύκλου Ζωής Προϊόντος έχει τη δυνατότητα παροχής μιας συνεπούς και συνεκτικής εικόνας σε αυτές τις διαφορετικές λειτουργικές περιοχές. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι όλοι οι τομείς λειτουργούν με τις περισσότερες επίκαιρες και ακριβείς πληροφορίες όχι μόνο για το πώς το προϊόν έχει σχεδιαστεί, αλλά και το πώς κατασκευάζεται, από που προμηθεύεται τα υλικά που το συνθέτουν και πώς κοστολογείται.

### 5.9 Ψηφιακή Μακέτα και Ανάπτυξη Πρωτοτύπων (Digital Mock-Up and Prototype Development)

Μέχρι πρόσφατα, ο μόνος τρόπος απόκτησης πραγματικής αίσθησης του σχεδίου ενός προϊόντος σε κλίμακα ήταν η κατασκευή μιας μακέτας ή ενός πρωτοτύπου. Δισδιάστατα σχέδια με διαφορετικές όψεις, ακόμη και αν είναι σχεδιασμένα σε κλίμακα, είναι ανεπαρκή για όλες τις διαφορετικές οπτικές, την αίσθηση του βάθους, την εφαρμογή και το φινίρισμα των επιφανειών και τη σχέση των απαρτίων ενός προϊόντος που διαθέτει τρεις διαστάσεις. Ενώ οι κορυφαίοι σχεδιαστές και μηχανικοί του παρελθόντος έκαναν εξαιρετική δουλειά κατανοώντας τα προϊόντα τους με δισδιάστατες όψεις, ακόμη και οι καλύτεροι χρειάζονταν μακέτες και πρωτότυπα, καθώς το προϊόν έπαιρνε μορφή τόσο για να κατανοήσουν την πολυπλοκότητα των σχεδίων τους όσο και για να συζητήσουν πάνω σε αυτά τα σχέδια.

Αυτές οι μακέτες και τα πρωτότυπα επέτρεψαν στους σχεδιαστές προϊόντων και τους μηχανικούς να συγκεντρωθούν γύρω από ένα πραγματικό, απτό αντικείμενο, να περπατήσουν γύρω του, να δουν από πάνω του και να εξετάσουν από κάθε δυνατή οπτική γωνία το σχέδιο όπως θα έπαιρνε πραγματικά μορφή. Για μακέτες εξωτερικών επιφανειών, ο πηλός ήταν και είναι ακόμα το υλικό που προτιμάται για την απόδοση αντικειμένων μεγάλης κλίμακας, αν και το πλαστικό χρησιμοποιείται συχνά για μικρότερα αντικείμενα και εξαρτήματα. Ο σκοπός αυτών των μοντέλων είναι κυρίως να εξετάσει τα οπτικά και αισθητικά χαρακτηριστικά του σχεδιασμού.

Πρωτότυπα, τα οποία είναι γεωμετρικά αντίγραφα πλήρους κλίμακας που μπορεί να είναι λειτουργικά ή μη λειτουργικά, απαιτούν παραγωγή στο χέρι αφού είναι κυριολεκτικά μοναδικά στο είδος τους αντικείμενα. Τα πρωτότυπα χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της εφαρμογής και του φινιρίσματος εξωτερικών επιφανειών και άλλων εξαρτημάτων που πρέπει να συναρμολογηθούν και να ταιριάζουν μεταξύ τους. Τα πρωτότυπα χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της συμβατότητας των κριτηρίων σχεδιασμού — για παράδειγμα, αναζήτηση σωληνώσεων καυσίμου που είναι πολύ κοντά σε πηγές θερμότητας στα αυτοκίνητα ή αεροσκάφη, ή ηλεκτρονικά που είναι πολύ κοντά σε μαγνητικά πεδία σε ιατρικό διαγνωστικό εξοπλισμό. Χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της προσβασιμότητας των οργάνων εργονομικά και οπτικά. Τα πρωτότυπα παρέχουν επίσης μια ευκαιρία στους μηχανικούς κατασκευής να αξιολογήσουν τα ζητήματα κατασκευής και συναρμολόγησης. Επιπλέον, αυτή είναι η μοναδική πραγματική ευκαιρία των μηχανικών κατασκευής να αξιολογήσουν την ανθρώπινη εργονομία που εμπλέκεται στη συναρμολόγηση: να μπουν κάτω από το πρωτότυπο, να φτάσουν μέσα για να συνδέσουν ένα εξάρτημα με ένα άλλο, να συνδέσουν τις καλωδιώσεις μέσω σημείων πρόσβασης κ.λπ.

Το θέμα με τις μακέτες και τα πρωτότυπα είναι ότι η κατασκευή τους είναι χρονοβόρα, κοστίζουν αρκετά, δαπανούν εργατώρες και εισάγουν καθυστερήσεις στη διαδικασία ανάπτυξης. Αν και η

στερεολιθογραφία χρησιμοποιείται για κάποια ταχεία πρωτοτυποποίηση, ένας σημαντικός αριθμός πρωτοτύπων απαιτεί ακριβά εργαλεία για την κατασκευή τους, τα οποία μπορεί να πρέπει να απορριφθούν εάν ο σχεδιασμός αλλάξει λόγω ή ανεξάρτητα του πρωτοτύπου. Στο βαθμό όπου κατασκευάζονται λιγότερες μακέτες και πρωτότυπα και κατασκευάζονται αργότερα στον κύκλο σχεδιασμού επειδή η πληροφορία μπορεί να αντικατασταθεί από τα φυσικά αντικείμενα, η εξοικονόμηση μπορεί να είναι τεράστια. Για μεγαλύτερα και πιο σύνθετα προϊόντα, η εξοικονόμηση μπορεί να είναι σε εκατομμύρια, ακόμη και σε δεκάδες εκατομμύρια ευρώ.

Η ανταλλαγή πληροφοριών για χαμένο χρόνο, ενέργεια και υλικό είναι το επίκεντρο του cPD μέσω της αντικατάστασης των μακετών και πρωτοτύπων με πληροφορίες, μειώνοντας τον αριθμό των πρωτοτύπων που απαιτείται να κατασκευαστούν και μεταθέτοντας εκείνα που πρέπει να κατασκευαστούν αργότερα στον κύκλο ανάπτυξης. Επειδή τα σχέδια που βασίζονται σε μαθηματικά μπορούν εύκολα να αποδοθούν και να τροποποιηθούν, ένα μεγάλο μέρος της οπτικής ανάλυσης των χαρακτηριστικών της επιφάνειας που παρέχουν οι μακέτες μπορεί να αντικατασταθούν από οπτικές αποδόσεις, όπως για παράδειγμα σε ένα Power Wall. Οι τρισδιάστατες, φυσικού μεγέθους εικόνες δεν διακρίνονται από την εξέταση μιας μακέτας.

Αν και η σχέση είναι ελαφρώς διαφορετική—αντί για το περπάτημα γύρω από τη μακέτα, οι παρατηρητές είναι ακίνητοι και περιστρέφεται η αναπαράσταση του προϊόντος—τα πρόσθετα πλεονεκτήματα που μπορούν οι αναπαραστάσεις cPD να παρέχουν σε σχέση με τις μακέτες είναι τόσο σημαντικά που οι σχεδιαστές και οι μηχανικοί μπορούν εύκολα αλλάξουν την παλιά πρακτική τους. Σε αντίθεση με τις μακέτες, οι αναπαραστάσεις μπορούν να αλλάξουν τις οπτικές και τα χρώματα του φωτισμού. Επιπλέον, μπορούν εύκολα να δημιουργηθούν και να συγκριθούν διαφορετικές εκδόσεις. Προτάσεις για βελτιώσεις από τους αξιολογητές μπορούν μερικές φορές να εφαρμοστούν σε πραγματικό χρόνο για να τους δώσουν άμεση ανατροφοδότηση σχετικά με το πώς αυτές οι προτάσεις θα επηρέαζαν το συνολικό σχέδιο.

Αυτές οι δυνατότητες είναι τέτοιες που αντικαθιστούν επίσης κάποιους από τους ρόλους των πρωτοτύπων. Τομείς ανησυχίας, όπως οι σωληνώσεις καυσίμου και οι πηγές θερμότητας, μπορούν να είναι απομονωμένοι και χρωματικά κωδικοποιημένοι για να παρέχουν άμεση οπτική ανάλυση. Τα γυαλιά και τα γάντια εικονικής πραγματικότητας μπορούν να ενσωματώσουν το σχέδιο και τις κινήσεις των ελεγκτών για την εξέταση των εργονομικών ζητήματων αυτών των σχεδίων. Οι προμηθευτές εσωτερικών τμημάτων αυτοκινήτων αξιοποιούν ήδη αυτήν την τεχνολογία. Τα ζητήματα κατασκευής και συναρμολόγησης που απαιτούν τη χρήση πρωτοτύπων μπορούν να αντιμετωπιστούν με την ενσωμάτωση του cPD και της Ψηφιακής Κατασκευής.

Η ψηφιακή μακέτα και η ανάπτυξη πρωτοτύπων θα μειώσουν την απαίτηση για την κατασκευή φυσικών μακετών και πρωτοτύπων, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρόνου, ενέργειας και υλικών και την καλύτερη λειτουργικότητα. Επιπλέον, όταν έρθει η ώρα να δημιουργηθεί μια μακέτα ή ένα πρωτότυπο, οι πληροφορίες που βασίζονται στα μαθηματικά μπορούν να δημιουργήσουν απευθείας το φυσικό μοντέλο, για παράδειγμα οδηγώντας τις φρέζες που διαμορφώνουν πήλινα μοντέλα. Καθώς οι εικόνες συνεχίζουν να βελτιώνονται -Power Walls σήμερα, δωμάτια εικονικής πραγματικότητας και ολογραφικές εικόνες στο μέλλον- αυτές οι αναπαραστάσεις προϊόντων που βασίζονται σε μαθηματικά θα επιτρέψουν την αντικατάσταση των όλο και πιο ακριβών, χρονοβόρων μακετών και πρωτοτύπων.

### 5.10 Σχεδιασμός για το Περιβάλλον (Design for the Environment - DfE)

Ένα θέμα που συγκεντρώνει μεγάλη προσοχή από τα ανώτερα στελέχη είναι ο Σχεδιασμός για το Περιβάλλον (DfE). Ενώ κάποιοι οργανισμοί ενδιαφέρονται για αυτό το θέμα εδώ και κάποιο διάστημα, οι περισσότεροι, αν όχι όλοι έχουν εκτίμηση για την κατεύθυνση προς την οποία κινείται η κυβερνητική ρύθμιση, η οποία με τη σειρά της θα οδηγήσει το ενδιαφέρον τους για το DfE. Η κατεύθυνση αυτή είναι ξεκάθαρα ότι καθιστά υπεύθυνους τους οργανισμούς για την απόρριψη των προϊόντων τους.

Το DfE έχει δύο πρωταρχικούς στόχους. Ο πρώτος στόχος είναι η αντιμετώπιση της απόρριψης και της ανακύκλωσης κατά τη διαδικασία σχεδιασμού. Αυτό συνεπάγεται το σχεδιασμό προϊόντων που έχουν όσο το δυνατόν περισσότερα ανακυκλώσιμα μέρη. Περιλαμβάνει τον εντοπισμό των ανακυκλώσιμων μερών από τα υπόλοιπα. Περιλαμβάνει επίσης την ανάπτυξη της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης, μεθόδους ανακύκλωσης των ανακυκλώσιμων απαρτίων και μεθόδους απόρριψης για τα υπόλοιπα μέρη, τα ιδιαίτερα τοξικά ή επικίνδυνα υλικά. Ο δεύτερος στόχος είναι να εξεταστεί η διαδικασία παραγωγής των προϊόντων και να υποκατασταθούν οι μέθοδοι, οι πηγές ενέργειας, τα χημικά και οι διαλύτες που δεν είναι φιλικόι προς το περιβάλλον με άλλους που είναι περισσότερο.

Ενώ η αλλαγή των μεθόδων παραγωγής μπορεί να επιτευχθεί με παραδοσιακές μεθόδους, είναι δύσκολο να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίον το DfE μπορεί να πετύχει στην πραγματικότητα στο κομμάτι της ανακύκλωσης και απόρριψης χωρίς το PLM. Ενώ κάποιες πληροφορίες για το προϊόν, όπως η γεωμετρία του προϊόντος, είναι ενσωματωμένες στο ίδιο το προϊόν, η δυνατότητα ανακύκλωσης και απόρριψης των διαφόρων μερών του προϊόντος δεν είναι. Η λύση του στένσιλ ή η επικόλληση εικονιδίων σε κάθε απάρτιο για να αναφέρεται ο τρόπος αποσυναρμολόγησης και απόρριψης του προϊόντος έχει εφαρμογή μόνο σε απλά προϊόντα. Ενώ ορισμένες κατηγορίες προϊόντων, όπως π.χ μπαταρίες, αναγνωρίζονται εύκολα και έχουν γνωστές μεθόδους απόρριψης, για τις περισσότερους κατηγορίες, χωρίς να γίνουν ακριβές δοκιμές στο υλικό, δεν υπάρχει εγγενής τρόπος για να γνωρίζει ο υπεύθυνος απόρριψης του προϊόντος ποιο προϊόν είναι ανακυκλώσιμο, ποιο υλικό είναι κανονικά μιας χρήσης και ποιο υλικό είναι τοξικό και χρειάζεται ειδικό χειρισμό.

Εάν οι πληροφορίες σχετικά με την ανακύκλωση και την απόρριψη δεν μπορούν να εξαχθούν από το ίδιο το προϊόν, σημαίνει ότι αυτές οι πληροφορίες θα χρειαστεί να αποκτηθούν από άλλη πηγή. Επιπλέον, όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική περίοδος για τον κύκλο ζωής του προϊόντος, τόσο πιο πιθανό είναι οι παραδοσιακές πηγές πληροφοριών όπως τα εγχειρίδια προϊόντος, οι προδιαγραφές σχεδίασης και οι σημειώσεις σχεδιασμού να χαθούν νωρίς και να μην είναι διαθέσιμες κατά την απόρριψη του προϊόντος. Το PLM καθιστά δυνατό οι πληροφορίες απόρριψης και ανακύκλωσης που συνδέονται με το φυσικό προϊόν να είναι διαθέσιμες ανεξάρτητα από τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Ο υπεύθυνος απόρριψης του προϊόντος θα πρέπει να έχει διαθέσιμες οπτικές αναπαραστάσεις που έχουν χρωματική κωδικοποίηση ως προς την ανακυκλωσιμότητα, όπως πράσινο για ανακυκλώσιμα υλικά, κίτρινο για υλικά μίας χρήσης και κόκκινο για καταστρεπτικά ή τοξικά υλικά που απαιτούν ειδικές μεθόδους απόρριψης.

Το DfE επηρεάζει επίσης τη φάση σχεδιασμού της ζωής ενός προϊόντος. Οδηγίες της ΕΕ όπως το Τέλος Ζωής Οχήματος (End of Life Vehicle -ELV) και τα Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (Waste Electrical and Electronic Equipment -WEEE) απαιτούν ορισμένες ουσίες να περιορίζονται σε ένα

συγκεκριμένο ποσοστό του συνολικού προϊόντος. Επειδή οι πληροφορίες των ουσιών δεν είναι διαθέσιμες, αυτός ο περιορισμός ή επιτρεπόμενο όριο κατανέμεται σε καθένα συστατικό του προϊόντος στην ίδια βάση, συνήθως στο βάρος. Αυτό είναι μια ιδιαίτερα μη βέλτιστη λύση, καθώς ορισμένα εξαρτήματα πρέπει να χρησιμοποιούν περισσότερη από την περιορισμένη ουσία ή ορισμένα συστατικά που είναι ομοιογενή, όπως πλαίσια από χάλυβα, δεν θα χρησιμοποιούν καθόλου την ουσία. Εάν οι ουσίες υπό περιορισμό μπορούσαν να κατανέμονται με βάση τις απαιτήσεις συστατικών και να αθροίζονταν για ολόκληρο το προϊόν, θα ήταν πολύ πιο αποτελεσματικό από ένα αυθαίρετο επιμερισμό που εφαρμόζεται σταθερά σε όλα τα εξαρτήματα.

Η λύση που συνδέεται στενά με το PLM είναι η δημιουργία ενός Καταλόγου Ουσιών (Bill of Substance - BoS), ο οποίος θα διασπούσε κάθε διακριτό συστατικό στις ουσίες του. Αυτές οι ουσίες θα μπορούσαν στη συνέχεια να ενσωματωθούν σε ολόκληρο τον Κατάλογο Υλικών, έτσι ώστε οι ουσίες υπό περιορισμό να μπορούν να κατανεμηθούν με μη αυθαίρετο τρόπο (όπως σε ποσοστό κατά βάρος) και να εξακολουθούν να πληρούν τις συνολικές απαιτήσεις του τελικού προϊόντος. Υπάρχει μια σειρά από ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν, όπως οργανισμοί που δεν επιθυμούν να αποκαλύψουν τη σύνθεση αποκλειστικών προϊόντων, όπως πλαστικά και ρητίνες. Ωστόσο, η τάση είναι η ανάπτυξη Καταλόγων Ουσιών. Αυτό θα επεκτείνει την αποσύνθεση του Καταλόγου Υλικών κατά ένα επίπεδο, καθώς οι κανονισμοί που αφορούν τις ουσίες των προϊόντων πολλαπλασιάζονται.

### 5.11 Εικονική Δοκιμή και Επικύρωση (Virtual Testing and Validation)

Το PLM αναπτύσσει μια ολόκληρη σειρά νέων ευκαιριών για εικονικές δοκιμές χρησιμοποιώντας πληροφορίες προϊόντος βασισμένες στα μαθηματικά. Οι οργανισμοί μπορούν να αξιοποιήσουν πληροφορίες σχετικά με τη δομή και τη σύνθεση ώστε χρησιμοποιήσουν υπολογιστές για την προσομοίωση συνθηκών κάτω από τις οποίες ελέγχεται το προϊόν. Δύο παραδείγματα της δοκιμής που επί του παρόντος γίνονται είναι δοκιμές αεροδυναμικής σήραγγας και δοκιμές πρόσκρουσης. Και στις δύο αυτές τις περιπτώσεις, ένας παρατηρητής δεν θα μπορούσε να διακρίνει από τα όργανα και τις μετρήσεις τη δοκιμή που έγινε με φυσικά προϊόντα από τη δοκιμή που έγινε σε προσομοίωση χρησιμοποιώντας πληροφορίες προϊόντος με βάση τα μαθηματικά.

Οι εταιρείες αυτοκινήτων χρησιμοποιούν πλέον προσομοίωση για να αντικαταστήσουν την κλασική δοκιμή αεροσήραγγας, όπου μια τουρμπίνα θα περιστρέφεται σε υψηλούς ρυθμούς ταχύτητας για να προσομοιώσει τον άνεμο που περνά γύρω από το αντικείμενο. Αφού ο αέρας δεν είναι ορατός στο γυμνό μάτι, γενικά πρέπει να υπάρχει κάποιο είδος καπνού που αναπτύσσεται μέσα στην αεροσήραγγα ώστε να μπορεί να παρατηρηθεί η ροή του αέρα.

Στην προσομοίωση αεροδυναμικής σήραγγας, οι ροές αέρα προσομοιώνονται επίσης πάνω από το αντικείμενο και σε αντίθεση με τις φυσικές αεροσήραγγες, μπορούν να αλλάξουν και να τροποποιηθούν ώστε να προέρχονται από οποιαδήποτε γωνία ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, από πολλαπλές γωνίες. Επιπλέον, είναι πολύ πιο εύκολο για το ανθρώπινο μάτι να παρατηρήσει προσομοιωμένες δοκιμές αεροδυναμικής σήραγγας επειδή οι ροές του αέρα μπορούν να γίνουν ορατές σε τακτά χρονικά διαστήματα ή σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές έτσι ώστε να είναι ορατές όλες οι ροές που περνούν πάνω από το αντικείμενο. Αυτό δίνει στον ελεγκτή πολύ περισσότερο έλεγχο στις πτυχές του σχεδιασμού που αυτός ή αυτή επιθυμεί να παρατηρήσει.

Επιπλέον, σύμφωνα με στέλεχος της αυτοκινητοβιομηχανίας (Presentation by Terry Kline, VP IS&S, General Motors Corporation at the 2004 University of Michigan AUTOe Conference, April 28, Troy, Michigan.), οι δοκιμές προσομοίωσης αεροδυναμικής σήραγγας είναι πιο αληθινές από τις πραγματικές δοκιμές αεροδυναμικής σήραγγας. Αυτό συμβαίνει επειδή η αεροσήραγγα στις φυσικές δοκιμές έχει χαρακτηριστικά, όπως το ότι είναι σε ένα κλειστό χώρο, που δεν υπάρχουν κατά την προσομοίωση των δοκιμών της αεροσήραγγας. Αυτό σημαίνει ότι επιτυγχάνεται μια πιο ακριβής εικόνα των αποτελεσμάτων της αεροσήραγγας σε προσομοίωση παρά από μια πραγματική αεροδυναμική σήραγγα.

Η αυτοκινητοβιομηχανία έχει επίσης πρωτοπορήσει στην ιδέα των δοκιμών πρόσκρουσης σε προσομοίωση. Τα έξοδα και ο χρόνος που απαιτούνται για την πραγματική δοκιμή πρόσκρουσης ενός οχήματος και ο απαραίτητος εξοπλισμός για την παρατήρηση όλων των χαρακτηριστικών που χρειάζονται να παρατηρηθούν είναι πολύ υψηλά. Έχουν πραγματοποιηθεί προσομοιωμένες δοκιμές σύγκρουσης και τα αποτελέσματά τους ταίριαζαν σχεδόν απόλυτα με τα παρατηρούμενα αποτελέσματα από την πραγματική δοκιμή πρόσκρουσης οχήματος. Επιπλέον, μεμονωμένα εξαρτήματα μπορούν να επισημανθούν για ανάλυση και να επιβραδυνθεί η δοκιμή σύγκρουσης σε προσομοιωμένο χώρο για να προσδιοριστεί πού βρίσκονται τα ευαίσθητα σημεία που χρειάζονται ενίσχυση. Επιπλέον, δοκιμές πρόσκρουσης σε διαφορετικές γωνίες και με επιβάτες διαφορετικού τύπου μπορούν να προσομοιωθούν πολύ πιο εύκολα από ό,τι χρησιμοποιώντας πραγματικά αυτοκίνητα και αληθινά ανδρείκελα σύγκρουσης.

Αυτές είναι μόνο δύο από τις δραστηριότητες δοκιμών που εκτελούνται αυτήν τη στιγμή με πληροφορίες που βασίζονται στο PLM. Οι σχεδιαστές τσιπ έχουν κάνει προσομοίωση δοκιμών, όπως και οι κατασκευαστές αεροσκαφών και πλοίων. Οι δοκιμές προϊόντος θα γίνουν ένας ταχέως πολλαπλασιαζόμενος τομέας του PLM. Με την εικονική δοκιμή θα προκύψουν καλύτερα προϊόντα. Η ψηφιοποίηση των διαδικασιών σημαίνει ότι ένα ευρύτερο φάσμα δοκιμών με περισσότερες παραλλαγές μπορούν να γίνουν με ένα κλάσμα του κόστους των φυσικών δοκιμών.

Οι εικονικές δοκιμές θα συνεχίσουν να επιταχύνονται για δύο λόγους. Πρώτον, ο Νόμος του Moore και οι συνέπειές του θα αυξήσουν τις εικονικές δοκιμές που είναι δυνατές. Ο Νόμος του Moore είναι μια παρατήρηση του Gordon Moore, ιδρυτή της Intel Corporation, η οποία έγινε πριν από σχεδόν 40 χρόνια. Η παρατήρηση του Μορ ήταν ότι η υπολογιστική ικανότητα του μικροεπεξεργαστή θα διπλασιαζόταν κάθε 18 μήνες. Η υπολογιστική ικανότητα ακολούθησε αυτή την αμείλικτη αύξηση από τότε. Δεύτερον, οι επαγγελματίες εικονικών δοκιμών θα συνεχίσουν να δημιουργούν πλουσιότερα και πιο ρεαλιστικά περιβάλλοντα προσομοίωσης.

#### 5.12 Βοηθητικό Υλικό του Μάρκετινγκ (Marketing Collateral)

Δεδομένης της εννοιολογικής βάσης του PLM για την προώθηση της διαλειτουργικής χρήσης πληροφοριών, είναι κατάλληλο να λαμβάνεται ως τελευταίο παράδειγμα του cPD η χρήση του PLM στην ανάπτυξη βοηθητικού υλικού του μάρκετινγκ. Για την οδηγούμενη από την καινοτομία ανάπτυξη, το καθήκον της λειτουργίας του μάρκετινγκ είναι να προσελκύσει την προσοχή των αγοραστών στο προϊόν. Αυτό περιλαμβάνει όχι μόνο την ανάπτυξη αυτού που συνήθως αποκαλείται βοηθητικό υλικό του μάρκετινγκ, όπως περιγραφές προϊόντων, ενημερωτικά δελτία και αντίγραφα διαφημίσεων, αλλά και το

υλικό που συνοδεύει το προϊόν, όπως εγχειρίδια χρήσης, φυλλάδια γρήγορης εκκίνησης, καλλιτεχνική επιμέλεια και αντίτυπο της συσκευασίας.

Ενώ μέρος αυτού του υλικού είναι καλλιτεχνικό και εννοιολογικό, ένα σημαντικό μέρος πρέπει να είναι απολύτως πραγματολογικό. Η περιγραφή του προϊόντος, οι προδιαγραφές, οι δυνατότητες και οι λειτουργίες πρέπει να αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια το προϊόν. Σε αντίθετη περίπτωση ο κατασκευαστής του προϊόντος μπορεί να κατηγορηθεί για παραπληροφόρηση ή ακόμα και για απάτη. Στην περίπτωση της συσκευασίας, τυχόν αποτυχία στην ακριβή αντιπροσώπευση αυτού που περιέχει το πακέτο μπορεί να αποτελεί παραβίαση νομοθεσίας, ειδικά στους τομείς της ασφάλειας των προϊόντων, των τροφίμων ή των φαρμάκων.

Χωρίς το PLM, το υλικό βοηθητικού υλικού του μάρκετινγκ πάσχει από το ίδιο πρόβλημα όπως όλες οι άλλες διαλειτουργικές ανταλλαγές πληροφοριών. Οι πληροφορίες σχετικά με το προϊόν είναι ημιτελείς, φθαρμένες ή μπορεί να χρειαστεί να δημιουργηθούν ξανά στο σύνολό τους. Αυτό μπορεί να κυμαίνεται από ένα απλό αλλά ενοχλητικό πρόβλημα, όπως το φύλλο προδιαγραφών ενός κατασκευαστή υπολογιστή που αναφέρει ότι ο υπολογιστής έχει τρεις θύρες USB όταν έχει μόνο δύο, σε μια παράβαση ρυθμιστικής αρχής όταν ένα κουτί προϊόντος δεν αναφέρει τα συστατικά του περιεχομένου του με ακρίβεια. Η Procter & Gamble χρησιμοποιεί το PLM για να διασφαλίσει ότι αυτό δε θα συμβεί. Ως υποπροϊόν, η Procter & Gamble χρησιμοποιεί το PLM επίσης για να διασφαλίσει ότι η καλλιτεχνική επιμέλεια για όλες τις συσκευασίες της παραμένει συνεπείς και κατάλληλη προς τις γραμμές προϊόντων.

Το πλεονέκτημα της χρήσης του PLM για αυτήν τη διαλειτουργική εφαρμογή είναι τουλάχιστον διπλό. Το κόστος μειώνεται επειδή το μάρκετινγκ δεν χρειάζεται να αναδημιουργήσει πληροφορίες που υπάρχουν ήδη σχετικά με τις προδιαγραφές και τις λειτουργίες του προϊόντος. Η General Electric έχει εξοικονομήσει ένα σημαντικό ποσό από το κόστος της ανάπτυξης εγχειριδίων προϊόντος εκτελώντας την με τη χρήση του συστήματος PLM σε σύγκριση με την αυτόνομη αναπτυξιακή προσπάθεια που αντικατέστησε.

Το δεύτερο όφελος είναι η αυξημένη ακρίβεια του υλικού του μάρκετινγκ. Δεδομένου ότι το υλικό του μάρκετινγκ καθοδηγείται από τις πληροφορίες προϊόντος, αντικατοπτρίζει τις προδιαγραφές και τη λειτουργικότητα του προϊόντος στη σημερινή του μορφή. Δεν είναι μόνο οι μηχανικοί που σπαταλούν χρόνο, ενέργεια και υλικό που λειτουργεί με τη λάθος έκδοση των πληροφοριών προϊόντος. Τα στελέχη του μάρκετινγκ υποφέρουν από την ίδια σπατάλη. Το PLM, με έμφαση στη μοναδικότητα των πληροφοριών, μπορεί να εξαλείψει αυτή τη σπατάλη και να εκθέσει τα οφέλη της λιτής σκέψης μέσα στα όρια της λειτουργικότητας.

## 6. Μηχανική Συστημάτων Βασισμένη σε Μοντέλα (Model Based Systems Engineering –MBSE) στο Πλαίσιο του PLM

### 6.1 Τρέχουσες Διαδικασίες Ανάπτυξης Προϊόντος

#### 6.1.1 Υψηλού Επιπέδου Επιχειρησιακή Ροή Εργασιών

- Κάθε επιχειρησιακή διαδικασία ανάπτυξης προϊόντος σε βιομηχανίες όπως η αεροδιαστημική, η αυτοκινητοβιομηχανία, η βιομηχανία ιατρικών συσκευών, καταναλωτικών προϊόντων κλπ. έχει μια κοινή εισροή (input): τις ανάγκες των ενδιαφερόμενων μερών, και μια κοινή εκροή (output): ένα ποιοτικό προϊόν. Οι ανάγκες των ενδιαφερόμενων μερών μεταφράζονται ως απαιτήσεις προϊόντος.
- Αυτές οι απαιτήσεις βοηθούν στην επίτευξη κοινού εδάφους για όλους τους ανθρώπους που εμπλέκονται στη συνολική διαδικασία ανάπτυξης προϊόντος ώστε να κατανοήσουν το πρόβλημα και να βρουν καινοτόμες λύσεις.
- Ένα επίπεδο απαιτήσεων θα πρέπει να οριστεί πριν τη μετάβαση στο σχέδιο και τις διαδικασίες ανάπτυξης.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει μια υψηλού επιπέδου ροή εργασιών μιας νέας διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντος. Παρόλο που η σχεδιαστική διαδικασία διαφέρει από προϊόν σε προϊόν και από βιομηχανία σε βιομηχανία, είναι δυνατό να κατασκευαστεί ένα γενικό διάγραμμα των διαστηριοτήτων που πρέπει να πραγματοποιηθούν για όλα τα πρότζεκτ. Στο πλαίσιο του Project Management, τα κριτήρια εξόδου για κάθε στάδιο είναι η εγκρισή του, από την οποία εξαρτάται αν το πρότζεκτ θα προχωρήσει στο επόμενο στάδιο, αν χρειάζεται να βελτιστοποιηθεί για να προχωρήσει στο επόμενο στάδιο ή να ακυρωθεί εντελώς.



Εικόνα 18. Γενική ροή εργασιών ανάπτυξης προϊόντος

#### 6.1.1.1 Προσδιορισμός Προγράμματος και Προγραμματισμός (Program Definition & Planning)

Είτε εξελίσσεται ένα νέο προϊόν, είτε ένα υπάρχον, η πρώτη φάση πρέπει πάντα να είναι η φάση του Προσδιορισμού Προγράμματος και Προγραμματισμού. Ο προσδιορισμός προγράμματος ακολουθείται από τον προσδιορισμό και προγραμματισμό του έργου. Αυτή η φάση περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως:

- Διαμόρφωση διαφορετικών ομάδων



- Δημιουργία εργασιών (Tasks)
- Έρευνα αγοράς
- Υπολογισμός χρονοδιαγράμματος και κόστους
- Αποδοχή του σχεδίου του προγράμματος

#### 6.1.1.2 Προσδιορισμός Προδιαγραφών (Specification Definition)

Η φάση προσδιορισμού προδιαγραφών περιλαμβάνει δυο κύριες υποδιαδικασίες:

- Τη δημιουργία μηχανικών προδιαγραφών, και
- Τη δημιουργία στόχων

Ωστόσο, αν το προϊόν που αναπτύσσεται είναι νέο, ο οργανισμός χρειάζεται να ακολουθήσει τα παρακάτω επιπλέον βήματα πριν δημιουργήσει τις μηχανικές προδιαγραφές:

- Την αναγνώριση των πελατών
- Τη δημιουργία απαιτήσεων πελατών
- Την εκτίμηση του ανταγωνισμού

#### 6.1.1.3 Σχεδιασμός και Ανάπτυξη (Design and Development)

Η φάση του σχεδιασμού και της ανάπτυξης περιλαμβάνει τις δραστηριότητες σχεδιασμού του προϊόντος, που λαμβάνουν χώρα όταν καθοριστούν οι μηχανικές προδιαγραφές. Η διαδικασία σχεδιασμού περιλαμβάνει διάφορες υποδιαδικασίες οι οποίες περιλαμβάνουν τις παρακάτω διαδικασίες, χωρίς να περιορίζονται σε αυτές:

- Την Έρευνα Υποβάθρου (Background Research)
- Την σύλληψη της ιδέας του Σχεδιασμού (Design Conceptualization)
- Τον Σχεδιασμό με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD)

#### 6.1.1.4 Πρωτοτυποποίηση και Επικύρωση (Prototyping and Validation)

Μόλις αποκτηθεί ένα φυσικό σχέδιο του προϊόντος, δημιουργείται ένα φυσικό λειτουργικό προϊόν ή πρωτότυπο. Αυτό το πρωτότυπο εξυπηρετεί πολλούς σκοπούς όπως την παρουσίαση των σχεδίων στους πελάτες, τον φυσικό έλεγχο των προϊόντων ώστε να επικυρωθεί ο σχεδιασμός κλπ.

#### 6.1.1.5 Παραγωγή (Production)

Μετά τη φυσική εξέταση του προϊόντος, έχουμε την ικανότητα να αξιολογήσουμε τις επιδόσεις του προϊόντος στις συνθήκες λειτουργίας του. Το κριτήριο εξόδου αυτής της φάσης είναι η επικύρωση των απαιτήσεων λειτουργίας, όπως είναι καθορισμένες στα προηγούμενα στάδια. Η διαδικασία σχεδιασμού είναι επαναλαμβανόμενη σε πολλές περιπτώσεις, ανάλογα με την πολυπλοκότητα του προϊόντος εξαιτίας του αριθμού των τομέων που εμπλέκονται. Συνεπώς, διαπιστώνεται πολύ συχνά μετά τη φάση της πρωτοτυποποίησης ότι μια συγκεκριμένο απαίτηση ή περισσότερες απαιτήσεις δεν έχουν ικανοποιηθεί με το παρόν σχέδιο και το σχέδιο χρήζει τροποποίησης. Οι μηχανικοί σχεδιασμού χρειάζεται να τροποποιήσουν, και σε κάποιες περιπτώσεις να αναδημιουργήσουν το σχέδιο του προϊόντος μέχρι όλες οι απαιτήσεις του σχεδίου να ικανοποιούνται. Μία από τις πιο κοινές προκλήσεις που αντιμετωπίζονται στη βελτιστοποίηση της διαδικασίας εξέλιξης του προϊόντος είναι να ελαχιστοποιηθεί αυτή η αναδημιουργία όσο το δυνατό περισσότερο.

### 6.1.2 Εισαγωγή στη Μηχανική Συστημάτων (Systems Engineering)

Η Μηχανική Συστημάτων ορίζεται ως μια διεπιστημονική προσέγγιση και μέσο που επιτρέπει τη δημιουργία επιτυχημένων συστημάτων. Επικεντρώνεται στον προσδιορισμό των αναγκών του πελάτη και την απαιτούμενη λειτουργικότητα στα πρώτα στάδια του κύκλου ανάπτυξης, την καταγραφή απαιτήσεων, κατόπιν προχωρά στη σύνθεση του σχεδίου και την επικύρωση του συστήματος ενώ λαμβάνεται υπόψιν το σύνολο του προβλήματος. Η Μηχανική Συστημάτων ενσωματώνει όλα τα γνωστικά αντικείμενα και όλες τις ειδικευόμενες ομάδες σε μια ομαδική προσπάθεια που σχηματίζει μια δομημένη αναπτυξιακή διαδικασία που μεταβαίνει από το κόνσεπτ στην παραγωγή και τη λειτουργία. Η Μηχανική Συστημάτων λαμβάνει υπόψιν τις επιχειρηματικές και τεχνικές ανάγκες όλων των εργαζομένων με στόχο την παροχή ενός ποιοτικού προϊόντος που ικανοποιεί τις ανάγκες του χρήστη.

Η Μηχανική Συστημάτων στηρίζεται στη σχολή σκέψης του Συλλογισμού Συστημάτων (Systems Thinking). Ο Συλλογισμός Συστημάτων είναι μια μοναδική οπτική για την πραγματικότητα. Σύμφωνα με τις αρχές του, ο κόσμος αποτελείται από διάφορους τύπους συστημάτων όπως οικονομικά, κοινωνικά, βιολογικά, υποδομών και άλλα, οι οποίοι αλληλοσυνδέονται και δημιουργούν συστήματα συστημάτων. Μια μεγάλη επίπτωση αυτής της διασυνδεσιμότητας είναι ότι ούτε ένα μεμονωμένο στοιχείο ή υποσύστημα έχει ανεξάρτητη επίδραση στη συμπεριφορά του συνολικού συστήματος. Αλλά μάλλον, οι σχέσεις τους καθορίζουν τη συμπεριφορά του συστήματος. Οι ίδιες αρχές μπορούν να εφαρμοστούν στο σχεδιασμό συστημάτων και έτσι προκύπτει το γνωστικό αντικείμενο της Μηχανικής Συστημάτων. Στην κλασσική Μηχανική Συστημάτων, κάθε προϊόν που δημιουργείται γίνεται αντιληπτό ως ένα σύστημα που έχει διάφορα εξαρτήματα και υποσυστήματα συνδεδεμένα μεταξύ τους, τα οποία προορίζονται να εκτελούν μια συγκεκριμένη απαιτούμενη λειτουργία ή λειτουργίες. Παρακάτω βρίσκονται ορισμοί μερικών από τις πιο κοινές ορολογίες που χρησιμοποιούνται στη μηχανική συστημάτων.

#### 6.1.2.1 Σύστημα (System)

Σύστημα είναι μια ομάδα στοιχείων και υποσυστημάτων που συνδέονται μεταξύ τους, με το περιβάλλον τους και με στοιχεία άλλων συστημάτων και τα οποία αλληλεπιδρούν μέσω ενός δικτύου ουσιαστικών σχέσεων, δεχόμενα εισροές και εκτελούν λειτουργίες που δε μπορούν να επιτευχθούν από μεμονωμένα στοιχεία.

Άλλοι αξιοσημείωτοι ορισμοί του όρου σύστημα:

«Ένα σύστημα είναι ένα κατασκεύασμα ή συλλογή διαφορετικών στοιχείων τα οποία παράγουν μαζί αποτελέσματα που δε θα ήταν αποκτήσιμα από μεμονωμένα στοιχεία. Τα στοιχεία, ή κομμάτια, μπρεί να περιλαμβάνουν ανθρώπους, υλισμικό, λογισμικό, εγκαταστάσεις, πολιτικές και αρχεία-έγγραφα -αυτά είναι όλα όσα απαιτούνται για τη δημιουργία αποτελεσμάτων επιπέδου συστήματος. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν ιδιότητες, χαρακτηριστικά, λειτουργίες, συμπεριφορές και επιδόσεις επιπέδου συστήματος. Η αξία που προστίθεται από το σύστημα σαν σύνολο, παραπάνω από εκείνη που εισφέρεται ανεξάρτητα από τα μέρη του, δημιουργείται κυρίως από τις σχέσεις ανάμεσα στα μέρη. Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο είναι διασυνδεδεμένα.» (Rechtin, 2000)

«Σύστημα είναι μια ομάδα στοιχείων σε αλληλεπίδραση.» (Bertalanffy, 1968)

Ο ορισμός του συστήματος μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τομέα, αλλά οι υποκείμενες αρχές παραμένουν οι ίδιες.» (Dori, 2002)

#### 6.1.2.2 Στοιχείο Συστήματος (System Element)

Στοιχείο Συστήματος είναι ένα συστατικό στοιχείο ενός Συστήματος. Αναλόγως του τύπου του Συστήματος (πραγματικό ή εννοιολογικό), ένα στοιχείο συστήματος μπορεί να είναι ένα πραγματικό αντικείμενο όπως άνθρωποι, υλικά δημιουργήματα, πληροφορίες, κλπ ή ένα εννοιολογικό αντικείμενο όπως μια ιδέα.

#### 6.1.2.3 Σύστημα Ενδιαφέροντος (System of Interest)

Σύστημα Ενδιαφέροντος είναι ένα σύστημα του οποίου ο κύκλος ζωής είναι υπό μελέτη.

#### 6.1.2.4 Πλαίσιο Συστήματος (System Context)

Πλαίσιο Συστήματος είναι το διάγραμμα-αναπαράσταση που περιγράφει τις σχέσεις και το περιβάλλον του συστήματος, ορισμένο γύρω από ένα επιλεγμένο Σύστημα Ενδιαφέροντος. Ένα συγκεκριμένο στοιχείο μπορεί να αναπαριστάται σε πολλές απόψεις συστήματος. Το πλαίσιο επιτρέπει την εστίαση σε αυτό το στοιχείο από την άποψη του συστήματος ενδιαφέροντος.

#### 6.1.2.5 Περιβάλλον (Environment)

Το περιβάλλον είναι το υπόλοιπο του κόσμου που βρίσκεται εκτός των ορίων του συστήματος. Το περιβάλλον συμπεριλαμβάνει άλλα συστήματα που μπορεί να αλληλεπιδρούν ή όχι με το σύστημα ενδιαφέροντος.

#### 6.1.2.6 Όριο/Σύνορο Συστήματος (System Boundary/Border)

Όριο ή σύνορο συστήματος είναι η περιφέρεια ή η συνοριακή γραμμή του συστήματος, που το διαχωρίζει από το περιβάλλον του.

#### 6.1.2.7 Σύνδεσμοι (Links)

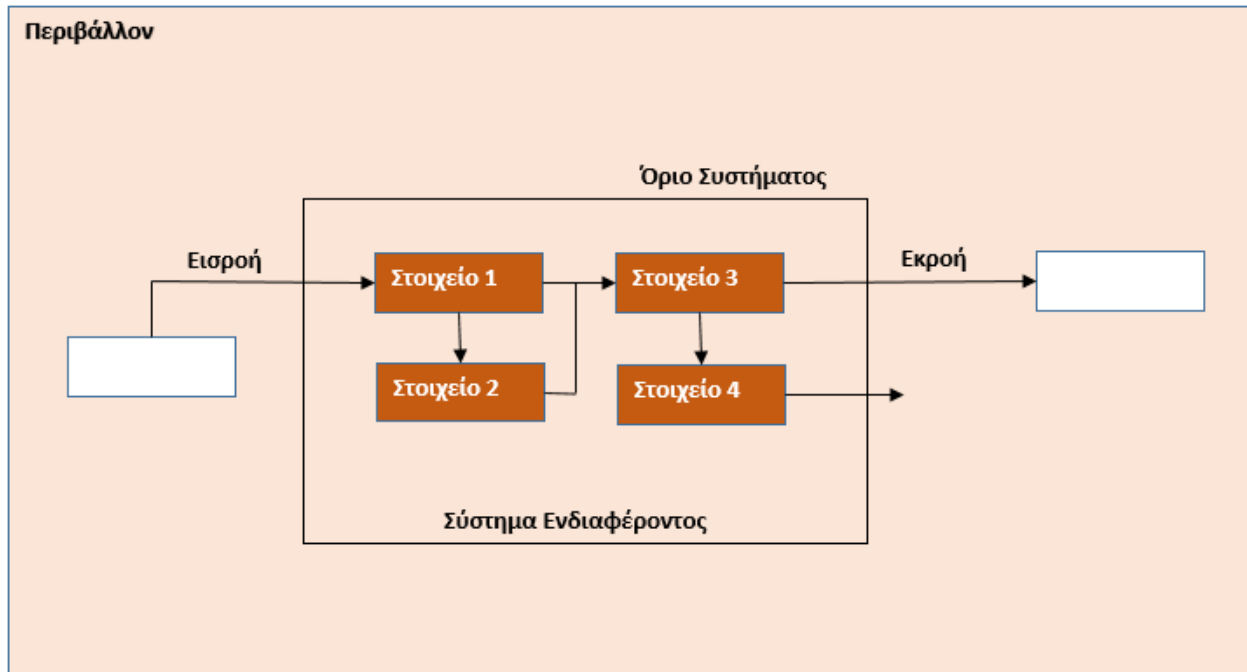
Σύνδεσμοι είναι οι συνδέσεις μετξύ των στοιχείων, που καθορίζουν διάφορες σχέσεις και αλληλεξαρτήσεις μεταξύ τους.

#### 6.1.2.8 Δομή (Structure)

Δομή είναι η υλική ή λογική διάρθρωση των στοιχείων του σχεδίου ενός συστήματος και των εσωτερικών και εξωτερικών συνδέσεων τους.

#### 6.1.2.9 Συμπεριφορά (Behavior)

Συμπεριφορά του συστήματος είναι ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα συμπεριφέρεται ανάλογα με τις αλλαγές στο περιβάλλον του. Για παράδειγμα ένα σύστημα μπορεί να διαθέτει στατική ή δυναμική συμπεριφορά.



Εικόνα 19. Το πλαίσιο ενός συγκεκριμένου συστήματος ενδιαφέροντος.

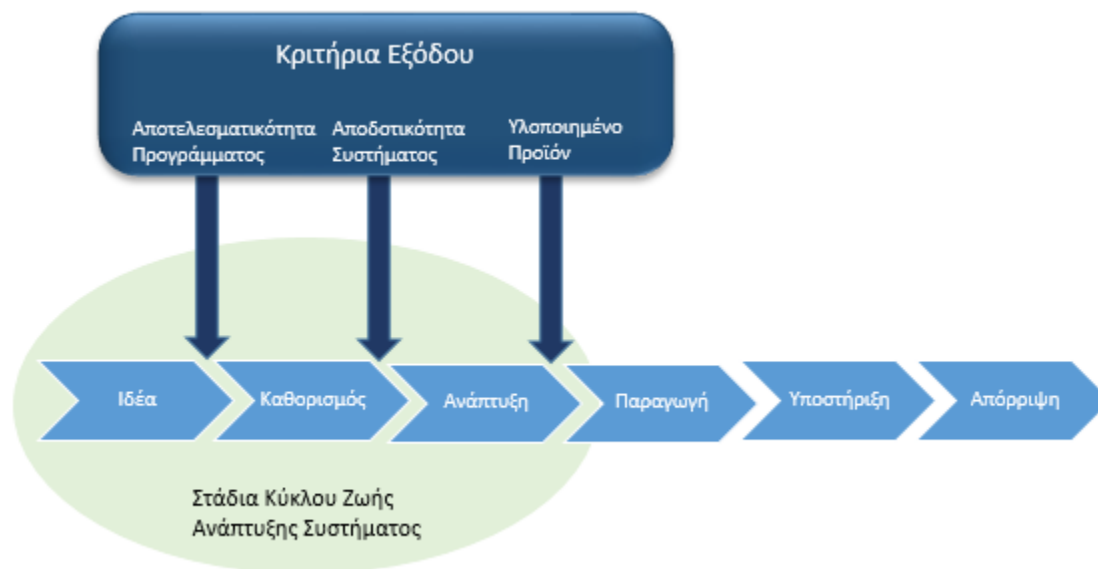
Κάποιες σημαντικές παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν:

- Ένα σύστημα είναι μια λογική έννοια ενός μέρους του συνόλου του κόσμου με μια εσωτερική δομή και συμπεριφορά.
- Ένα σύστημα αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του, το οποίο περιβάλλον από την άποψη του συστήματος που εξετάζεται αποτελεί ένα σύστημα συστημάτων.
- Η αλληλεπίδραση ενός συστήματος με το περιβάλλον του στηρίζεται στην εσωτερική συμπεριφορά του συστήματος.
- Η εσωτερική δομή ενός συστήματος επιτρέπει την αποσύνθεση του συστήματος σε στοιχεία του συστήματος αυτού.
- Τα στοιχεία του συστήματος μπορούν να ερμηνευθούν ως ανεξάρτητα συστήματα ακολουθώντας το μοτίβο όπου αυτό που γίνεται αντιληπτό από τον κύριο ανάδοχο έργου ως στοιχείο ή υποσύστημα μπορεί να γίνει αντιληπτό ως σύστημα από την οπτική του υποαναδόχου του έργου.
- Τα συστήματα αποσυντήθενται αναδρομικά σε στοιχεία συστημάτων στο επίπεδο της υλοποίησης με έναν κατάλληλο αριθμό αναδρομών.

### 6.1.3 Κύκλος Ζωής Μηχανικής Συστημάτων (Systems Engineering Life Cycle)

Η Μηχανική Συστημάτων παρέχει μια καινοτόμα προσέγγιση στην ανάπτυξη και διαχείριση σύνθετων προϊόντων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Ο κύκλος ζωής είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται στη Μηχανική Συστημάτων για να περιγράψει τη διαδικασία της εξέλιξης ενός συστήματος μέσα από διαφορετικά στάδια, αρχίζοντας από τη σύλληψη μέχρι και την απόρριψη του.

Το παρακάτω σχεδιάγραμμα αναπαριστά τον κύκλο ζωής της μηχανικής συστημάτων. Αποτελείται από 6 στάδια.



Εικόνα 20. Στάδια Κύκλου Ζωής Συστήματος

#### 6.1.3.1 Σύλληψη (Concept)

Το στάδιο της σύλληψης είναι η αρχή κάθε προγράμματος ή έργου. Σε αυτό το στάδιο, η ιδέα του προγράμματος ανάπτυξης προϊόντος διερευνάται και αναλύεται. Επομένως, αυτό το στάδιο αποκαλείται κάποιες φορές και στάδιο εκκίνησης ή ιδεασμού. Ο στόχος αυτού του σταδίου είναι να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα και υλοποιησιμότητα του προγράμματος. Το στάδιο της σύλληψης περιλαμβάνει μείζονες διαδικασίες όπως:

- Προσδιορισμός προγράμματος (Program definition)
- Προσδιορισμός έργου (Project definition)

Το στάδιο του προσδιορισμού είναι εκεί όπου τα ενδιαφερόμενα μέρη του συστήματος αναγνωρίζονται και προσδιορίζεται το αντικείμενο του προγράμματος/έργου. Βασιζόμενο σε μια αξιολόγηση των προσδοκίων των ενδιαφερόμενων μερών, αναγνωρίζεται η έκβαση και τα προσδοκώμενα αποτελέσματα του προγράμματος/έργου.

#### 6.1.3.2 Καθορισμός (Definition)

Στο στάδιο του καθορισμού, λαμβάνονται υπ' όψιν οι προσδοκίες των ενδιαφερόμενων μερών. Τα ενδιαφερόμενα μέρη ενός συστήματος διαφέρουν από κλάδο σε κλάδο και από προϊόν σε προϊόν και περιλαμβάνουν οντότητες όπως τον οργανισμό που παρασκευάζει το προϊόν, κυβερνητικές ή ρυθμιστικές υπηρεσίες, προμηθευτές και πωλητές, τους πελάτες και τελικούς χρήστες και άλλους. Οι ανάγκες των ενδιαφερόμενων μερών μεταφράζονται σε απαιτήσεις και σε αυτό το στάδιο επιτυγχάνεται καλά καθορισμένη τεκμηρίωση/προσδιορισμός των απαιτήσεων αυτών.

Ο καθορισμός των απαιτήσεων ακολουθείται από τη σύλληψη του σχεδίου. Διάφορα εναλλακτικά σχέδια συστήματος δημιουργούνται και αξιολογούνται με βάση τα αριθμητικά στοιχεία της επίδοσης, του προγραμματισμού, του κόστους και του ρίσκου και επιλέγεται το πιο αποδοτικό σχέδιο συστήματος. Το σχέδιο του συστήματος πραγματοποιείται σε διάφορες μορφές όπως διαγράμματα Visio, 2D/3D CAD και λοιπά. Παράγοντες όπως ο χρόνος σχεδιασμού, η ανάγκη για συντομότερο χρόνο διάθεσης στην αγορά από τη στιγμή της σύλληψης του συστήματος (time-to-market), και η μεγάλη μείωση του κόστους κατασκευής απαιτούν το σχέδιο να τελειοποιηθεί μετά από αυτό το στάδιο.

#### 6.1.3.3 Ανάπτυξη (Development)

Το στάδιο του καθορισμού ακολουθείται από το στάδιο της ανάπτυξης όπου διευθετείται οτιδήποτε είναι απαραίτητο για τη δημιουργία του προϊόντος. Συγκεντρώνονται οι προμηθευτές/πωλητές, δημιουργείται χρονοδιάγραμμα, παραγγέλλονται υλικά και εργαλεία, και λοιπά. Ενσωματώνονται υποσυστήματα λογισμικού-υλισμικού και πραγματοποιείται η τελική ενσωμάτωση υποσυστημάτων για να εκτελεστεί το πλήρες σύστημα.

#### 6.1.3.4 Παραγωγή (Production)

Το στάδιο της ανάπτυξης επιτρέπει την επικύρωση του προϊόντος σύμφωνα με τις απαιτήσεις του καθώς σε αυτό το στάδιο δημιουργείται ένα φυσικό πρωτότυπο. Εμπεριέχει μεγάλο ρίσκο για κάθε οργανισμό να αλλάξει οποιαδήποτε από τις απαιτήσεις μετά το στάδιο της ανάπτυξης. Δραστηριότητες όπως η διαχείριση αλλαγών (change management), διαχείριση ρυθμίσεων (configurational management), διαχείριση χρονοδιαγράμματος (schedule management) εμπεριέχονται στο φάσμα της οργανωτικής διαχείρισης (organizational management) όπου το διακύβευμα είναι η αποτελεσματική διαχείριση αλλαγών στο σχέδιο σε απάντηση στην αλλαγή απαιτήσεων από τα ενδιαφερόμενα μέρη ή σε ελαττώματα στην παραγωγή εξαιτίας ακατάλληλων σχεδίων.

#### 6.1.3.5 Υποστήριξη (Service)

Το στάδιο της υποστήριξης είναι εκείνο στο οποίο το προϊόν αρχίζει να χρησιμοποιείται από τους τελικούς του χρήστες.

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως:

- Λειτουργία (Operation)
- Συντήρηση (Maintenance)
- Διατήρηση (Sustainment)

#### 6.1.3.6 Απόρριψη (Disposal)

Αυτό είναι το τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής του συστήματος, όπου το προϊόν αποσύρεται και απορρίπτεται. Αναφέρεται επίσης ως στάδιο απόσυρσης.

Όπως γίνεται κατανοητό, τα πρώτα τρία στάδια είναι τα στάδια ανάπτυξης συστήματος του κύκλου ζωής, ενώ τα επακόλουθα στάδια, είναι τα στάδια της κατασκευής και χρήσης.

Επί του παρόντος, σε πολλούς οργανισμούς, αυτά τα διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής του συστήματος λειτουργούν σε σιλό, που σημαίνει ότι υπάρχει ελάχιστη ή καθόλου συνεργασία μεταξύ διαφορετικών ομάδων εντός των σταδίων σε όρους ανταλλαγής πληροφοριών σχετικών με το προϊόν. Διαχείριση του Κύκλου Ζωής (Lifecycle Management) είναι η ενεργή εμπλοκή όλων των ενδιαφερόμενων μερών με ένα σύστημα μεταξύ της στιγμής που ξεκινά να λειτουργεί για πρώτη φορά μέχρι τη στιγμή της απόσυρσής του, ώστε να μεγιστοποιηθεί η αξία που λαμβάνεται από την ύπαρξη του συστήματος. Η Διαχείριση του Κύκλου Ζωής ξεκινά από την αρχή.

Πολλές εταιρίες αντιμετωπίζουν προκλήσεις στη διαχείριση απαρτίων και υλικών στοιχείων ενός προϊόντος κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Είναι αξιοσημείωτο ότι πολλές εταιρίες εφαρμόζουν μηχανική συστημάτων στη σχεδίαση και διαχείριση των προϊόντων τους χωρίς να λαμβάνουν τις πλήρεις δυνατότητες και οφέλη της μηχανικής συστημάτων. Στην πραγματικότητα, κάποιες εταιρείες δεν αντιλαμβάνονται καν ότι εφαρμόζαν μηχανική συστημάτων για ένα μεγάλο διάστημα.

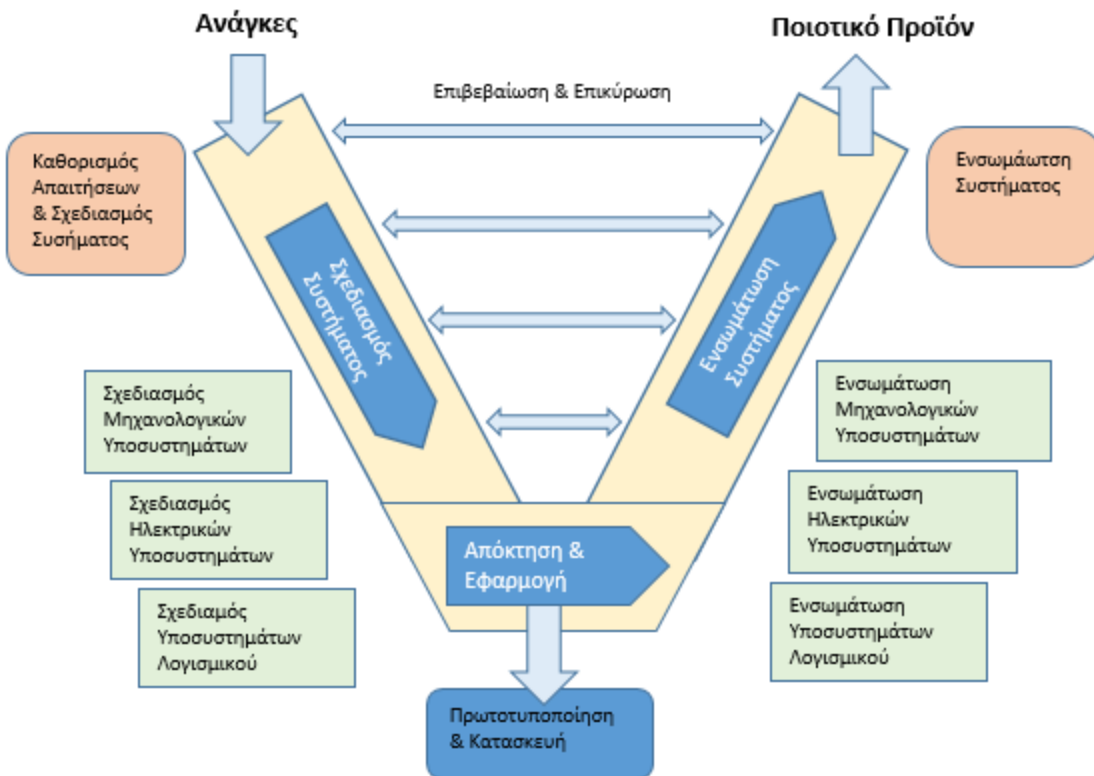
#### 6.1.4 Επιμέρους Διαδικασίες Ανάπτυξης Συστημάτων (System Development Sub-Processes)



Εικόνα 21. Στάδια Κύκλου Ζωής Ανάπτυξης Συστήματος

Τα πρώτα τρία στάδια της ανάπτυξης συστήματος μπορούν να ερμηνευτούν με ένα διάγραμμα συστήματος V. Το διάγραμμα αυτό αποκαλείται επίσης Σύστημα V (System V), Μοντέλο V (The V Model).

Το Μοντέλο V προσφέρει ένα μοντέλο μεθοδολογημένης διαδικασίας μέσω των σταδίων του κύκλου ζωής του προϊόντος. Υπάρχουν πολλές εκδοχές του μοντέλου V, διαφοροποιούμενες ανάλογα με τον τομέα, τη διαδικασία ή τον κλάδο. Ωστόσο, η βασική ιδέα είναι η ίδια.



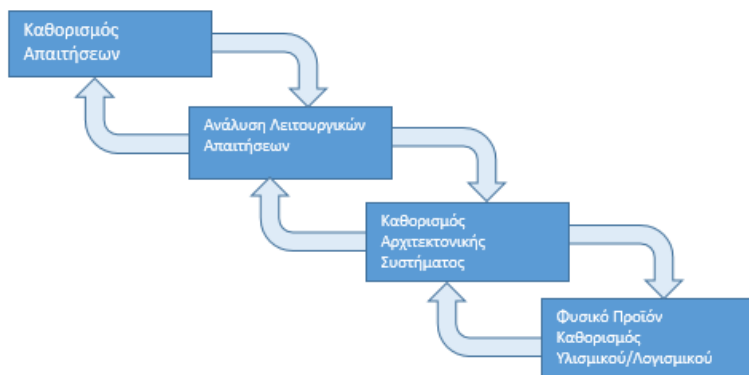
Εικόνα 22. Βασικό διάγραμμα Μοντέλου V

Η αριστερή πλευρά του «V» αναπαριστά την ανάλυση των απαιτήσεων, και τη δημιουργία προδιαγραφών. Καθώς ένα σύστημα θα περιλάμβανε διάφορα υποσυστήματα δημιουργώντας ένα σύστημα συστημάτων, κατά την κάθοδο στην αριστερή πλευρά του «V», προσδιορίζονται διάφορες απαιτήσεις υποσυστημάτων και δημιουργούνται προδιαγραφές υποσυστημάτων. Αυτά τα υποσυστήματα διαθέτουν το δικό τους «V». Το κάτω μέρος του «V» αναπαριστά τα στάδια απόκτησης και υλοποίησης (acquisition, implementation phases), όπου συγκεντρώνονται όλα τα απαραίτητα υλικά, εργαλεία, διαδικασίες και άτομα για να δημιουργήσουν τα πρωτότυπα του προϊόντος. Η δεξιά πλευρά του «V» αναπαριστά την ενσωμάτωση διάφορων υποσυστημάτων και την επικύρωσή τους. Επικύρωση σε αυτή την περίπτωση σημαίνει πραγματική δοκιμή. Θα μπορούσε να υπάρχει επικύρωση και στην αριστερή πλευρά του «V», καθώς τα μοντέλα συστημάτων 1D και τα μοντέλα 3D CAD προσομοιάζονται και επικυρώνονται ως προς τις απαιτήσεις. Μετά την επικύρωση και ενσωμάτωση υποσυστημάτων, τα υποσυστήματα ενσωματώνονται μαζί για να εκτελέσουν την ενσωμάτωση συστήματος για να πραγματοποιηθεί το τελικό προϊόν.

Στη μηχανική συστημάτων, η κύρια ροή εργασιών (workflow) για την ανάπτυξη συστήματος έχει ως εξής:

- Ορισμός απαιτήσεων σε μορφή αρχείων, μοντέλων
- Ορισμός Λειτουργική Ανάλυσης (Functional breakdown) βασισμένος στις απαιτήσεις
- Ορισμός Λειτουργικής Αρχιτεκτονικής (Logical Architecture)
- Φυσικό Προϊόν, καθορισμός υλισμικού/λογισμικού





Εικόνα 23. Επιβεβαίωση και Επικύρωση

Η ροή εργασιών ανάπτυξης (development workflow) είναι επαναλαμβανόμενη εξαιτίας αναδρομικών επαναλήψεων στο σχέδιο και την αρχιτεκτονική συστήματος και απαιτεί συνεχή επιβεβαίωση και επικύρωση των απαιτήσεων και των αρχιτεκτονικών.

## 6.2 Προσέγγιση της Βασισμένης σε Μοντέλα Μηχανικής Συστημάτων (Model Based Systems Engineering –MBSE)

Οι δραστηριότητες της Μηχανικής Συστημάτων που εξετάστηκαν, έχουν πραγματοποιηθεί σε πολλά μεγάλου σκέλους έργα σε βιομηχανίες, κυρίως στην αεροδιαστημική, αμυντική και αυτοκινητοβιομηχανία. Αυτά τα έργα έχουν χρησιμοποιήσει σαν προσέγγιση την βασισμένη σε αρχεία (Document-based) μηχανική συστημάτων. Αυτή η προσέγγιση χαρακτηρίζεται από τη γενιά των κειμενικών προδιαγραφών (Textual specifications) και των αρχείων σχεδίου (design documents), σε γραπτά αντίγραφα ή σε ηλεκτρονικά μορφότυπα και κατόπιν ανταλλάσσόμενα μεταξύ πελατών, χρηστών, δημιουργών και δοκιμαστών. Οι απαιτήσεις συστήματος και οι πληροφορίες του σχεδίου εκφράζονται σε αυτά τα αρχεία ως περιγραφικά κείμενα, σχηματικές περιγραφές δημιουργημένες με τη χρήση σχεδιαστικών εργαλείων, δεδομένα σε πίνακες και γραφικές απεικονίσεις που μπορεί να προκύπτουν από την εκτέλεση μοντέλων ανάλυσης (analysis models) ή να προέρχονται από βάσεις δεδομένων (databases).

Η Βασισμένη σε Μοντέλα Μηχανική Συστημάτων είναι η τυποποιημένη μορφή της μοντελοποίησης για την υποστήριξη δραστηριοτήτων απαιτήσεων, σχεδιασμού, ανάλυσης, εξακρίβωσης και επικύρωσης συστημάτων ξεκινώντας από το στάδιο του προκαταρκτικού σχεδιασμού και συνεχίζοντας κατά τη διάρκεια του σταδίου ανάπτυξης και αργότερα του σταδίου του κύκλου ζωής. Η συνεχής εισαγωγή νέων τεχνολογιών έχει αυξήσει την πολυπλοκότητα των προϊόντων και έχει κάνει την ανάπτυξη και διαχείριση του κύκλου ζωής των προϊόντων πιο δύσκολη.

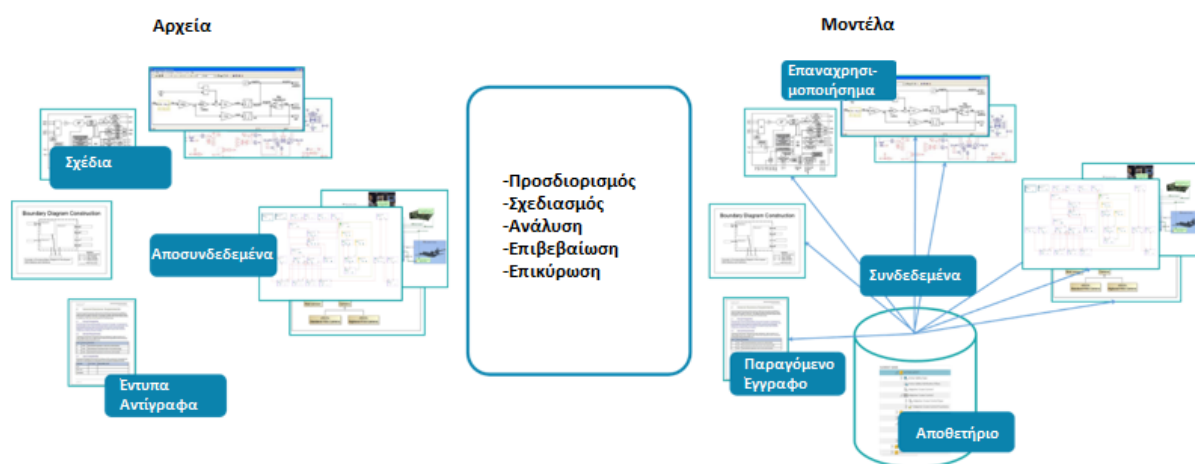
Καθώς νέα χαρακτηριστικά εισάγονται σε ένα προϊόν, απαιτούνται νέοι τομείς εμπειρογνωμοσύνης, στους οποίους συμπεριλαμβάνεται η μηχανολογία, η ηλεκτρολογία, το λογισμικό και η προσομοίωση. Κάθε τομέας εξελίσσει τις δικές του τεχνικές και προσφέρει τη δική του ομάδα ειδικευμένων εργαλείων για να επιλύσει συγκεκριμένες ομάδες προβλημάτων του σε δικές του γλώσσες. Αυτοί οι τομείς πρέπει

να επικοινωνούν για να βελτιστοποιούν την ενσωμάτωση. Η τεχνολογία έχει βοηθήσει στη βελτίωση και γεφύρωση του επικοινωνιακού κενού με ζευκτικές (connectors), μεταφραστές δεδομένων (data translators) και προσωρινές αποθήκες δεδομένων (temporary data stores). Αλλά το πραγματικό πρόβλημα δεν είναι η απώλεια πληροφοριών κατά τη μετάφραση, αλλά η αποτυχία ουσιαστικού διατομεακού συντονισμού. Με εξαίρεση τις απαιτήσεις, όπου οι περισσότερες εταιρίες έχουν τυποποιημένες διαδικασίες, υπάρχουν συχνά τόσες προδιαγραφές συστημάτων, όσοι οι τομείς, που συνεπάγεται πιθανά ετερόκλητες, ασύμβατες και διπλότυπες πληροφορίες [2].

Επίσης, ίσως να μην υπάρχει κεντρικός χώρος για τη συλλογή προδιαγραφών, εμποδίζοντας την ακριβή επικύρωση και επιβεβαίωση του ενσωματωμένου προϊόντος. Αστοχίες σε διασυνδεόμενα σημεία των τομέων μπορούν τελικά να οδηγήσουν σε χαμηλές επιδόσεις και ποιότητα προϊόντος, με αποτέλεσμα τη δυσαρέσκεια των πελατών. Μπορεί επίσης να προκαλέσει ανησυχίες σε σχέση με την ασφάλεια και κοστοβόρες ανακλήσεις προϊόντων.

Η συντονισμένη μοντελοποίηση συστημάτων κρατά τις εταιρίες και τους προμηθευτές τους συγχρονισμένους, επιτρέποντας στους τομείς να αναπτύξουν τις τεχνολογίες τους όσο πιο ανεξάρτητα γίνεται, ενώ παράλληλα μειώνουν ή απαλείφουν τις αστοχίες ενσωμάτωσης.

Το αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων τη βασισμένης σε μοντέλα μηχανικής συστημάτων (MSBE) είναι ένα συνεκτικό μοντέλο του συστήματος όπου η έμφαση αποδίδεται στη εξέλιξη και τελειοποίηση του μοντέλου με τη χρήση βασισμένων σε μοντέλα μεθόδων και εργαλείων (model-based methods and tools). Μια προσέγγιση MSBE εστιάζει στη δημιουργία ενός μοντέλου συστήματος που θα δρα σαν ενιαία πηγή αλήθειας για πληροφορίες προϊόντων. Ένα μοντέλο συστήματος μπορεί να δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας ένα εργαλείο μοντελοποίησης και να αποθηκευθεί σε ένα αποθετήριο μοντέλων (model repository).



Εικόνα 24. Μετάβαση από τα Αρχεία στα Μοντέλα

Η εφαρμογή μιας προσέγγισης MBSE παρέχει πλήθος πλεονεκτημάτων σε μια επιχείρηση όπως:

- Καλύτερη επικοινωνία μέσα στην ομάδα ανάπτυξης
- Βελτιωμένη ποιότητα προϊόντος

- Επανάχρηση προδιαγραφών συστήματος και σχεδίων τεχνημάτων (design artifacts) καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής
- Ενισχυμένη μεταφορά γνώσης μεταξύ των τομέων
- Αυξημένη παραγωγικότητα

Η κλασσική βασισμένη σε μοντέλα μηχανική συστημάτων είχε σαν αποτέλεσμα μεγάλες ιεραρχίες που ήταν δύσκολο να συντηρηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Τα μοντέλα συστημάτων βοηθούν τα προγράμματα να βελτιωθούν μέσω της διαρθρωσιμότητας και της αρθρωτής μορφής τους. Επιπλέον, μέσω της μηχανικής συστημάτων χρησιμοποιώντας μοντελοποίηση συστημάτων και αναλύοντας μέσω προσομοίωσης, τα εμπλεκόμενα μέρη αποκτούν μια εικόνα της επίτευξης ανάπτυξης συστήματος νωρίς, στον αρχικό σχεδιασμό, βοηθώντας να μειωθεί το συνολικό ρίσκο και κόστος του προγράμματος. Ωστόσο, πολλές προκλήσεις υφίστανται για την αξιοποίηση της πλήρους προοπτικής του προτύπου MBSE, όπως:

- Διατεματική ανιχνευσιμότητα προδιαγραφών (End-to-end requirements traceability)
- Τα αποτελέσματα του MBSE πρέπει να γίνονται διαθέσιμα καθόλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος
- Ανανέωση μοντέλου σε πραγματικό χρόνο του σχεδιασμένου προϊόντος κατά την ανάπτυξη και παραγωγή
- Οι πρώιμες αποφάσεις σε σχέση με το σχέδιο πρέπει να είναι επικυρωμένες λογικά και λειτουργικά χρησιμοποιώντας μοντέλα συστημάτων (επισπευσμένα- front-loading)
- Ανάγκη για κοινή γλώσσα που θα επιτρέπει την κοινή αλληλοκατανόηση
- Η αλυσίδα εργαλείων MBSE πρέπει να στηρίζεται σε τεχνολογικά ανεξάρτητα πρότυπα.

Η MBSE προσφέρει ένα διατομεακό πλαίσιο για τη σύλληψη και απεικόνιση των σχέσεων που χρειάζονται για τη δημιουργία παγκόσμιων και διατομεακών επιλογών σχεδίου που απαιτούνται για την ανάπτυξη σύγχρονων πολυτομεακών προϊόντων. Ακολουθεί ένας πιο ακριβής ορισμός της MBSE:

Η Βασισμένη σε Μοντέλα Μηχανική Συστημάτων (MBSE) είναι ένα ανοιχτό και αρθρωτής μορφής πλαίσιο του ενσωματώνει εργαλεία μοντελοποίησης και προσομοίωσης ώστε να προβλέπει την επίδοση προϊόντων και διαδικασιών μέσω ενός ευρέος φάσματος κλάδων και τομέων, συμπεριλαμβανομένων της μηχανολογίας, ηλεκτρολογίας, του λογισμικού και των συστημάτων ελέγχου.

Η MBSE επιτρέπει:

- Την σύλληψη της φωνής του καταναλωτή ως απαιτήσεις (requirements)
- Την υποστήριξη των διαδικασιών του σχεδιασμού, της παραγωγής και της εξυπηρέτησης
- Τη συντέλεση διαχείρισης προγράμματος επιχειρήσεων (program management), διαχείρισης αλλαγής και έκδοσης (change and issue management), καθώς και διαχείρισης ρυθμίσεων (configuration management)
- Την διασφάλιση συνεπών διαδικασιών δεδομένων και επιχειρήσεων (data and business processes)
- Την ενσωμάτωση και συντονισμό γνωστικών αντικειμένων σχεδιασμού: υπάρχοντα εργαλεία, υπάρχουσες διαδικασίες και άτομα

Με την αξιοποίηση του MBSE, οποιοσδήποτε ακουμπά ένα φυσικό σχέδιο μπορεί να καταλάβει τις λειτουργίες που το σχέδιο μπορεί να υποστηρίξει και το ρόλο που έχει το κάθε εξάρτημα στην εκπλήρωση μιας απαίτησης. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε πρότζεκτ που περιλαμβάνουν μηχανολογία, ηλεκτρολογία και μηχανική λογισμικού, στα οποία η απόλυτη ανιχνευσιμότητα προέλευσης είναι κομβική για την συντέλεση επανάχρησης γνώσεων και συμπράξεων.

### 6.3 Εφαρμογή της MBSE στο Πλαίσιο του PLM

Παρακάτω θα παρουσιαστεί πως μια διαδικασία MBSE μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο ενός συστήματος Διαχείρισης Κύκλου Ζωής Προϊόντος (Product Lifecycle Management- PLM).

Αυτή την περίοδο, τα PLM και MBSE είναι δύο διαφορετικές προσεγγίσεις στην ανάπτυξη προϊόντος, εξελιγμένες από διαφορετικές απαιτήσεις. Η MBSE εφαρμόζεται στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης προϊόντος και είναι συνήθως αποσυνδεδεμένη από τα συστήματα PLM.

Αρχικά, η Διαχείριση Δεδομένων Προϊόντος (Product Data Management- PMD) εισήχθει για να διεκπεραιώνει προδιαγραφές προϊόντων όπως αρχεία CAD και αρχεία απαιτήσεων. Το PLM είναι η εξέλιξη του PDM για τη διαχείριση όλων των πληροφοριών γύρω από ένα παραγόμενο προϊόν σε όλο τον κύκλο ζωής του. Τα συστήματα PLM επιτρέπουν τη διαχείριση στοιχείων προϊόντος όπως απαιτήσεις, σχέδια 2D, 3D αρχεία CAD, πληροφορίες διαδικασίας παραγωγής κλπ. Με την εισαγωγή της μοντελοποίησης συστημάτων, προκύπτει μια αυξανόμενη ανάγκη για τη διαχείριση αυτών των μοντέλων συστημάτων μαζί με τα υποκείμενα μεταδεδομένα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, τέτοια ώστε αυτά να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα ενδιαφερόμενα μέρη σε κάθε φάση του κύκλου ζωής του προϊόντος. Αυτό κάποιες φορές αναφέρεται ως Διαχείριση Κύκλου Ζωής Συστήματος. Τα συστήματα PLM γίνονται αντιληπτά ως μια βασισμένη σε έγγραφα (document-based) προσέγγιση καθώς διαχειρίζονται αρχεία και σχετικά μεταδεδομένα. Τα μελλοντικά συστήματα PLM θα πρέπει να ενσωματώνουν περισσότερη δομημένη πληροφορία με νόημα και να ακολουθούν μια ισχυρότερη προσέγγιση βασισμένη σε μοντέλα από ότι είναι σήμερα. Με άλλα λόγια, η νέα γενιά PLM πρέπει η ίδια να είναι βασισμένη σε μοντέλο (model-based). Αυτό γίνεται αντιληπτό σαν τάση αλλαγής προτύπου [3].

Στη συνέχεια αναλύονται τα έξι στάδια του MBSE στο πλαίσιο ενός συστήματος PLM τα οποία ξεκινούν από τον ορισμό των απαιτήσεων συστήματος, δημιουργία αρχιτεκτονικών συστημάτων, προσομοίωση του συστήματος για βελτιστοποίηση επιδόσεων, ανάπτυξη των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών αρχιτεκτονικών παράλληλα με την ανάπτυξη ενσωματωμένου λογισμικού ως μέρους των επιμέρους διαδικασιών ανάπτυξης, και τέλος τη σχεδίαση του τρισδιάστατου προϊόντος και την πολυτομεακή βελτιστοποίηση.

#### 6.3.1 Ρόλοι των SDPD/MBSE:

Η MBSE αποτελεί ένα πλαίσιο, όχι ένα τομέα, οπότε για να εφαρμοστεί αυτό το πλαίσιο επιτυχημένα, χρειάζεται συνεργατική προσπάθεια από ανθρώπους με διαφορετικούς ρόλους, σε έναν οργανισμό που καλύπτει πολλαπλούς τομείς. Σε διαδικασίες Οδηγούμενης από Σύστημα Ανάπτυξης Προϊόντων (Systems Driven Product Development- SDPD) συμμετέχουν οι παρακάτω ρόλοι:

#### 6.3.1.1 Αναλυτής Συστημάτων (System Analyst)

Είναι υπεύθυνος για τον προγραμματισμό, σχεδιασμό και εφαρμογή συστημάτων. Ελέγχει τις ανάγκες των πελατών, εντοπίζει περιπτώσεις χρήσης, εξάγει και αναγνωρίζει απαιτήσεις συστήματος, και εκτελεί ανάλυση συμπεριφοράς λειτουργίας (function behavioral analysis).

#### 6.3.1.2 Αρχιτέκτονας Συστήματος (System Architect)

Είναι υπεύθυνος για το προγραμματισμό της αρχιτεκτονικής και τον καθορισμό της επανάχρησης των μερών και των συγκροτημάτων. Ακόμα, έχει επίγνωση για τα συγκροτήματα που χρησιμοποιούνται και διαχειρίζεται την αρχιτεκτονική του προς διαμόρφωση συστήματος, συμπεριλαμβανομένων της δομής, της επιτρεπόμενης μεταβλητότητας, και την οπτικής/οπτικής γωνίας. Κάποιες φορές αναφέρεται ως τεχνικός αρχιτέκτον (technical architect).

#### 6.3.1.3 Σχεδιαστής Συστήματος (System Designer)

Είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή των αρχιτεκτονικών, λογικών και φυσικών σχεδίων. Δημιουργεί και διαχειρίζεται συστήματα, εκτελεί λειτουργική κατανομή (functional allocation), και μοντελοποιεί τις αλληλεπιδράσεις συστήματος. Κάποιες φορές αναφέρεται ως μηχανικός συστημάτων (system engineer).

#### 6.3.1.4 Ελεγκτής Συστήματος (System Tester)

Είναι υπεύθυνος να επιβεβαιώνει ότι το σύστημα καλύπτει τις καθορισμένες απαιτήσεις. Αξιολογεί τα αποτελέσματα του αναλυτή συστημάτων και του σχεδιαστή συστημάτων για να καθορίσει τις κατάλληλες υποθέσεις δοκιμής (test cases) για το σύστημα.

#### 6.3.1.5 Μηχανικός Τομέα (Domain Engineer)

Είναι υπεύθυνος για την πραγματοποίηση του μοντέλου συστήματος με βάση ένα τομέα εμπειρογνομosύνης (λογισμικό, ηλεκτρολογία, προσομοίωση κλπ) για την περαιτέρω ανάλυση και καταγραφή του συστήματος. Ο ρόλος του Μηχανικού Τομέα τυπικά καλύπτεται από κάποιον από τους παρακάτω:

- **Ηλεκτρολόγος/Ηλεκτρονικός Μηχανικός ή Σχεδιαστής (Electrical/Electronic-ECAD designer or engineer)**

Είναι υπεύθυνος για το σχεδιασμό πλακετών τυπωμένης καλωδίωσης (printed wiring boards-PWBs), κειμενογραφεί υλικολογισμικό και εφαρμόζει την ηλεκτρολογική, ηλεκτρονική αρχιτεκτονική και αρχιτεκτονική υλικολογισμικού (firmware architecture).

- **Μηχανολόγος Μηχανικός ή Σχεδιαστής (Mechanical –MCAD designer or engineer)**

Είναι υπεύθυνος για τον προσδιορισμό των δομικών ιδιοτήτων του σχεδίου ενός προϊόντος, των υλικών σχεδιασμού, των δομών και συστημάτων ενώ παράλληλα λαμβάνει υπόψιν τους περιορισμούς που επιβάλλονται από την πρακτικότητα, τους κανονισμούς, την ασφάλεια και το κόστος. Τέλος, εφαρμόζει την φυσική αρχιτεκτονική του μοντέλου συστήματος.

- **Μηχανικός Λογισμικού (Software Engineer)**

- Εξάγει βασικού επιπέδου απαιτήσεις λογισμικού βασισμένες σε προδιαγραφές υποσυστημάτων. Ακόμα, αναπτύσσει λογισμικό, εκτελεί ανάλυση λογισμικού, δημιουργεί

αιτήσεις αλλαγής λογισμικού (software change requests) και διαχειρίζεται τις αλλαγές καθώς και υλοποιεί το ανεπτυγμένο λογισμικό.

- **Μηχανικός Προσομοίωσης (Simulation Engineer)**

Είναι υπεύθυνος για την διαμόρφωση και λειτουργία μοντέλων προσομοίωσης βασισμένων σε υπολογιστή. Παρέχει την ανάλυση ενός λειτουργικού τομέα και συμβουλεύει με τις καλύτερες μεθόδους εφαρμογής μιας πορείας δράσης, δεδομένων των δυνατοτήτων και αδυναμιών που προκύπτουν από την προσομοίωση. Τέλος, εκτελεί προσομοιώσεις σε σχέση με μοντέλα και απαιτήσεις.

#### 6.3.1.6 Διαχειριστής Εφαρμογής (Application Administrator)

Είναι υπεύθυνος για τη διαμόρφωση του λογισμικού και των δεδομένων ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις της εταιρείας και τις ανάγκες του χρήστη.

### 6.4 Στάδια Ανάπτυξης Προϊόντος του MBSE

#### 6.4.1 Καθορισμός Απαιτήσεων/Χαρακτηριστικών (Requirements/Feature Definition)

Κατά τη διάρκεια του MBSE σταδίου της ανάπτυξης προϊόντος, οι αναλυτές συστημάτων (system analysts) θέτουν σχέδια προϊόντων και προσδοκίες ως απαιτήσεις. Ο όρος απαιτήσεις περιγράφει το προϊόν ή σύστημα που αγοράζει ο καταναλωτής, δηλαδή οι απαιτήσεις λαμβάνονται υπόψη ως προδιαγραφές πελάτη.

Οι απαιτήσεις προϊόντος προέρχονται από ποικιλία πηγών όπως βιομηχανικά πρότυπα, εντολές της εταιρίας, ανάγκες της αγοράς, συμβατικές δεσμεύσεις και προσδοκίες των πελατών. Οι απαιτήσεις μπορούν να λάβουν πολλές μορφές:

- Λειτουργικές απαιτήσεις για να εξασφαλίσουν ότι ένα προϊόν λειτουργεί όπως σχεδιάστηκε.
- Απαιτήσεις της «φωνής του πελάτη» (Voice of the customer), για να διασφαλιστεί ότι οι πελάτες λαμβάνουν τις λειτουργίες και τη λειτουργικότητα που χρειάζονται. Κάποιες απαιτήσεις σχετίζονται με πρότυπα, κατευθυντήριες γραμμές και κανονισμούς.
- Επιχειρησιακές απαιτήσεις και απαιτήσεις μάρκετινγκ για να διασφαλιστεί ότι το προϊόν ανταποκρίνεται στους στόχους των πωλήσεων και ταιριάζει σε εξειδικευμένες αγορές.

Η διαχείριση απαιτήσεων προϊόντος παίζει ένα κομβικό ρόλο στη διαδικασία της Βασισμένης σε Μοντέλα Μηχανικής Συστημάτων. Οι αναλυτές συστημάτων δημιουργούν με προσανατολισμό τη γνώμη των πελατών μέσω των απαιτήσεων. Για να είναι η διαδικασία της μηχανικής απαιτήσεων (requirements engineering) αποτελεσματική, η ομάδα πρέπει να είναι ικανή να εκτελεί τα ακόλουθα:

- Να συλλάβει, να μοιραστεί και να διατηρήσει τις απαιτήσεις χρησιμοποιώντας οικεία εργαλεία και σε ένα περιβάλλον μίας πηγής (single-source environment).
- Να συνδέσει τις απαιτήσεις με το προϊόν και όλες τις διαμορφώσεις και διαδικασίες του σε όλο τον κύκλο ζωής του.
- Να επιβεβαιώσει τις απαιτήσεις σε σχέση με τα μοντέλα του προϊόντος και να αξιολογήσει τον αντίκτυπο της αλλαγής στις απαιτήσεις ή τα μοντέλα.

Ο σχεδιασμός χαρακτηριστικών λαμβάνει χώρα πριν τη δημιουργία απαιτήσεων ως μέρος της διαδικασίας σχεδιασμού και διοίκησης. Η διαχείριση των απαιτήσεων λειτουργεί από κοινού με τη μοντελοποίηση συστημάτων και την προσομοίωση συστημάτων για να σχεδιάσει και να δοκιμάσει το

μοντέλο του συστήματος. Το επικυρωμένο μοντέλο συστήματος μπορεί κατόπιν να προχωρήσει στη διαδικασία καθορισμού φυσικής λύσης (Physical-solution-definition process) της ανάπτυξης προϊόντος.

Καθώς τα συστήματα δεν αναπτύσσονται σε ενιαίο επίπεδο (single Level), πολλά μέλη ομάδων εκτελούν τον κάθε ρόλο, όπως αναλυτής συστημάτων. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη εξελίσσεται από χαμηλού επιπέδου συστήματα, επιβλεπόμενα από αρκετούς αναλυτές συστημάτων, σε υψηλού επιπέδου συστήματα με αποκλειστικούς για αυτά αναλυτές συστημάτων.

Δυστυχώς, ανεπαρκής προγραμματισμός και παρεξηγημένες προσδοκίες επηρεάζουν περισσότερο από τα τρία τέταρτα όλων των προγραμμάτων ανάπτυξης προϊόντων. Ωστόσο, η Οδηγούμενη από Συστήματα Διαδικασία Ανάπτυξης (SDPD) βοηθά στην επίλυση και των δύο προβλημάτων κατά τη διάρκεια του σταδίου λήψης αποφάσεων.

Για να διαχειριστεί απαιτήσεις, ένας οργανισμός μπορεί να χρησιμοποιεί λογιστικά φύλλα, συνδεδεμένα έγγραφα (linked documents), προσαρμοσμένες βάσεις δεδομένων, και εργαλεία ιχνηλάτησης προσανατολισμένα σε έγγραφα. Τυπικά προβλήματα σε τέτοιες μεθόδους είναι ότι οι απαιτήσεις είναι απομονωμένες σε μεμονομένους ατομικούς υπολογιστές με περιορισμένη πρόσβαση, αποθηκευμένες σε βάσεις δεδομένων με ελάχιστη ομοιότητα με τη δομή του προϊόντος ή διατηρημένες μέσω σύνθετων διεπαφών χρηστών με σημαντικές καμπύλες μάθησης. Η SDPD αντιμετωπίζει αυτό το πρόβλημα με το να φέρνει τις απαιτήσεις μέσα στον κύκλο ζωής του προϊόντος και να απλοποιεί την ανάπτυξη και πρόσβαση στις απαιτήσεις, ενώ μειώνει ουσιαστικά την καμπύλη μάθησης.

#### 6.4.2 Καθορισμός Αρχιτεκτονικής

Η Μοντελοποίηση αρχιτεκτονικής συστήματος (System architecture modeling) είναι μια προσέγγιση που εστιάζει στο σχέδιο αρχικής σύλληψης νωρίς στη μηχανική της γραμμής παραγωγής και στην επανάχρηση υπάρχουσας γνώσης μηχανικής για τα τρία πρώτα στάδια των προδιαγραφών συστήματος:

- Απαιτήσεις (ποιός είναι ο σκοπός του συστήματος;)
- Λειτουργικές (ποιές είναι οι αρχές που διέπουν το σύστημα;)
- Λογικές (ποιό είναι το μοντέλο του συστήματος;)

Η δραστηριότητα της μοντελοποίησης συστήματος οδηγεί σε ένα λειτουργικό μοντέλο κουτιού (system model) και τις προδιαγραφές διεπαφής του. Αυτό το μοντέλο συστήματος λειτουργεί ως κανόνας που διέπει τις προδιαγραφές για τις δραστηριότητες του φυσικού σχεδίου και της ανάλυσης όπου πραγματοποιούνται τομείς προσομοίωσης λογισμικού, E/E, 3D MCAD, CAE, και 1D.

Ένα μοντέλο συστήματος αντιπροσωπεύει τη λύση για ένα στόχο ή μια απαίτηση. Οι σχεδιαστές πρέπει να βρουν μια λύση που να ανταποκρίνεται σε αυτούς τους στόχους, τις απαιτήσεις και τους σχεδιαστικούς περιορισμούς. Ένα μοντέλο συστήματος αναπαριστά αυτή τη λύση αναφορικά με τους σχετικούς στόχους και περιορισμούς. Για τη διαχείριση της πολυπλοκότητας του συστήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά μοντέλα συστήματος με τις διεπαφές τους και να προσδιοριστούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

Σαν αποτέλεσμα της μοντελοποίησης συστημάτων, οι μηχανικοί συστημάτων μπορούν να αναπαραστήσουν το σύστημα που τους ενδιαφέρει με τη μορφή δύο αρχιτεκτονικών.

#### 6.4.2.1 Λειτουργική Αρχιτεκτονική

Ένα μοντέλο λειτουργικής αρχιτεκτονικής είναι μία δομημένη αναπαράσταση των λειτουργιών, συμπεριφορών και δραστηριοτήτων ή διαδικασιών του συστήματος ή προϊόντος που σχεδιάζεται ή βελτιώνεται. Περιγράφει τις λειτουργίες και διαδικασίες, βοηθά στην ανακάλυψη απαιτήσεων και δημιουργεί μια βάση για τον προσδιορισμό του κατασκευαστικού κόστους και του κόστους υποστήριξης.

Αυτό το μοντέλο περιέχει λειτουργίες, μετασχηματισμούς, δραστηριότητες, πράξεις, εργασίες και άλλα συστατικά στοιχεία. Οι αναλυτές σχεδιασμού αναπτύσσουν αυτό το μοντέλο και δημιουργούν ένα διάγραμμα ροής δεδομένων. Αυτή η δραστηριότητα μοντελοποίησης αναφέρεται στη λειτουργική αποσύνθεση (functional decomposition). Εφόσον αρμόζει, μπορεί να χρησιμοποιηθούν μαθηματικές μέθοδοι ή προσομοιώσεις για να περιγράψουν τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων του μοντέλου και το πως αυτές αλληλεπιδρούν.

Τα στοιχεία αναπαριστώνται με δομικά στοιχεία στα διαγράμματα και δημιουργούν συνδέσμους μεταξύ των δομικών στοιχείων για να δείξουν πως σχετίζονται μεταξύ τους. Μετά τη δημιουργία στοιχείων και σχέσεων μεταξύ τους, μπορούν να ανατεθούν απαιτήσεις σε αυτά. Οι λειτουργίες ικανοποιούν τις λειτουργικές απαιτήσεις του προϊόντος, ενώ κάθε λειτουργία μπορεί να ικανοποιεί περισσότερες από μία λειτουργική απαίτηση.

Ένα λειτουργικό μοντέλο εξαρτάται από ένα συγκεκριμένο τομέα όπως η ανάπτυξη λογισμικού ή το μηχανολογικό σχέδιο. Υποστηρίζει τη συνεργασία και καθορίζει τι πρέπει να κάνει το προϊόν. Ταυτόχρονα, μπορεί να δημιουργηθεί μια ομάδα θεωρητικών μοντέλων λύσεων (λογικών μοντέλων) που οργανώνονται σε μια αποσύνθεση υποσυστήματος και περιέχουν θεωρητικά στοιχεία επίλυσης, ειδικά στον κλάδο τους. Αυτά τα δύο μοντέλα εξελίσσονται μαζί και μπορούν να δημιουργήσουν τεχνικούς περιορισμούς ή πρόσθετες ή πιο λεπτομερείς απαιτήσεις.

#### 6.4.2.2 Λογική Αρχιτεκτονική

Ο σχεδιασμός συστήματος περιλαμβάνει την αναγνώριση στοιχείων συστήματος, η οποία βασίζεται στη λειτουργική αρχιτεκτονική και στον προσδιορισμό των απαιτήσεων των στοιχείων ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις συστήματος. Αυτό περιλαμβάνει τη δημιουργία μιας λογικής αφηρημένης έννοιας (logical abstraction) της αρχιτεκτονικής του συστήματος η οποία εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται και κατόπιν ένα φυσικό σχέδιο συστήματος το οποίο εκφράζει συγκεκριμένες τεχνολογικές λύσεις. Η λογική αρχιτεκτονική είναι θεωρητική, προσανατολισμένη στη σύλληψη ιδέας, παγκόσμια και επικεντρωμένη στην επίτευξη της αποστολής και των ιδεών του κύκλου ζωής του συστήματος. Εστιάζει επίσης σε υψηλού επιπέδου δομή στα συστήματα και στα στοιχεία των συστημάτων. Αφορά τις αρχιτεκτονικές αρχές, ιδέες, ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του συστήματος ενδιαφέροντος.

Για παράδειγμα, ένα λογικό σχέδιο το οποίο είναι ανεξάρτητο τεχνολογικά μπορεί να περιλαμβάνει ένα στοιχείο που ονομάζεται γεννήτρια ροπής, ενώ εναλλακτικά φυσικά σχέδια τα οποία είναι εξαρτώμενα τεχνολογικά μπορεί να περιλαμβάνουν ένα κινητήρα εσωτερικής καύσης ή έναν ηλεκτροκινητήρα.



### 6.4.3 Καθορισμός Προσομοίωσης

Όταν υπάρχει καθορισμός του συστήματος, ο οποίος αποτελείται από λειτουργικές και λογικές αρχιτεκτονικές, ο μηχανικός προσομοίωσης δημιουργεί έναν καθορισμό προσομοίωσης για να αξιολογήσει την υλοποιησιμότητα του καθορισμού συστήματος.

Ένας ορισμός προσομοίωσης αποτελείται από πολυτομεακά μοντέλα υποσυστημάτων και στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω θυρών και διεπαφών. Αυτά τα μοντέλα υποσυστημάτων είναι μοντέλα βασισμένα στη Φυσική, ανεπτυγμένα σε διάφορους τομείς συμπεριλαμβανομένων μηχανολογικών συστημάτων και συστημάτων ελέγχου τα οποία έχουν αναπτυχθεί από μηχανικούς φυσικών μονάδων παραγωγής και μηχανικούς ελέγχου. Η τρέχουσα πρακτική στις βιομηχανίες είναι να προσομοιώνονται αυτά τα μοντέλα μονάδων παραγωγής και ελέγχου ξεχωριστά δημιουργώντας πλεονασμούς, ανεπάρκεια και ασυνέπεια στη διαδικασία σχεδιασμού. Κάποιες από τις σημερινές κοινές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι μηχανικοί προσομοίωσης περιλαμβάνουν:

- Η γρήγορη ανάλυση των ιδεών είναι δύσκολη όταν τα τεχνουργήματα των μοντέλων και οι παράμετροι βρίσκονται σε διάφορες θέσεις και απαιτείται σαφάρι δεδομένων (data safari).
- Τα υποσυστήματα πρέπει να μεταφερθούν και να συναρμολογηθούν. Η συναρμολόγηση των υποσυστημάτων μπορεί να είναι πολύπλοκη με μοντέλα που αναπτύχθηκαν χρησιμοποιώντας διαφορετικά εργαλεία. Η διαδικασία μπορεί να είναι ακόμα πιο πολύπλοκη αν υποσυστήματα από διαφορετικές ομάδες δεν συμμορφώνονται και αυτό μπορεί να οδηγήσει στην εκκίνηση μιας διαδικασίας εντοπισμού προβλημάτων. Η συναρμολόγηση μοντέλων υποσυστημάτων και η επίλυση των προβλημάτων τους είναι ένα εργώδες μοντέλο, ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψιν την ταχεία εξέλιξη του σχεδίου.
- Η συναρμολόγηση πολλαπλών μοντέλων υποσυστημάτων οδηγεί επίσης σε πολλές παραλλαγές τέτοιων συστημάτων να έχουν κοινή τοπολογία. Αυτές οι συναρμολογήσεις μπορούν πολύ σύντομα να γίνουν αρκετά πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις και διαφοροποιήσεις. Οι ομάδες δουλεύουν σε SILO και διεπαφές, οπότε γίνεται ακόμα πιο δύσκολο να ενσωματωθούν καθώς και να επαναχρησιμοποιηθούν υποσυστήματα για μια εφαρμογή.
- Αλλαγές στην αρχιτεκτονική δεν μπορούν εύκολα να μεταφερθούν μεταξύ διαφόρων χρηστών και ρόλων.

Συνολικά, η τρέχουσα χειροκίνητη διαδικασία ολοκλήρωσης καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των μηχανικών πόρων και αυτό αφήνει μόλις 20% για την ανάλυση των αποτελεσμάτων και διεξαγωγή μελετών αντιστάθμισης (trade-off studies) για να επηρεάσουν την ανάπτυξη των προϊόντων. Ένας καλά καθορισμένος καθορισμός προσομοίωσης βοηθά στην αντιμετώπιση αυτών των κοινών προκλήσεων και επιτρέπει στους μηχανικούς φυσικών μονάδων παραγωγής και στους μηχανικούς ελέγχου να συνεργάζονται αποδοτικά παρέχοντας τους μια κοινή γλώσσα επικοινωνίας, η οποία στηρίζεται σε διεπαφές και συνεπώς κάνει την ενσωμάτωση συστήματος ευκολότερη. Επιπλέον, αυτοί οι ορισμοί προσομοίωσης είναι διαχειριζόμενοι στο πλαίσιο κύκλου ζωής ως μέρος συστήματος PLM το οποίο επιτρέπει την ιχνηλασιμότητα σε πραγματικό χρόνο των δεδομένων προσομοίωσης πίσω στον καθορισμό της αρχιτεκτονικής. Επί του παρόντος, το πλαίσιο των SDPD/MBSE επιτρέπει τη δημιουργία ενός καθορισμού προσομοίωσης παρέχοντας δύο λύσεις:

- Με την παροχή ενός πολυτομεακού μοντέλου διαχείρισης περιβάλλοντος που επιτρέπει την ενσωμάτωση διαφόρων μοντέλων προσομοίωσης κατασκευασμένων σε διαφορετικά περιβάλλοντα/εργαλεία σε μια κοινή αρχιτεκτονική προσομοίωσης.
- Με την παροχή ενός πακέτου μηχανολογικής προσομοίωσης που επιτρέπει τη δημιουργία ενός πολυτομεακού μοντέλου προσομοίωσης σε ένα κοινό περιβάλλον.

Παράλληλα με σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων, η δημιουργία ενός τέτοιου καθορισμού προσομοίωσης πολλαπλών τομέων παρέχει σε έναν οργανισμό τα ακόλουθα οφέλη:

- Γρήγορη ανάλυση συνδυασμού χαρακτηριστικών για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας.
- Επαναχρησιμοποίηση μοντέλων και άλλων τεχνουργημάτων με παράλληλη αξιολόγηση της βιωσιμότητας.
- Ανάλυση της λειτουργικής απόδοσης των μηχανολογικών συστημάτων από τα πρώτα στάδια ανάπτυξης.
- Βελτιστοποίηση της σύνθετης αλληλεπίδρασης μεταξύ μηχανικών, υδραυλικών, πνευματικών, θερμικών και ηλεκτρολογικών/ηλεκτρονικών συστημάτων πολύ πριν γίνει διαθέσιμο το πρώτο φυσικό πρωτότυπο.
- Δημιουργία προληπτικά μιας κρίσιμης λειτουργίας και βελτίωση της συνολικής απόδοσης και ποιότητας του προϊόντος.
- Αποφυγή των ελαττωμάτων του σχεδιασμού, εξερεύνηση καινοτόμων σχεδίων και επιτάχυνση της ανάπτυξης προϊόντων.

#### 6.4.4 Ηλεκτρολογικά/Ηλεκτρονικά

Ένα σύστημα αποτελείται από ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά υποσυστήματα τα οποία πρέπει να καθοριστούν, να αναλυθούν και να ενσωματωθούν μόλις καθοριστούν οι προδιαγραφές του συστήματος. Αυτά τα υποσυστήματα έχουν τους δικούς τους κύκλους ζωής για ανάπτυξη. Αυτό το στάδιο των SDPD/MBSE περιλαμβάνει ηλεκτρική/ηλεκτρονική αρχιτεκτονική σχεδίαση, ολοκλήρωση και βελτιστοποίηση, και πάλι, στο πλαίσιο των συστημάτων PLM.

Κάποια κύρια χαρακτηριστικά αυτού του σταδίου περιλαμβάνουν:

- Ολιστικό και συνεκτικό Ηλεκτρολογικό/Ηλεκτρονικό Αρχιτεκτονικό Σχεδιασμό και Βελτιστοποίηση.
- Αυτοματοποίηση της δημιουργίας σχεδίου Συστήματος Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, ενημέρωση και επικύρωση του μέσω αυτοματισμού που βασίζεται σε κανόνες (rules-based automation).
- Ενσωματωμένη Αρχιτεκτονική Λογισμικού και Σχεδιασμός Δικτύων.

Παρόμοια με έναν μηχανικό προσομοίωσης που δημιουργεί έναν καθορισμό προσομοίωσης, ένας μηχανικός τομέα που εργάζεται στις περιοχές του τομέα Ηλεκτρολογικών/Ηλεκτρονικών θα λάβει προδιαγραφές υποσυστήματος μέσω ενός κοινόχρηστου περιβάλλοντος που επιτρέπει στους μηχανικούς τομέα να σχεδιάσουν τα υποσυστήματα τους. Αυτό παρέχει τα ακόλουθα οφέλη σε μια επιχείρηση:

- Ανάλυση σκοπιμότητας και βελτιστοποίηση σε όλους τους τομείς Ηλεκτρολογικών/Ηλεκτρονικών.
- Λήψη επιστημονικών αποφάσεων σχεδιασμού και έγκαιρη πραγματοποίηση μελετών αντιστάθμισης (trade-off studies).
- Βελτίωση των απαιτήσεων κόστους σε σχέση με τις απαιτήσεις απόδοσης και επικύρωση του σκοπού σχεδιασμού κατά την εξέλιξη της διαδικασίας.
- Δημιουργία τομέων Υλισμικού, Λογισμικού, MUX και EDS μέσω της πλατφόρμας.
- Αποτελεσματικός σχεδιασμός, ενημέρωση και επικύρωση μέσω βασισμένου σε κανόνες παραγωγικού αυτοματισμού.
- Δημιουργία σωστών κατασκευαστικά αποτελέσματος σχεδίασης και επικύρωση του σκοπού του σχεδιασμού κατά την εξέλιξη της διαδικασίας.
- Αποτελεσματική ενσωμάτωση προμηθευτών και δημιουργία αυτοματοποιημένης τεκμηρίωσης υποστήριξης.
- Σχεδιασμός, ανάλυση και βελτιστοποίηση πολυπλεγμένων (multiplexed) εσωτερικών δικτύων συστημάτων, χειροκίνητα ή αυτοματοποιημένα με τη χρήση παραγωγικής σύνθεσης (generative synthesis), βασισμένης στις απαιτήσεις χρονισμού.
- Ενσωμάτωση και βελτίωση των Εξαρτημάτων και της Αρχιτεκτονικής Λογισμικού για επαναχρησιμοποίηση σε εφαρμογές μονάδων ελέγχου, ανάπτυξη κώδικα εφαρμογής.

Η αποτελεσματική αρχιτεκτονική Ηλεκτρολογικών/Ηλεκτρονικών, ο σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση επιτρέπουν στους μηχανικούς συστημάτων να επιβεβαιώνουν τις απαιτήσεις του υποσυστήματος νωρίς στη φάση της ανάπτυξης παρέχοντας έτσι βέλτιστες προδιαγραφές σχεδιασμού στους μηχανικούς ECAD.

#### 6.4.5 Ενσωματωμένο Λογισμικό (Embedded Software)

Το πέμπτο στάδιο της SDPD/MBSE είναι η Ανάπτυξη Ενσωματωμένου Λογισμικού (Embedded Software Development –ESD). Κάποια από τα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα της ESD στην SDPD/MBSE είναι:

- Εκτέλεση ανάλυσης λογισμικού.
- Πραγματοποίηση αλλαγών λογισμικού, δημιουργία λογισμικού Software-in-Loop.
- Μεταγλώττιση (Compilation) κώδικα και επαλήθευση της αλλαγής λογισμικού με το Software-in-Loop.

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα της Ανάπτυξης Ενσωματωμένου Λογισμικού είναι:

- Ενορχήστρωση της ανάπτυξης σε όλο τον κύκλο ζωής της εφαρμογής.
- Αξιοποίηση του ανοιχτού πλαισίου ενσωματώνοντας σε αυτόν τον τομέα και την Διαχείριση Κύκλου Ζωής.
- Διευκόλυνση της Διαδικασίας Ευέλικτης Ανάπτυξης (Agile Development Process)

Αυτή η φάση της MBSE υποστηρίζεται από λογισμικά όπως:

- Λογισμικό Polarion για τη Διαχείριση Κύκλου Ζωής Εφαρμογής (Polarion Software for Application Lifecycle Management -ALM).
- Λογισμικό Teamcenter Active Workspace για PLM.

Η Ενσωματωμένη Διαχείριση Λογισμικού μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο Active Workspace για την αναπαράσταση τεχνουργημάτων λογισμικού στο Teamcenter. Μπορεί να γίνει σύνδεση αυτών των

τεχνουργημάτων λογισμικού με ένα τεχνούργημα έκδοσης λογισμικού στο Polarion με τη χρήση του Linked Data Framework.

Με τη χρήση της Ενσωματωμένης Διαχείρισης Λογισμικού, μπορεί να δημιουργηθεί ένα στοιχείο Αρχιτεκτονικής Λογισμικού στο Teamcenter. Αυτό είναι ένα λογικό στοιχείο που αντιπροσωπεύει τον ορισμό συστήματος για το ενσωματωμένο λογισμικό. Μπορούν ακόμα να δημιουργηθούν σύμβολα υποκατάστασης (placeholders) για τα διαφορετικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής λογισμικού και στη συνέχεια να γίνει σύνδεση αυτών των στοιχείων με την περίπτωση στην οποία υλοποιούνται, για παράδειγμα, μια έκδοση λογισμικού Polarion. Δημιουργείται έτσι ιχνηλασιμότητα μεταξύ της αρχιτεκτονικής (σχέδιο) και της υλοποίησης.

Καθώς η σύνδεση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας το Συνδεδεμένο Πλαίσιο Δεδομένων (Linked Data Framework), πρέπει να διασφαλιστεί ότι ο διαχειριστής έχει εγκαταστήσει και έχει ρυθμίσει το Συνδεδεμένο Πλαίσιο Δεδομένων και την Ενσωματωμένη Διαχείριση λογισμικού (Embedded Software Manager).

#### 6.4.6 3D CAE και Διεπιστημονική Βελτιστοποίηση (3D CAE & Multi-Disciplinary Optimization)

Αυτή είναι η φάση σχεδιασμού φυσικού προϊόντος του πλαισίου SDPD/MBSE.

Σε αυτή τη φάση, ο σχεδιαστής προϊόντων ECAD / MCAD σχεδιάζει τα φυσικά στοιχεία του συστήματος με βάση τη δομή του προϊόντος που δημιουργήθηκε από τον μηχανικό συστημάτων / μηχανικό έκδοσης σχεδιασμού (design release engineer). Στη συνέχεια, οι μηχανικοί προσομοίωσης εκτελούν μηχανικές δραστηριότητες με τη βοήθεια υπολογιστή για να αναλύσουν τη συμπεριφορά του συστήματος σε 3D και να πραγματοποιήσουν διεπιστημονική βελτιστοποίηση.

Βασικές δραστηριότητες σε αυτή τη διαδικασία περιλαμβάνουν:

- Καθορισμό φυσικών λύσεων, συμπεριλαμβανομένου του εντοπισμού εξαρτημάτων μεταφοράς και του καθορισμού νέων εξαρτημάτων, καθώς και της κυκλοφορίας λύσεων προϊόντων (product solutions).
- Δημιουργία μηχανολογικής διάταξης και διαχείριση δεδομένων μηχανολογικής σχεδίασης, συμπεριλαμβανομένου του PMI.
- Δημιουργία ηλεκτρικής διάταξης και διαχείριση δεδομένων ηλεκτρικού σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένων μηνυμάτων, καλωδίσεων και πλακετών τυπωμένης καλωδίωσης.
- Ανάπτυξη και διαχείριση ενσωματωμένου λογισμικού.
- Διαχείριση των καθολικών παραμέτρων, των προδιαγραφών βαθμονόμησης και της συμβατότητας της έκδοσης.

Η Διαχείριση Δεδομένων Προϊόντος (PDM) επινοήθηκε για τη διαχείριση δεδομένων 3D CAD. Παρόλο που το PDM ήταν επιτυχές στην επίτευξη των στόχων, οι βιομηχανίες συνειδητοποίησαν σύντομα την ανάγκη για μια πιο στιβαρή αρχιτεκτονική που θα επέτρεπε την ανταλλαγή των δεδομένων της δομής του προϊόντος. Το πλαίσιο της SDPD επιτρέπει τη δημιουργία μιας δομής προϊόντος σε ένα ενιαίο χώρο αποθήκευσης PLM που καθοδηγεί το σχεδιασμό των φυσικών στοιχείων. Αυτή η δομή προϊόντος προέρχεται από τον ορισμό του συστήματος που δημιουργήθηκε στο αποθετήριο PLM (PLM repository). Επομένως, τα τρισδιάστατα δεδομένα CAD που δημιουργούνται από τη δομή του προϊόντος συνδέονται

άμεσα με τις απαιτήσεις, τις λειτουργίες και τα λογικά στοιχεία του ορισμού του συστήματος, διευκολύνοντας την ιχνηλασιμότητα κλειστού βρόχου του καθορισμού προϊόντος.

Επίσης, ως μέρος της διαδικασίας σχεδιασμού χρειάζεται να επιβεβαιωθεί μέσω ελέγχου ότι ένα τελικό προϊόν πληροί τις απαιτήσεις σχεδιασμού. Αυτό περιλαμβάνει εργασίες όπως η μέτρηση μεγεθών και ο έλεγχος των αποστάσεων, ο υπολογισμός τάσεων και μετατόπισης εξαρτημάτων κ.λπ. Πρέπει επίσης τα αποτελέσματα να κοινοποιούνται σε άλλους με αποτελεσματικό τρόπο.

Μια τέτοια λύση παρέχεται από το Siemens PLM. Χρησιμοποιώντας μια ενσωματωμένη σουίτα εργαλείων που περιλαμβάνουν Teamcenter Active Workspace, NX και Simcenter 3D, μαζί με πιο εξελιγμένες ενσωματώσεις με προσομοίωση 1D, βοηθώντας την επιχείρηση να διαχειριστεί την πολυπλοκότητα των προϊόντων πολλών τομέων και να παρακολουθεί μεγάλο αριθμό προϊόντων και τεχνικές απαιτήσεις μέσω της διαδικασίας σχεδιασμού.

Μερικές βασικές πτυχές αυτής της λύσης περιλαμβάνουν:

- Διαχείριση μετρήσιμων χαρακτηριστικών (Measurable attributes management):
- Μέσω αιτημάτων ανάλυσης (Analysis Requests) Active Workspace:
  - Εξαγωγή βασικών στόχων απόδοσης από το Teamcenter SDPD.
  - Σύνδεση αυτών των απαιτήσεων με μετρήσεις στο NX.
  - Συσχέτιση της μέτρησης της ανάλυσης με τη γεωμετρία της φυσικής διεπαφής.
  - Επιστροφή αυτών των αποτελεσμάτων στο Teamcenter SDPD.
- Εντός NX:
  - Καθορισμός των διεπαφών.
  - Δημιουργία οπτικών αναφορών κατάστασης βασικών δεικτών απόδοσης.
- Λογική – Φυσική διασταυρούμενη ανίχνευση (cross probing):
- Δυναμική οπτική διασταύρωση αμφίδρομων κατευθύνσεων μεταξύ φυσικών μοντέλων CAD NX και μοντέλων λογικής αρχιτεκτονικής Active Workspace.

Παρόμοια με ένα αίτημα ανάλυσης για 1D προσομοίωση, το SDPD υποστηρίζει την ιχνηλασιμότητα μεταξύ λογικής αρχιτεκτονικής και φυσικού CAD χρησιμοποιώντας ένα αίτημα ανάλυσης στο πλαίσιο της ετερογενούς σχεδίασης και προσομοίωσης. Αυτή η λύση παρέχει τα ακόλουθα οφέλη:

- Επιτρέπεται στους χρήστες NX να αναγνωρίζουν και να επικυρώνουν τις βασικές τιμές σχεδιασμού και να μεταβιβάζουν αυτά τα δεδομένα στο σύστημα διαχείρισης χαρακτηριστικών SDPD του Teamcenter.
- Παρέχονται οπτικές μέθοδοι για την παρακολούθηση Βασικών Δεικτών Απόδοσης (Key Performance Indicators -KPIs).
- Κεντρική βάση δεδομένων για KPIs.
- Βελτιωμένη επικοινωνία στο πλαίσιο του τεχνικού σχεδιασμού.
- Καταργείται η ανάγκη και ο κίνδυνος επανεισαγωγής τιμών.
- Παρέχεται πιο σίγουρη, αξιόπιστη και πλήρης εικόνα της ωριμότητας του προϊόντος.
- Δυνατότητα εκτέλεσης ανάλυσης επιπτώσεων για να διευκολυνθεί η συνεχής διαδικασία επικύρωσης.
- Απλοποιημένη τεκμηρίωση των διαδικασιών.

## 7. Αντίκτυπος του PLM

### 7.1 Αντιμετώπιση Προβλημάτων και Παροχή Ευκαιριών

Το PLM παρέχει στις εταιρείες έναν τρόπο να ξεπεράσουν προβλήματα που σχετίζονται με τα υπάρχοντα προϊόντα και με την ανάπτυξη νέων προϊόντων. Συνεισφέρει επίσης στο να αξιοποιήσουν πολλές ευκαιρίες για προϊόντα που εμφανίζονται στην αγορά.

#### 7.1.1 Δυσκολίες στη Διαχείριση του Προϊόντος

Η διαχείριση του προϊόντος σε όλο τον κύκλο ζωής του δεν είναι εύκολη. Κατά την ανάπτυξη ενός προϊόντος, δεν υφίσταται υλικά. Δεν αποτελεί έκπληξη συνεπώς, ότι κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης της ζωής του είναι δύσκολο να ελεγχθεί. Από τη στιγμή που υπάρχει ένα προϊόν, χρησιμοποιείται συνήθως στην τοποθεσία που βρίσκεται ο πελάτης, όπου και πάλι, είναι δύσκολο για μια εταιρεία να διατηρήσει τον έλεγχό του.

Μέσα σε μια εταιρεία, η ευθύνη για το προϊόν μπορεί να αλλάξει σε διαφορετικές φάσεις του κύκλου ζωής. Η διατήρηση μιας κοινής συνεκτικής προσέγγισης σε αυτές τις περιστάσεις μπορεί να είναι δύσκολη και χρονοβόρα. Γίνεται ακόμη μεγαλύτερη η πρόκληση στο περιβάλλον Εκτεταμένης Επιχείρησης (Extended Enterprise). Τα ζητήματα δεν είναι πλέον μόνο διαλειτουργικά, αλλά και πολυεπιχειρησιακά. Και γίνεται ακόμη πιο δύσκολο όταν μια εταιρεία εργάζεται σε διαφορετικές Εκτεταμένες Επιχειρήσεις για διαφορετικά προϊόντα. Σε διαφορετικές στιγμές, η ευθύνη για το προϊόν μπορεί στη συνέχεια να είναι σε πολλές ομάδες, σε διαφορετικές εταιρείες. Μπορεί να βρίσκονται σε πολλές ηπείρους, σε διαφορετικές ζώνες ώρας και να μιλούν διαφορετικές γλώσσες.

Με την παγκοσμιοποίηση, η διαχείριση των προϊόντων έγινε ακόμη πιο περίπλοκη. Ακόμη και οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις αντιμετώπισαν ανταγωνιστές απ' όλο τον κόσμο οι οποίοι έφεραν παρόμοια προϊόντα, αλλά με καλύτερο λόγο κόστους/απόδοσης από τα δικά τους. Το αποτέλεσμα του αυξημένου ανταγωνισμού ήταν ότι οι εταιρείες έπρεπε να είναι πιο καινοτόμες, να αναπτύξουν καλύτερα προϊόντα, να τα αναπτύξουν πιο γρήγορα και με χαμηλότερο κόστος. Η παγκοσμιοποίηση σήμαινε επίσης ότι οι εταιρείες έπρεπε να είναι κοντά στους πελάτες σε πολλά μέρη, να κατανοούν τις απαιτήσεις των πελατών και να είναι σε θέση να πωλούν προϊόντα σε πολλά περιβάλλοντα.

Ωστόσο, η κατάσταση μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη χώρα. Οι εταιρείες πρέπει να κατανοήσουν και να λάβουν υπόψη αυτές τις διαφορές. Για παράδειγμα, πρέπει να εφαρμόσουν σωστή τιμολόγηση σε πολλά διαφορετικά περιβάλλοντα. Πρέπει επίσης να παρέχουν τεχνικές πληροφορίες, ανταλλακτικά, προϊόντα και υπηρεσίες σε πολλές τοποθεσίες και γλώσσες. Ακόμα, πρέπει να πληρούν τους κανονισμούς σε πολλές χώρες και να συντονίσουν την εισαγωγή νέων και τροποποιημένων προϊόντων στην παγκόσμια αγορά.

#### 7.1.2 Απώλεια του Ελέγχου

Σε ένα τόσο περίπλοκο και απαιτητικό περιβάλλον, είναι εύκολο για τις εταιρείες που αναπτύσσουν, παράγουν και υποστηρίζουν προϊόντα να χάσουν τον έλεγχο ενός προϊόντος.

Εάν μια εταιρεία χάσει τον έλεγχο, οι συνέπειες μπορεί να είναι σοβαρές. Αν χάσει τον έλεγχο κατά την ανάπτυξη του προϊόντος, το προϊόν μπορεί να καθυστερήσει να κυκλοφορήσει στην αγορά και να υπερβεί το στοχοθετημένο κόστος. Τα αποτελέσματα της απώλειας ελέγχου κατά τη χρήση του

προϊόντος μπορεί να είναι απογοήτευση και έλλειψη ικανοποίησης για τον πελάτη, ή πολύ χειρότερα, τραυματισμός και θάνατος. Για την εταιρεία, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι πλήγμα για την εικόνα της και απώλεια πελατών που ανησυχούν για τυχόν προβλήματα στα προϊόντα. Θα μπορούσαν επίσης να περιλαμβάνουν απώλεια των εσόδων σε εταιρείες που εισάγουν προϊόντα στην αγορά γρηγορότερα, και μειωμένα κέρδη λόγω του κόστους των ανακλήσεων και των νομικών υποχρεώσεων που προκύπτουν από τη χρήση του προϊόντος.

Τέτοια συμβάντα μπορούν να επιφέρουν μεγάλες απώλειες χρημάτων και χρόνου. Για παράδειγμα, ορισμένα στοιχεία δόθηκαν σε μια Έκθεση του Γραφείου Λογοδοσίας της Κυβέρνησης των ΗΠΑ Ιανουαρίου 2010. Αυτή έδειξε ότι η σωρευτική αύξηση κόστους στο χαρτοφυλάκιο του Υπουργείου Άμυνας των 96 κύριων προγράμμάτων του ήταν 296 δισεκατομμύρια δολάρια και η μέση καθυστέρηση στην εισαγωγή σε υπηρεσία των συστημάτων που παράλληλα πληρούσαν τις υποσχεθείσες ικανότητες ήταν 22 μήνες.

Ένα παράδειγμα προϊόντος που άργησε να κυκλοφορήσει στην αγορά είναι το Airbus A380. Η παράδοση του πρώτου A380 είχε αρχικά προγραμματιστεί για το τελευταίο τρίμηνο του 2005. Τελικά παραδόθηκε το δεύτερο εξάμηνο του 2007, με 2 χρόνια καθυστέρηση. Το κόστος της καθυστερημένης παράδοσης υπολογίζεται σε 6 δισεκατομμύρια δολάρια.

Το πρόβλημα με το A380 παρουσιάστηκε μέσα στο πρότζεκτ ανάπτυξης του. Ωστόσο, προβλήματα με τα προϊόντα μπορεί να εμφανιστούν ακόμη νωρίτερα στη ζωή τους, για παράδειγμα κατά τον ορισμό των προδιαγραφών τους. Την εποχή της εμπορικής παρουσίας του Airbus A350 τον Δεκέμβριο του 2004, αναμενόταν να τεθεί σε λειτουργία το 2010. Οι αρχικές προδιαγραφές βασίστηκαν σε επέκταση ενός υπάρχοντος αεροσκάφους. Αυτό συνεπαγόταν γρήγορη διαθεσιμότητα και σχετικά χαμηλό κόστος ανάπτυξης. Ωστόσο, λόγω του περιορισμένου ενδιαφέροντος από δυνητικούς πελάτες, ένα αεροσκάφος με νέα σχεδίαση, το A350 XWB (Extra Wide Body), προτάθηκε το 2006. Η εισαγωγή σε υπηρεσία ανακοινώθηκε για τα τέλη του 2014, 4 χρόνια αργότερα από ό,τι αναμενόταν. Το πρώτο αεροπλάνο παραδόθηκε στις Qatar Airways τον Δεκέμβριο του 2014.

Προβλήματα μπορεί επίσης να προκύψουν κατά την κατασκευή του προϊόντος. Για παράδειγμα, το 2006, κατασκευαστές υπολογιστών όπως η Apple Computer, η Dell, η Hitachi, η Lenovo και η Toshiba ανακοίνωσαν την αντικατάσταση των μπαταριών ιόντων λιθίου που ήταν κατασκευασμένες από τη Sony οι οποίες θα μπορούσαν να υπερθερμανθούν σε ορισμένες περιπτώσεις και αποτελούσαν κίνδυνο για την ασφάλεια.

Προβλήματα μπορεί επίσης να προκύψουν κατά τη χρήση του προϊόντος. Στις 25 Ιουλίου 2000, το πλήρωμα ενός Concorde της Air France παρατήρησε απώλεια ισχύος και φωτιά κάτω από την αριστερή πτέρυγα αμέσως μετά απογείωση του στο Παρίσι. Το αεροσκάφος βγήκε εκτός ελέγχου και έπεσε πάνω σε ένα ξενοδοχείο. Δύο χρόνια νωρίτερα, στις 2 Σεπτεμβρίου 1998, λίγο μετά την απογείωση από τη Νέα Υόρκη, το πλήρωμα πτήσης της Swissair Flight 111, ένα MD-11, παρατήρησε μια αφύσικη οσμή στο κόκπιτ. Η προσοχή τους εστιάστηκε σε μια περιοχή πίσω και από πάνω τους, αλλά οτιδήποτε κι αν ήταν στη συνέχεια εξαφανίστηκε. Θεώρησαν ότι ήταν καπνός και αποφάσισαν να προσγειωθούν, αγνοώντας της φωτιά που έκαιγε πάνω από την οροφή στο μπροστινό μέρος του αεροσκάφους. Η φωτιά

εξαπλώθηκε, αλλοιώνοντας τα συστήματα του αεροσκάφους και το περιβάλλον του πιλοτηρίου. Το αεροσκάφος συνετρίβη στον Ατλαντικό Ωκεανό κοντά στο Χάλιφαξ της Νέας Σκωτίας.

Προβλήματα μπορεί επίσης να εμφανιστούν στο τέλος του κύκλου ζωής του προϊόντος. Για παράδειγμα, το γαλλικό υπουργείο Άμυνας είχε προβλήματα το 2005 και το 2006 με το Q790, παλαιότερα γνωστό ως το αεροπλανοφόρο Clemenceau. Με εκατοντάδες τόνους αμιάντου επί του σκάφους, η αποσυναρμολόγηση της γάστρας για σκραπ δεν θα ήταν εύκολη. Μια αποτυχημένη προσπάθεια διάλυσης του Q790 στην Τουρκία, ακολούθησε την απόφαση διάλυσής του στην Ινδία. Το Q790 απέπλευσε από το Τουλόν στη Γαλλία στα τέλη του 2005 για να διαλυθεί στο Αλάνγκ της Ινδίας. Κατόπιν άρνησης εισόδου στην Ινδία, ρυμουλκήθηκε 10.000 μίλια πίσω στη Γαλλία.

Οι απομιμήσεις μπορεί να είναι ένα άλλο αποτέλεσμα απώλειας ελέγχου. Εταιρείες που κατασκευάζουν προϊόντα χωρίς σημαντικές διαφορές στη φύση τους όπως λογισμικό, ρούχα, DVD και φαρμακευτικά προϊόντα υφίστανται συχνά παραποίηση προϊόντων και πειρατεία. Έκθεση του 2009 από τον Οργανισμό για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη ανέφερε ότι το διεθνές εμπόριο σε πλαστά και πειρατικά προϊόντα θα μπορούσε να φτάσει τα 250 δισεκατομμύρια δολάρια το 2007.

Ένας άλλος τύπος προβλήματος που σχετίζεται με το προϊόν επισημάνθηκε το 2006 όταν ανακοινώθηκε ότι το FBI απέτρεψε μια απόπειρα κλοπής και πώλησης εμπορικών απορρήτων της Coca-Cola, που απ' ότι φαίνεται περιελάμβαναν πληροφορίες για ένα νέο προϊόν.

Τα προβλήματα δεν περιορίζονται σε προϊόντα και εταιρείες υψηλού προφίλ. Κάθε μήνα ο ιστότοπος της Επιτροπής Ασφάλειας Καταναλωτικών Προϊόντων των ΗΠΑ αναφέρει ανακλήσεις προϊόντων όπως ποτήρια που μπορεί να σπάσουν κατά τη χρήση, κάμερες που μπορεί να υπερθερμανθούν, σκαμπό που μπορεί να γίνουν ασταθή, ψεκαστήρες γκαζόν που μπορεί να σπάσουν, συσκευασίες κεριών που μπορεί ανάφλεγουν και κορδόνια περισφίξης για την κουκούλα φούτερ που αποτελούν κίνδυνο στραγγαλισμού για τα παιδιά.

Ομοίως, κάθε μήνα ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων των Η.Π.Α. καταγράφει ανακλήσεις, αποσύρσεις από την αγορά και προειδοποιήσεις για την ασφάλεια προϊόντων όπως κατεψυγμένες φράουλες, οφθαλμικές σταγόνες, ταινίες μέτρησης γλυκόζης του αίματος, υγρά μαντηλάκια και φάρμακα. Και κάθε μήνα, το Γραφείο της Διεύθυνσης Διερεύνησης Βλαβών της Εθνικής Οδικής Κυκλοφοριακής Ασφάλειας παραθέτει αναφορές ανάκλησης οχημάτων που απευθύνονται σε μέρη όπως αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων, δεξαμενές καυσίμων, κινητήρες υαλοκαθαριστήρων, εύκαμπτους σωλήνες, σύνδεσμους, παξιμάδια και μπουλόνια.

### 7.1.3 Πηγές των Προβλημάτων

Οι εταιρείες δεν επιθυμούν να έχουν προβλήματα με τα προϊόντα τους, καθώς αυτά τα προβλήματα μπορούν να κοστίσουν πολλά χρήματα. Εάν παρουσιαστεί ένα πρόβλημα, μια εταιρεία θα κάνει ό,τι μπορεί για να κατανοήσει την πηγή και για να αποτρέψει την επανεμφάνιση του προβλήματος. Σε κατάσταση πρόληψης, οι εταιρείες προσπαθούν να εντοπίσουν και να κατανοήσουν πιθανά προβλήματα με σκοπό να αποτρέψουν την εμφάνισή τους. Διαπιστώνεται επανειλημμένα ότι τα ζητήματα σχετίζονται με στοιχεία που εμφανίζονται στο πλέγμα PLM (Εικόνα 26).



Περιοχή Προβλήματος	Ζητήματα
Προϊόντα	Εσφαλμένα ή ασαφώς καθορισμένα προϊόντα
Δεδομένα	Δεδομένα εκτός ελέγχου, δεδομένα σε σιλό, διαφορετικοί ορισμοί δεδομένων, λαθος δομημένα δεδομένα
Διαδικασίες	Ακαθόριστες, ασαφείς, αντικρουόμενες διαδικασίες
Εφαρμογές	Νησίδες Αυτοματισμού, εφαρμογές που λείπουν, αναποτελεσματικές διεπαφές εφαρμογών
Έργα	Ασαφής κατάσταση έργου, ασαφείς στόχοι έργου, μεγάλος αριθμός έργων
Εξοπλισμός	Μηχανήματα και άδειες λογισμικού υποχρησιμοποιούνται ή δεν χρησιμοποιούνται
Άτομα	Λείπουν ειδικές δεξιότητες, έλλειψη εκπαίδευσης
Οργάνωση	Ακαθόριστες μέθοδοι εργασίας, διαφορές μεταξύ δομών σε διαφορετικές τοποθεσίες

Εικόνα 25. Ορισμένες αιτίες προβλημάτων σχετικών με προϊόντα

#### 7.1.4 Ευκαιρίες

Το PLM παρέχει έναν τρόπο για να ξεπεραστούν προβλήματα με τη χρήση και την υποστήριξη των υπαρχόντων προϊόντων και με την ανάπτυξη νέων. Αλλά το PLM δεν έχει μόνο τη δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων στον κύκλο ζωής του προϊόντος και στην ανάπτυξη νέων προϊόντων. Βοηθά επίσης τις εταιρείες να εκμεταλλευτούν τις πολλές ευκαιρίες της αγοράς για νέα προϊόντα. Οι υπάρχουσες τεχνολογίες όπως τα ηλεκτρονικά, η πληροφορική, οι τηλεπικοινωνίες, η ρομποτική, η βιοτεχνολογία και το Διαδίκτυο προσφέρουν πολλά περιθώρια για νέα προϊόντα, όπως και οι νεότερες τεχνολογίες όπως η νανοτεχνολογία και η γενετική.

Το PLM δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να επωφεληθούν από τις πολλές ευκαιρίες που σχετίζονται με τα προϊόντα, οι οποίες είναι διαθέσιμες στις αρχές του εικοστού πρώτου αιώνα. Μερικές από αυτές τις ευκαιρίες είναι το αποτέλεσμα νέων τεχνολογιών όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, η Κοινωνική Τεχνολογία (Social Technology), η Κινητή Τεχνολογία (Mobile Technology), τα Μαζικά Δεδομένα (Big Data), η Ανάλυση Δεδομένων και το Cloud. Οι υπόλοιπες οφείλονται σε κοινωνικές και περιβαλλοντικές αλλαγές, ή σε μακροοικονομικές δυνάμεις όπως π.χ. η παγκοσμιοποίηση.

Η παγκοσμιοποίηση έχει οδηγήσει σε τεράστιες ευκαιρίες. Δισεκατομμύρια άνθρωποι μπορούν πλέον να επωφεληθούν από προϊόντα στα οποία προηγουμένως δεν είχαν πρόσβαση. Οι εταιρείες μπορούν να προσφέρουν προϊόντα σε μια παγκόσμια αγορά. Οι προκύπτουσες ευκαιρίες για πωλήσεις και κέρδη είναι σημαντικές. Το ίδιο όμως και οι πιθανοί κίνδυνοι. Για τις περισσότερες εταιρείες μόλις πρόσφατα τέτοιες ευκαιρίες έγιναν διαθέσιμες. Στη δεκαετία του 1990, αν και πολλές εταιρείες ήταν διεθνείς ή πολυεθνικές, μόνο λίγοι μπορούσαν να προσφέρουν ένα προϊόν σε όλο τον κόσμο. Αλλά περιορίστηκαν, για τον ένα ή τον άλλο λόγο, σε μικρότερες αγορές. Ως αποτέλεσμα των αλλαγών, η πιθανή αγορά για τις περισσότερες εταιρείες είναι όχι περισσότεροι από μερικές εκατοντάδες εκατομμύρια πελάτες για το προϊόν σε μια τοπική περιφερειακή αγορά, αλλά πάνω από 7 δισεκατομμύρια πελάτες παγκοσμίως. Που σημαίνει ότι, για πολλές εταιρείες, η πιθανή αγορά είναι ήδη πάνω από 20 φορές μεγαλύτερη από πριν. Και η αγορά αναμένεται να αυξηθεί στα 8 δισεκατομμύρια έως το 2025 και στα 9 δισεκατομμύρια έως το 2040.

Ο αριθμός των ευκαιριών που ανοίγονται στον εικοστό πρώτο αιώνα φαίνεται απεριόριστος. Ίσως ήταν πολύ επικίνδυνο να επιδιωχθούν όταν η διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος ήταν εκτός ελέγχου, η παραγωγή σε μακρινές χώρες είχε απροσδόκητα προβλήματα και οι πελάτες διαμαρτύρονταν συνεχώς για προβλήματα στα προϊόντα. Αυτό συνέβαινε σε ημέρες πριν από το PLM, όταν το πρότυπο ήταν

τμηματικό. Σήμερα ωστόσο το PLM επιτρέπει στις εταιρείες να αναπτύσσουν και να υποστηρίζουν κορυφαίες υπηρεσίες και προϊόντα σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους.

## 7.2 Η Διάδοση του PLM

Το PLM χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών που αναπτύσσουν, παράγουν και υποστηρίζουν προϊόντα. Χρησιμοποιείται στη Διακριτή Κατασκευή (Discrete Manufacturing), την Κατασκευή Διεργασιών (Process Manufacturing) και στις βιομηχανίες διανομής και υπηρεσιών. Χρησιμοποιείται επίσης στην έρευνα, την εκπαίδευση, την άμυνα και άλλους κυβερνητικούς οργανισμούς.

Το PLM χρησιμοποιείται σε όλα τα μεγέθη εταιρειών που κυμαίνονται από μεγάλες πολυεθνικές εταιρείες έως μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις. Οι ιδιαίτερες απαιτήσεις PLM των εταιρειών διαφορετικών μεγεθών μπορεί να διαφέρουν, αλλά οι θεμελιώδεις απαιτήσεις όχι. Σε εταιρείες όλων των μεγεθών, τα προϊόντα, τα δεδομένα προϊόντων, η ανάπτυξη προϊόντων και οι διαδικασίες υποστήριξης πρέπει να είναι υπό διαχείριση και δεδομένα προϊόντος πρέπει να ανταλλάσσονται με άλλους οργανισμούς. Απαιτείται διαχείριση των αιτήσεων και οι άνθρωποι πρέπει να εκπαιδεύονται ώστε να εργάζονται όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά με το PLM.

Ο κατάλογος των προϊόντων για τα οποία χρησιμοποιείται το PLM είναι μακρύς. Περιλαμβάνει γεωργικά μηχανήματα, αεροσκάφη, ποτά, αυτοκίνητα, χημικά, υπολογιστές, ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης, ηλεκτρικό εξοπλισμό, την ηλεκτρική ενέργεια, ανελκυστήρες, κυλιόμενες σκάλες, τρόφιμα, έπιπλα, φυσικό αέριο, ασφάλιση, εργαλειομηχανές, μηχανές, ιατρικό εξοπλισμό, φάρμακα, κινητά τηλέφωνα, στεγαστικά δάνεια, εξοπλισμό γραφείου, υπεράκτιες κατασκευές, φαρμακευτικά προϊόντα, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μάντες μετάδοσης ισχύος, επεξεργασμένα τρόφιμα, ψυγεία, πυραύλους, πλοία, παπούτσια, λογισμικό, τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό, προϊόντα τηλεπικοινωνιών, τηλέφωνα, παιχνίδια, τρένα, τουρμπίνες, πλυντήρια, ρολόγια, νερό και παράθυρα.

Το PLM έχει να κάνει με τη "διαχείριση προϊόντων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους" και εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε εταιρεία έχει ένα προϊόν. Εφαρμόζεται σε εταιρείες που κάνουν πολλά πανομοιότυπα ή παρόμοια προϊόντα όπως αυτοκίνητα, μηχανήματα και ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Ακόμα βρίσκει εφαρμογή σε εταιρείες που παράγουν μοναδικά προϊόντα στο είδος τους και σε εταιρείες, όπως τύπου Job shop, όπου κάθε προϊόν προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του πελάτη. Το PLM είναι ζωτικής σημασίας για το Job shop γιατί παρέχει έλεγχο και ορατότητα για κάθε μεμονωμένο προϊόν. Τα χαρακτηριστικά διαχείρισης παραμέτρων του PLM διασφαλίζουν ότι όλες οι πληροφορίες σχετικά με το προϊόν είναι υπό έλεγχο. Και το PLM παρακολουθεί τι παραγγέλθηκε και τι παραδόθηκε, καθώς και τι συνέβει στο προϊόν μετά την παράδοση στον πελάτη.

Το PLM χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο. Χρησιμοποιείται στη Βόρεια Αμερική, τη Νότια Αμερική, την Ασία, την Αυστραλία, την Αφρική και την Ευρώπη.

Το σημείο εκκίνησης για το PLM διαφέρει από τη μια εταιρεία στην άλλη. Σε ορισμένες εταιρείες, μια λειτουργία μπορεί να θεωρηθεί στρατηγικής σημασίας ή μπορεί να θεωρηθεί ως δοκιμαστική για νέες προσεγγίσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι αρχικές δραστηριότητες του PLM συχνά ξεκινούν σε αυτή τη λειτουργία. Σε ορισμένες εταιρείες, η επιλογή του σημείου εκκίνησης για το PLM μπορεί να εξαρτάται

από τις απαιτήσεις άλλων εταιρικών πρωτοβουλιών. Και σε άλλες εταιρείες, η επιλογή μπορεί να είναι απάντηση σε συγκεκριμένες ανάγκες ή συγκεκριμένα προβλήματα.

### 7.3.1 Συνέπειες του PLM

Η μετάβαση στο Πρότυπο PLM έχει σημαντικές συνέπειες για τα στοιχεία του πλέγματος PLM. Προκύπτουν πολλές αλλαγές για κάθε στοιχείο. Η ημερομηνία και η σειρά με την οποία οι εταιρείες πραγματοποιούν αυτές τις αλλαγές διαφέρει ανάλογα με την εταιρεία. Ορισμένες εταιρείες άρχισαν να κάνουν αυτές τις αλλαγές αμέσως μετά την εμφάνιση του PLM το 2001. Συχνά, διαπίστωναν ότι μπορούσαν να βασιστούν στην εμπειρία που είχαν αποκτήσει με παρόμοιες αλλαγές σε άλλους τομείς της εταιρείας.

Με το Πρότυπο PLM, οι δραστηριότητες για τη διαχείριση των προϊόντων μιας εταιρείας πρέπει να οργανωθούν, να οριστούν και να τεκμηριωθούν σε διαλειτουργικές επιχειρησιακές διαδικασίες στη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Οι διαδικασίες εντάσσονται στην Αρχιτεκτονική Επιχειρηματικών Διαδικασιών (Business Process Architecture) της εταιρείας. Όπου είναι δυνατόν, οι εργασίες εκτελούνται παράλληλα για να μειωθούν οι χρόνοι των κύκλων (cycle times). Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, κάθε τμήμα καθόριζε τις δικές του δραστηριότητες ανεξάρτητα από τις άλλες λειτουργίες. Και συχνά οι δραστηριότητες δεν ήταν επίσημα τεκμηριωμένες, ενώ οι εργασίες εκτελούνταν με τη σειρά. Η αλλαγή στις επιχειρησιακές διαδικασίες είναι κάτι για το οποίο ορισμένες εταιρείες είχαν ήδη εμπειρία. Συχνά είχαν ξεκινήσει τον Επανασχεδιασμό των Επιχειρηματικών Διαδικασιών (Business Process Re-engineering) σε άλλους τομείς της εταιρείας τη δεκαετία του 1990.

Με το Πρότυπο PLM, ένα σύστημα διαλειτουργικής διαχείρισης δεδομένων προϊόντος (PDM) διαχειρίζεται δεδομένα προϊόντος σε όλο τον κύκλο ζωής του. Με βάση το προηγούμενο πρότυπο, κάθε τμήμα διαχειριζόταν τα δικά του δεδομένα ανεξάρτητα από τα άλλα τμήματα.

Με το Πρότυπο PLM, τα δεδομένα προϊόντος (τα δεδομένα που καθορίζουν τα προϊόντα μιας εταιρείας) αποτελούν περιουσιακό στοιχείο της εταιρείας. Το περιεχόμενο, η μορφή και η δομή είναι λεπτομερή και καταγεγραμμένα σε ένα μοντέλο δεδομένων προϊόντος. Τα δεδομένα προϊόντος θεωρούνται ως μιας μορφής Πνευματική Ιδιοκτησία. Είναι ένας πολύτιμος στρατηγικός πόρος. Το μοντέλο δεδομένων προϊόντος ταιριάζει στο Μοντέλο Δεδομένων Επιχείρησης (Enterprise Data Model). Με βάση το προηγούμενο πρότυπο, η έννοια των δεδομένων προϊόντος δεν υπήρχε. Υπήρχαν δεδομένα μάρκετινγκ, δεδομένα μηχανικής και δεδομένα παραγωγής. Τα δεδομένα που καθόριζαν ένα προϊόν ήταν σε διάφορα έγγραφα που δημιουργήθηκαν ανεξάρτητα σε κάθε τμήμα. Άλλοτε ήταν έντυπα, άλλοτε ηλεκτρονικά.

Άλλοτε ήταν σε ένα «Κατάστημα σχεδίων», άλλοτε σε ένα συρτάρι γραφείου, άλλοτε σε ένα σκληρό δίσκο.

Με το Πρότυπο PLM, οι εφαρμογές λογισμικού που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη δραστηριοτήτων που σχετίζονται με προϊόντα σε όλο τον κύκλο ζωής τους πρέπει να ταιριάζουν σε μία συνολική εταιρική Αρχιτεκτονική Πληροφοριακών Συστημάτων (IS Architecture). Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, κάθε τμήμα επέλεγε τις δικές του εφαρμογές με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης του τμήματος.

Με το Πρότυπο PLM, οι διάφορες μέθοδοι (όπως Design For Assembly και Life Cycle Assessment) που υποστηρίζουν δραστηριότητες σχετικές με το προϊόν σε όλο τον κύκλο ζωής του πρέπει να εντάσσονται στις συνολικές Αρχιτεκτονικές Επιχειρηματικών Διαδικασιών και Πληροφοριακών Συστημάτων της εταιρίας. Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, κάθε τμήμα επέλεγε και εφάρμοζε τις μεθόδους του ανεξάρτητα.

Με το Πρότυπο PLM, οι Βασικοί Δείκτες Απόδοσης (Key Performance Indicators -KPIs) είναι προσανατολισμένοι στις επιχειρήσεις. Το Time to Market, ο χρόνος για την εισαγωγή ενός προϊόντος στην αγορά είναι ένα παράδειγμα. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το «% έσοδα από προϊόντα λιγότερα των 5 ετών». Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, οι KPIs ήταν τμηματικοί. Ένας τυπικός KPI ήταν ο «Αριθμός εργαζομένων στο Τμήμα Μάρκετινγκ».

Με το Πρότυπο PLM, η αρχιτεκτονική προϊόντων, το χαρτοφυλάκιο προϊόντων, τα προϊόντα πλατφόρμας, οι οικογένειες προϊόντων και η σχέση ενός προϊόντος με άλλα προϊόντα είναι όλα σημαντικά. Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, κάθε νέο προϊόν αναπτυσσόταν από την αρχή. Η λειτουργικότητά του ήταν πρωταρχικής σημασίας. Η δομή του, η σχέση του με άλλα προϊόντα και ο βαθμός επαναχρησιμοποίησης των υπαρχόντων εξαρτημάτων θεωρούνταν δευτερεύοντα ζητήματα.

Με το Πρότυπο PLM, οι άνθρωποι εργάζονται σε Ομάδες Οικογενειών Προϊόντων (Product Family Teams) και είναι συγκεντρωμένοι στην επιτυχία των προϊόντων της οικογένειάς τους. Με βάση το προηγούμενο πρότυπο, οι άνθρωποι προσλαμβάνονταν, εκπαιδεύονταν και εργάζονταν σε τμηματική βάση. Οι δραστηριότητές τους αποφασίζονταν από τους διευθυντές των τμημάτων. Μπορούσαν να προαχθούν εντός του τμήματος και επικεντρώνονταν σε θέματα που σχετίζονταν με το τμήμα τους.

Με το Πρότυπο PLM, τα Παγκόσμια Προϊόντα δίνουν τη δυνατότητα σε δισεκατομμύρια ανθρώπους να επωφεληθούν από προϊόντα στα οποία προηγουμένως δεν είχαν πρόσβαση. Τα Παγκόσμια Προϊόντα είναι κατασκευασμένα προϊόντα που μπορούν να αγοραστούν και να χρησιμοποιηθούν σε όλο τον κόσμο, και συντηρούνται και υποστηρίζονται παγκοσμίως. Συχνά αναπτύσσονται και κατασκευάζονται σε πολλές τοποθεσίες και συναρμολογούνται από υλικά και εξαρτήματα που κατασκευάζονται επίσης σε πολλές τοποθεσίες. Παραδείγματα περιλαμβάνουν αεροπλάνα, αυτοκίνητα, μηχανές, ρολόγια, ρούχα, αναψυκτικά, φαρμακευτικά προϊόντα, σαπούνι, λογισμικό ηλεκτρονικών υπολογιστών, παιχνίδια υπολογιστών και ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα, όπως tablet, τηλεοράσεις και smartphone. Έτσι, δισεκατομμύρια άνθρωποι μπορούν να επωφεληθούν από προϊόντα στα οποία δεν είχαν προηγουμένως πρόσβαση. Κατά το προηγούμενο πρότυπο, αν και πολλές εταιρείες ήταν διεθνείς ή πολυεθνικές, πολύ λίγες προσέφεραν προϊόντα σε όλο τον κόσμο.

Με το Πρότυπο PLM, η Οργάνωση και η Διαχείριση είναι προσανατολισμένες στις επιχειρήσεις, επίσημα καθορισμένες, κύκλου ζωής, ολιστικές, ψηφιακές, συνεκτικές και εστιασμένες στο προϊόν. Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, ήταν τεχνικά προσανατολισμένες, απροσδιόριστες, τμηματικές, αποσπασματικές, με βάση έντυπα μέσα, διαχωρισμένες και μη εστιασμένες.

### 7.3.2 Επακόλουθα του PLM

Αρκετά επακόλουθα προκύπτουν από την εφαρμογή του Πρότυπου PLM.

Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, τα ζητήματα που σχετίζονται με το προϊόν δεν θεωρούνταν ως αντικείμενο για διαχείριση. Με το PLM, τα κορυφαία στελέχη κατανοούν και μπορούν να διατυπώσουν την ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση του κύκλου ζωής του προϊόντος. Καθορίζουν τους βασικούς δείκτες μέτρησης, αλλά και πώς θα γίνει η διαχείριση της δραστηριότητας.

Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, οι άνθρωποι σκέφτονταν λειτουργικά για την εταιρεία. Ένας Αντιπρόεδρος Μάρκετινγκ, ένας Αντιπρόεδρος Μηχανικής και ένας Αντιπρόεδρος Παραγωγής θα αναφέρονταν στο Διευθύνων Σύμβουλο (CEO). Οι διευθυντές γραμμών προϊόντων θα αναφέρονταν μέσω ενός πίνακα. Με το PLM, ένας Chief Product Officer (CPO) έχει την ευθύνη για όλα τα προϊόντα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής. Ο CPO αναφέρεται στον Διευθύνοντα Σύμβουλο. Το ίδιο και ο Οικονομικός Διευθυντής (CFO) και ο Chief Information Officer (CIO). Οι διαχειριστές προϊόντων αναφέρονται στον CPO.

Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, οι άνθρωποι του μάρκετινγκ και των πωλήσεων θα ανέτρεχαν στο χαρτοφυλάκιο προϊόντων. Αυτό ήταν το χαρτοφυλάκιο των υπαρχόντων προϊόντων. Παράλληλα τα στελέχη στο τμήμα Μηχανικής θα ανέτρεχαν στο χαρτοφυλάκιο του έργου. Αυτό ήταν το χαρτοφυλάκιο των πρότζεκτ για την ανάπτυξη νέων προϊόντων. Με το PLM, όλοι όσοι σχετίζονται με τον κύκλο ζωής προϊόντος ανατρέχουν στο ολοκληρωμένο χαρτοφυλάκιο που περιέχει τόσο τα υπάρχοντα προϊόντα όσο και αυτά που βρίσκονται σε εξέλιξη. Και η αξία του ενσωματωμένου χαρτοφυλακίου αποτελεί βασικό KPI.

Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, ο κανόνας ήταν «να λαμβάνεται υπόψιν η φωνή του πελάτη». Με το PLM, ο κανόνας είναι «να λαμβάνεται υπόψιν η φωνή του προϊόντος το συντομότερο δυνατό». Δηλαδή μπορεί το προϊόν να αναφέρει τον τρόπο λειτουργίας του, για παράδειγμα χρησιμοποιώντας το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things -IoT). Και φυσικά, παράλληλα λαμβάνεται υπόψιν η Φωνή του Πελάτη.

Σύμφωνα με το προηγούμενο πρότυπο, οι άνθρωποι πραγματοποιούσαν μια Έρευνα Πελατών για να καταλάβουν τι σκέφτονταν οι πελάτες σχετικά με τα υπάρχοντα και μελλοντικά προϊόντα. Με το PLM, υφίσταται η Συμμετοχή των Πελατών. Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως η κινητή τηλεφωνία, το GPS, Τεχνολογία αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification -RFID) και τεχνολογία IoT, τα στελέχη ανταλλάσσουν πληροφορίες απευθείας με έναν πελάτη που χρησιμοποιεί το προϊόν. Η αναπληροφόρηση από έναν πελάτη κατά τον πραγματικό χρόνο χρήσης παρέχει πιο πολύτιμες πληροφορίες από μια φόρμα έρευνας.

## 7.4 Οφέλη του PLM

### 7.4.1 Στρατηγικά Οφέλη

Το PLM βελτιώνει τη δραστηριότητα της ανάπτυξης προϊόντων, χωρίς την οποία μια εταιρεία δεν μπορεί να επιβιώσει. Η πηγή των μελλοντικών εσόδων για μια εταιρεία είναι η δημιουργία νέων προϊόντων και υπηρεσιών. Το PLM είναι μια δραστηριότητα που επιτρέπει σε μια εταιρεία να αυξήσει τα έσοδα της βελτιώνοντας την καινοτομία, μειώνοντας το χρόνο διάθεσης στην αγορά για νέα προϊόντα και παρέχοντας αποτελεσματική υποστήριξη και νέες υπηρεσίες για υπάρχοντα προϊόντα. Ακόμα, το PLM βοηθά τα νέα προϊόντα να κυκλοφορήσουν γρηγορότερα στην αγορά. Είναι σημαντικό για μια εταιρεία

να φέρει ένα προϊόν στην αγορά έγκαιρα. Διαφορετικά ο πελάτης θα επιλέξει το προϊόν ενός ανταγωνιστή πριν το προϊόν της εταιρείας κυκλοφορήσει.

Το PLM δίνει τη δυνατότητα σε μια εταιρεία να μειώσει το κόστος που σχετίζεται με το προϊόν. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να μειωθεί το κόστος του προϊόντος, διαφορετικά ο πελάτης θα επιλέξει το προϊόν ενός ανταγωνιστή που κοστίζει λιγότερο από το προϊόν της εταιρείας. Το κόστος των υλικών και της ενέργειας που σχετίζεται με το προϊόν ρυθμίζονται νωρίς στη διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος. Το PLM παρέχει τα εργαλεία και τη γνώση για να ελαχιστοποιηθούν. Και το PLM συμβάλλει στη μείωση του κόστους ανάκλησης, εγγύησης και ανακύκλωσης τα οποία έρχονται αργότερα στη ζωή του προϊόντος.

Το PLM επιτρέπει την καλύτερη υποστήριξη της χρήσης των προϊόντων από τους πελάτες. Είναι σημαντικό για μια εταιρεία να υποστηρίζει τη χρήση των προϊόντων της από τους πελάτες. Διαφορετικά μπορεί να σταματήσουν να χρησιμοποιούν το προϊόν της εταιρείας και να το αντικαταστήσουν με αυτό ενός ανταγωνιστή.

Το PLM επιτρέπει τη μεγιστοποίηση της αξίας ενός προϊόντος κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Με ακριβείς, ενοποιημένες πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα που είναι διαθέσιμα, μπορούν να βρεθούν χαμηλού κόστους τρόποι οι οποίοι να παρατείνουν την προσοδοφόρα διάρκεια ζωής τους.

Το PLM ελέγχει τα προϊόντα σε όλο τον κύκλο ζωής. Ως αποτέλεσμα, οι διευθυντές αντιμετωπίζουν λιγότερο κίνδυνο και ανάγκες αντιμετώπισης προβλημάτων. Μπορούν έτσι να αφιερώσουν περισσότερο χρόνο για να προετοιμάσουν μελλοντικά προϊόντα.

Αυξημένα έσοδα	Μειωμένο κόστος
Αυξημένος αριθμός πελατών	Μειωμένο ενεργειακό κόστος
Αυξημένη γκάμα προϊόντων	Μειωμένο κόστος ανάπτυξης
Αυξημένες πωλήσεις νέων προϊόντων	Μειωμένο κόστος υλικών
Αυξημένες πωλήσεις ώριμων προϊόντων	Μειωμένο κόστος ευθύνης
Αυξημένες τιμές προϊόντων	Μειωμένο κόστος κατασκευής πρωτοτύπων
Αυξημένο εύρος υπηρεσιών	Μειωμένο κόστος επανεπεξεργασίας
Αυξημένες τιμές υπηρεσιών	Μειωμένο κόστος τεκμηρίωσης
Αυξημένα έσοδα από υπηρεσίες	Μειωμένο κόστος εγγύησης

Εικόνα 26. Τα οφέλη του PLM μεταφράζονται σε αυξημένα έσοδα και μειωμένο κόστος

#### 7.4.2 Επιχειρησιακά Οφέλη

Η PLM βοηθά τις εταιρείες να αναπτύξουν και να παράγουν προϊόντα σε διαφορετικές τοποθεσίες. Επιτρέπει τη συνεργασία σε όλη την αλυσίδα σχεδιασμού και την αλυσίδα εφοδιασμού. Ακόμα, το PLM βοηθά στη διαχείριση της Πνευματικής ιδιοκτησίας και στη μεγιστοποίηση της επαναχρησιμοποίησης της γνώσης του προϊόντος. Συνεισφέρει στην ενοποίηση της διαχείρισης προϊόντων και διαδικασιών, και στην διαχείριση διαδικασιών όπως π.χ. Διαχείριση Αλλαγών Μηχανικής (Engineering Change Management). Βοηθά ακόμα, στη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς.

Το PLM παρέχει διαφάνεια σχετικά με το τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Προσφέρει στους διαχειριστές ορατότητα σχετικά με το τι πραγματικά συμβαίνει με τα προϊόντα και με τα έργα ανάπτυξης προϊόντων, τροποποίησης και απόσυρσης. Χωρίς το PLM, συχνά αντιμετωπίζουν μια τεράστια μάζα αντικρουόμενων πληροφοριών για ένα προϊόν. Το PLM τους δίνει την ευκαιρία να διαχειριστούν καλύτερα, καθώς με πρόσβαση στις σωστές πληροφορίες, αυτοί μπορούν να λάβουν καλύτερες αποφάσεις.

Το PLM παρέχει οφέλη σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Παραδείγματα περιλαμβάνουν την ταχύτερη κυκλοφορία των προϊόντων στην αγορά, την παροχή καλύτερης υποστήριξης για τη χρήση τους και καλύτερη διαχείριση τους στο τέλος της ζωής τους.

## Βιβλιογραφία

- [1] A. Saaksvuori and A. Immonen, Product Lifecycle Management, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004
- [2] Friedenthal, S., Moore, A. and Steiner, R., 2014. A practical guide to SysML: the systems modeling language. Morgan Kaufman
- [3] Adam, A., Binder, B., Bretz, L., DiMaio, M., von Dungern, O., Hooshmand, Y., Kaufmann, U., Muggeo, C., Munker, F., Pfenning, M. and Priglinger, S., 2015. 10 theses about MBSE and PLM—Challenges and Benefits of Model Based Engineering. PLM4MBSE Working Group Position Paper, Gesellschaft für Systems Engineering eV  
[http://gfse.de/Dokumente\\_Mitglieder/ag\\_ergebnisse/PLM4MBSE/PLM4MBSE\\_Position\\_paper\\_V\\_1\\_0.pdf](http://gfse.de/Dokumente_Mitglieder/ag_ergebnisse/PLM4MBSE/PLM4MBSE_Position_paper_V_1_0.pdf).
- [4] Camp R (1989) Benchmarking: the search for industry best practices that lead to superior performance. Quality Press, Milwaukee
- [5] Christensen C (1997) The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail. McGraw-Hill, New York
- [6] Cooper R (1986) Winning at new products. Holt, Rinehart and Winston of Canada
- [7] Cooper R (2001) Portfolio management for new products. Basic Books, Cambridge
- [8] Crnkovic I (2003) Implementing and integrating product data management and software configuration management. Artech House Publishers, Norwood
- [9] Deming WE (1982) Out of the crisis. The MIT Press, Cambridge
- [10] Goldense BL (2014) Product development metrics survey: research summary. Goldense Group, Inc.
- [11] Griffin A (2007) The PDMA tool book 3 for new product development. Wiley, New York
- [12] Hammer M (1993) Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution. HarperCollins Publishers, New York
- [13] Khan K (2012) The PDMA handbook of new product development. Wiley, New York
- [14] Kotter J (1996) Leading change. Harvard Business School Press, Boston
- [15] Pine J (1992) Mass customization: the new frontier in business competition. Harvard Business Review Press, Boston
- [16] Porter M (1985) Competitive advantage: creating and sustaining superior performance. Free Press, New York
- [17] Project Management Institute (2013) A guide to the project management body of knowledge. Project Management Institute, Drexel Hill
- [18] Stark J (1988) Managing CAD/CAM: implementation, organization, and integration. McGrawHill, New York



- [19] Stark J (1992) Engineering information management systems: beyond CAD/CAM to concurrent engineering support. Van Nostrand Reinhold, New York
- [20] Stark J (2004) Product lifecycle management: 21st century paradigm for product realisation. Springer, London
- [21] Stark J (2007) Global product: strategy, product lifecycle management and the billion customer question. Springer, London
- [22] Womack J (1990) The machine that changed the world. Free Press, New York
- [23] Ullman, David G. *The mechanical design process*. Vol. 6. New York: McGraw-Hill, 2017.
- [24] Gausemeier, J. and Moehring, S., 2002. VDI 2206-A new guideline for the design of mechatronic systems. IFAC Proceedings Volumes, 35(2), pp.785-790.
- [25] Salehi, Vahid. Introduction to SDPD.
- [26] Salehi, Vahid. Simulation of Mechatronic Product
- [27] Siemens GTAC Documentation
- [28] Siemens MBSE Tutorial Volume 1
- [29] Michael Grieves (2007) Product Lifecycle Management Driving the Next Generation of Lean Thinking
- [30] John Stark Product Lifecycle Management Volume 1: 21st Century Paradigm for Product Realisation Third Edition