



Διπλωματική Εργασία



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

Προγραμματισμός βιομηχανοποίησης και κοστολόγησης αμυντικού προϊόντος

Πρίφτης Ιωάννης

A.M 202

Επιβλέπων καθηγητής: Μαρκάκη Μαρία

Ηράκλειο, Σεπτέμβριος 2023

**Copyright © Ιωάννης Πρίφτης, 2023**

**Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.**

**Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το πρόγραμμα δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος**

## Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπων καθηγήτρια της εργασίας μου, κυρία Μαρκάκη Μαρία, για την καθοδήγηση και τις συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκειά της και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον αντικείμενο. Επίσης, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου που με στήριξε με κάθε τρόπο σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

	<b>Nomenclature</b>	<b>Ονοματολογία</b>
BOM	Bills of Materials	Λίστα υλικών
DIB	Defense Industrial Base	Αμυντική Βιομηχανική Βάση
MPS	Material Production Schedule	Πρόγραμμα Κύριας Παραγωγής
MRP	Material Requirements Planning	Σχεδιασμός Απαιτήσεων Υλικών
OEM	Original Equipment Manufacturer	Κατασκευαστής Πρωτότυπου Εξοπλισμού
TDP	Technical Data Package	Τεχνικό Πακέτο Δεδομένων

## Περίληψη

Ο Σχεδιασμός Απαιτήσεων Υλικών (MRP) παίζει κρίσιμο ρόλο στην υποστήριξη των πολύπλοκων λειτουργιών και διαδικασιών της αμυντικής βιομηχανίας. Οι κύριοι στόχοι του MRP περιλαμβάνουν τη διασφάλιση της έγκαιρης διαθεσιμότητας κρίσιμων εξαρτημάτων, την απλούστευση των αλυσίδων εφοδιασμού, τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης αποθεμάτων και τη διευκόλυνση του αποτελεσματικού προγραμματισμού παραγωγής. Χρησιμοποιώντας το MRP, οι οργανισμοί άμυνας εξουσιοδοτούνται να λαμβάνουν αποφάσεις βασισμένες σε δεδομένα, να βελτιώνουν την λειτουργική ετοιμότητα και να μειώνουν τους κινδύνους της αλυσίδας εφοδιασμού. Παρά τις προκλήσεις υλοποίησης, το μέλλον του MRP στον τομέα της αμυντικής βιομηχανίας επιφέρει ακόμη μεγαλύτερες ευκαιρίες, επιτρέποντας στους οργανισμούς να διατηρούν ευελιξία, προσαρμοστικότητα και ετοιμότητα για την αντιμετώπιση νέων απειλών και προκλήσεων στο παγκόσμιο τοπίο ασφάλειας. Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εξετάζει τη σημασία του Σχεδιασμού Απαιτήσεων Υλικών στην αμυντική βιομηχανία μέσω εκτεταμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης, διερευνώντας τα οφέλη, τις εφαρμογές, τις προκλήσεις και τον πιθανό ρόλο του στον διαμορφωτικό χαρακτήρα των επιχειρήσεων άμυνας.

## **Abstract**

Material Requirements Planning (MRP) plays a critical role in supporting the complex operations and processes of the defense industry. Its primary objectives include ensuring the timely availability of critical components, simplifying supply chains, optimizing inventory management, and facilitating efficient production schedules. Using MRP, defense organizations are empowered to make data-driven decisions, enhance operational readiness, and mitigate supply chain risks. Despite implementation challenges, the future of MRP in the defense sector holds even greater promise, enabling organizations to maintain agility, adaptability, and preparedness to address emerging threats and challenges in the global security landscape. This thesis delves into the significance of Material Requirements Planning in the defense industry through an extensive literature review, investigating its benefits, applications, challenges, and potential role in shaping the future of defense enterprises.

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	
Περίληψη .....	
Abstract .....	
Περιεχόμενα .....	1
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> - Εισαγωγή .....	3
1.    Αμυντική Βιομηχανία - Χαρακτηριστικά .....	3
2.    Technical Data Package (TDP) .....	6
3.    Ανάλυση Technical Data Package (TDP) .....	6
4.    Αρχές του Materials Requirements Planning .....	7
5.    Προαπαιτούμενα και υποθέσεις MRP .....	11
6.    Είσοδοι και έξοδοι MRP .....	17
7.    Τεχνικές Time phasing .....	20
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .....	23
1.    Καταχώρηση Ταυτοτήτων Σε Είδη Αποθέματος .....	25
2.    Ονοματισμοί Μοντέλων Προϊόντων .....	33
3.    Αρθρώσιμοι Λογαριασμοί Υλικών .....	37
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> .....	49
3.1.  Έννοιες Κύριου Προγράμματος Παραγωγής .....	49
3.2.  Το Πρόγραμμα της Τελικής Συναρμολόγησης .....	51
3.3.  Λειτουργίες Κύριου Προγράμματος Παραγωγής .....	53
3.4.  Ανάπτυξη MPS .....	54
3.5.  Κλείσιμο του Κύκλου .....	62
3.6.  Διοικητικές και Οργανωτικές Πτυχές .....	70
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> - Συμπεράσματα .....	74
Βιβλιογραφία .....	78





# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> - Εισαγωγή

## 1. Αμυντική Βιομηχανία - Χαρακτηριστικά

Η αμυντική βιομηχανική βάση (DIB) ορίζεται ως «ο συνδυασμός ανθρώπων, ιδρυμάτων, τεχνολογίας και παραγωγικής ικανότητας που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη και την κατασκευή των όπλων και του υποστηρικτικού αμυντικού εξοπλισμού που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων εθνικής ασφάλειας» (Watts, 2008).

Η DIB είναι ένα υποσύνολο της μεγαλύτερης εθνικής βιομηχανικής βάσης. Η DIB είναι επίσης πολυδιάστατη. Αποτελείται από εργολάβους, υπεργολάβους και προμηθευτές ανταλλακτικών και αποτελείται από εταιρείες που παρέχουν εγκαταστάσεις υποστήριξης εναέριων, χερσαίων και θαλάσσιων συστημάτων (Sandler & Hartley, 1995). Αυτές οι εγκαταστάσεις μπορεί να είναι ιδιωτικής ιδιοκτησίας και εκμετάλλευσης, ή κρατικής ιδιοκτησίας και εκμετάλλευσης από εργολάβους ή κρατικής ιδιοκτησίας και εκμετάλλευσης από το κράτος. Πολλές από τις εταιρείες δραστηριοποιούνται σε πολλούς τομείς της βάσης, είτε προμηθεύοντας περισσότερα από ένα συστήματα είτε υπηρετώντας τόσο ως κύριοι εργολάβοι όσο και ως υπεργολάβοι σε διαφορετικές συμβάσεις.

Η DIB δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ενιαία, ομοιογενής οντότητα. Η πολυδιάστατη πτυχή της DIB και οι ποικίλοι βαθμοί εξάρτησης από τις αμυντικές πωλήσεις καθιστούν δύσκολη την ανάπτυξη οποιασδήποτε ευρείας πολιτικής DIB. Τα τρία στοιχεία της DIB είναι: τεχνολογία, παραγωγή και συντήρηση.

- Το τεχνολογικό στοιχείο περιλαμβάνει την ιδιωτική βιομηχανία, τα πανεπιστήμια και τα κυβερνητικά εργαστήρια, ερευνητικές εγκαταστάσεις και κέντρα δοκιμών που διεξάγουν έρευνα.
- Το στοιχείο παραγωγής αποτελείται από ιδιωτικές και δημόσιες εγκαταστάσεις παραγωγής, συμπεριλαμβανομένων κρατικών εγκαταστάσεων, κρατικών και εργολαβικών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων ιδιοκτησίας και εκμετάλλευσης εργολάβων.
- Το στοιχείο συντήρησης αποτελείται από ιδιωτικές και κρατικές εγκαταστάσεις (όπως οπλοστάσια και αποθήκες) που συντηρούν και επισκευάζουν εξοπλισμό. (Watts, 2008).

Μια ισχυρή αμυντική βιομηχανική βάση επιτρέπει στην εκάστοτε κυβέρνηση να ανταποκρίνεται σε απρόοπτα και να αποτρέπει απειλές από άλλα έθνη. Η ιστορία έχει δείξει ότι η θετική έκβαση επιχειρήσεων όπως η Desert Shield και η Desert Storm απαιτεί καλά εξοπλισμένες και τεχνολογικά ανώτερες δυνάμεις για την αποτροπή της επιθετικότητας. Καθώς έχουν συμβεί αλλαγές στη γεωγραφική, πολιτική και οικονομική δομή του κόσμου, οι κρατικοί προϋπολογισμοί και οι αμυντικές δυνάμεις έχουν προσαρμοστεί τη δομή των ένοπλων δυνάμεων για να αντιμετωπίσουν τις τρέχουσες απειλές.

Υπάρχουν πολλά οφέλη από τη διατήρηση μιας αμυντικής βιομηχανικής βάσης: αυτάρκεια, λιγότερη εξάρτηση από την ξένη προσφορά, μόχλευση, οικονομικά οφέλη και ασφάλεια.

### **Αυτάρκεια και ικανότητες**

Ένα πλεονέκτημα της αυτάρκειας είναι ότι ένα έθνος δεν χρειάζεται να βασίζεται σε ξένες πηγές που μπορεί να γίνουν αναξιόπιστες κατά τη διάρκεια μιας σύγκρουσης. Μια εγχώρια αμυντική βιομηχανική βάση επιτρέπει στην κυβέρνηση να διατηρήσει μια ικανότητα που πιστεύει ότι θα χρειαστεί στο μέλλον και επιτρέπει στην κυβέρνηση να αποφύγει το κόστος και τον χρόνο που απαιτείται για την αναδημιουργία της. Ανάλογα με τον αριθμό των ξένων προμηθευτών, η ξένη προμήθεια θα μπορούσε επίσης να αφήσει τον αγοραστή ευάλωτο σε μονοπωλιακή αύξηση της τιμής. Μια εγχώρια DIB θα πρέπει να αποτρέψει ένα έθνος από το να εγκλωβιστεί στη χρήση ενός ξένου προμηθευτή που θα μπορούσε στη συνέχεια να αξιώσει μονοπωλιακές τιμές για ανταλλακτικά και υποστήριξη. Αντίθετα, το έθνος θα μπορούσε να εξαρτηθεί από έναν αναποτελεσματικό εγχώριο παραγωγό προκειμένου να υποστηρίξει την αυτάρκεια (Sandler & Hartley, 1995).

### **Λιγότερη Εξάρτηση από Προμήθεια Εξωτερικού**

Η ξένη προμήθεια μπορεί να παρέχει εξοπλισμό που δεν είναι προσαρμοσμένος στις απαιτήσεις ενός έθνους. Ένα έθνος χωρίς αμυντική βιομηχανική βάση μπορεί να χρειαστεί να βασιστεί σε όπλα που έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για τις ανάγκες της χώρας προέλευσης αντί να είναι προσαρμοσμένα στην απειλή που αντιμετωπίζει ο αγοραστής. Κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης, η υποστήριξη από έναν ξένο προμηθευτή θα μπορούσε επίσης να εξαφανιστεί λόγω εσωτερικών ή/και εξωτερικών πολιτικών πιέσεων. Χώρες όπως οι ΗΠΑ εξακολουθούν να εξαρτώνται από ξένα υλικά και προμηθευτές. Μια αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε σε τρία οπλικά συστήματα του Πολεμικού Ναυτικού των ΗΠΑ διαπίστωσε ότι ο αριθμός των ξένων προμηθευτών αυξήθηκε στις χαμηλότερες βαθμίδες της βάσης των εργολάβων από το ένα τοις εκατό των προμηθευτών δεύτερης βαθμίδας στο 12 τοις εκατό των προμηθευτών τέταρτης βαθμίδας. Ο κύριος ανάδοχος θεωρείται το πρώτο επίπεδο, οι υπεργολάβοι του το δεύτερο επίπεδο, και οι άμεσοι προμηθευτές του υπεργολάβου το τρίτο, κ.λ.π. Παραδείγματος χάριν, ο μεγαλύτερος ξένος προμηθευτής στις ΗΠΑ ήταν ο Καναδάς (42% των ξένων προμηθειών) ακολουθούμενος από την Ιαπωνία (19 τοις εκατό), το Ηνωμένο Βασίλειο (7 τοις εκατό), τη Γερμανία (πέντε τοις εκατό) και τη Νότια Αφρική (τέσσερις τοις εκατό). (Sandler & Hartley, 1995).

### **Μόχλευση**

Μια χώρα με ισχυρή DIB μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτή τη μόχλευση όταν διαπραγματεύεται με ξένες εταιρείες. Ωστόσο, η σημασία της μόχλευσης δεν πρέπει να υπερεκτιμάται. Μια χώρα με μικρή DIB μπορεί εξίσου εύκολα να απειλήσει να πάει σε έναν αντίπαλο προμηθευτή στην παγκόσμια αγορά. Μια χώρα που αναζητά άρματα μάχης θα μπορούσε να απειλήσει να αγοράσει άρματα μάχης M1A1 από τον προμηθευτή των ΗΠΑ, τη General Dynamics ή Challenger που κατασκευάζονται στο Ηνωμένο Βασίλειο από τη Vickers. Οι χώρες που δεν διαθέτουν δυνατότητες ανάπτυξης και κατασκευής μαχητικών αεροσκαφών μπορούν επίσης να αγοράσουν από την παγκόσμια αγορά και να διαπραγματευτούν για χαμηλότερες τιμές ή αναβαθμίσεις επιδόσεων και να ζητήσουν περαιτέρω αντισταθμίσεις για να βοηθήσουν το εμπορικό τους ισοζύγιο (Sandler & Hartley, 1995).

## Οικονομικά οφέλη

Σύμφωνα με τον Sandler, μια αμυντική βιομηχανική βάση παρέχει εθνικά οικονομικά οφέλη. Τα οφέλη έχουν τη μορφή θέσεων εργασίας που δημιουργούνται, τεχνολογικές προόδους και εξαγωγές. Αυτή είναι μια κενύσιανή προοπτική και αγνοεί το γεγονός ότι αυτοί οι ίδιοι πόροι θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν πιο αποτελεσματικά στον ιδιωτικό τομέα. Όταν εξετάζουμε το έθνος στο σύνολό του, δεν υπάρχουν στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι τα χρήματα που δαπανώνται για την άμυνα δημιουργούν περισσότερες θέσεις εργασίας ή ωφελούν την οικονομία περισσότερο από τα χρήματα που δαπανώνται στον ιδιωτικό τομέα. Ακόμη και σε τοπικό επίπεδο υπάρχουν ενδείξεις ότι η ιδιωτική βιομηχανία μπορεί να προσφέρει οφέλη στην τοπική οικονομία πιο αποτελεσματικά από την κυβέρνηση. Όταν μιλάμε αυστηρά για θέσεις εργασίας που αποδίδονται στη χρηματοδότηση προμηθειών, εξακολουθούν να υπάρχουν 400.000 περισσότεροι υπάλληλοι αμυντικών εργολάβων που εργάζονται στην βιομηχανία των ΗΠΑ σήμερα από ότι εργάζονταν στο χαμηλό σημείο του αμυντικού προϋπολογισμού του Ψυχρού Πολέμου το 1976 (Watts, 2008). Ωστόσο, σύμφωνα με την Aerospace Industry Association, η απασχόληση στην αεροδιαστημική σε εθνικό επίπεδο έχει μειωθεί κατά 41 τοις εκατό από το 1989 (Watts, 2008). Είναι πιθανό οι εργαζόμενοι στην αεροδιαστημική να άλλαξαν καριέρα και να εργάστηκαν στην ιδιωτική βιομηχανία ή να απασχολούνται τώρα σε κλάδο που δεν χαρακτηρίζεται ως αεροδιαστημική.

Υπάρχει έλλειψη ποσοτικών στοιχείων για το κόστος διατήρησης μιας αμυντικής βιομηχανικής βάσης. Το κόστος της διατήρησης της εθνικής ανεξαρτησίας μπορεί να είναι η έλλειψη διαλειτουργικότητας με ξένους προμηθευτές σε μια συμμαχία (Watts, 2008). Το κόστος διατήρησης μιας ικανότητας που μια κυβέρνηση πιστεύει ότι θα απαιτηθεί στο μέλλον θα μπορούσε να μετρηθεί με την αγορά ενός αντικειμένου που δεν χρειάζεται απαραίτητα για την άμυνα, αλλά αγοράστηκε για να κρατήσει μια γραμμή παραγωγής «ζεστή». Για παράδειγμα, η κυβέρνηση Μπους, με τη σύμφωνη γνώμη του Πενταγώνου και της Επιτροπής Ενόπλων Υπηρεσιών της Γερουσίας, πρότεινε την ακύρωση του προγράμματος υποβρυχίων *Seawolf*. Ωστόσο, η General Dynamics's Electric Boat Division και οι υπεργολάβοι της άσκησαν πιέσεις για τη διατήρηση του προγράμματος με στόχο τη διατήρηση των δυνατοτήτων που απαιτούνται για την κατασκευή υποβρυχίων και τη διατήρηση 25.000 σχετικών θέσεων εργασίας (Watts, 2008).

Σε ένα άρθρο στην *Washington Post*, ο γερουσιαστής John McCain δήλωσε: «Καθώς δεν έχει καμία αποστολή να δικαιολογήσει το κόστος του, το *Seawolf* δεν είναι στην πραγματικότητα τίποτα άλλο από ένα πρόγραμμα εργασίας» (Watts, 2008). Υπάρχει επίσης κόστος για τη μη χρήση ξένων προμηθευτών. Ένας αποκλειστικός εγχώριος προμηθευτής μπορεί να χρεώσει μονοπωλιακές τιμές για ανταλλακτικά και υποστήριξη. Η μείωση ή η εξάλειψη των ξένων πηγών εφοδιασμού μπορεί να αποτρέψει την επίτευξη αποτελεσματικότητας που καθοδηγείται από τον ανταγωνισμό, με αποτέλεσμα συνολικά υψηλότερο κόστος κύκλου ζωής. Ξένοι προμηθευτές μπορεί επίσης να είναι μέλη μιας στρατιωτικής συμμαχίας όπως το NATO όπου είναι απαραίτητη η τυποποίηση και η διαλειτουργικότητα. Τα μέλη της συμμαχίας θα μπορούσαν να επιλέξουν να μην χρησιμοποιούν την πηγή των ΗΠΑ και επομένως υπάρχει ένα κόστος που σχετίζεται με τη διαλειτουργικότητα μεταξύ πολλών προμηθευτών.

## 2. Technical Data Package (TDP)

Το πακέτο τεχνικών δεδομένων (TDP) είναι η συλλογή όλων των δεδομένων προϊόντος που απαιτούνται για την κατασκευή του προϊόντος. Αποτελείται από σχέδια υλοποίησης, σχέδια και σχετικές λίστες υλικών, προδιαγραφών, πρότυπα, μοντέλα, απαιτήσεις απόδοσης, διασφάλιση ποιότητας, προμήθειες και δεδομένα συσκευασίας και μπορεί να κυμαίνονται από μία σελίδα σε μια σύμβαση σε χιλιάδες σελίδες τεκμηρίωσης (Ptak & Smith, 2011, Thomas et al., 2006).

Το πακέτο στρατιωτικών τεχνικών δεδομένων είναι το όχημα για την κοινοποίηση απαιτήσεων ανταγωνιστικών προμηθειών σταθερής τιμής μεταξύ της κυβέρνησης και της βιομηχανίας για την κατασκευή εξοπλισμού στρατιωτικού σχεδιασμού. Η ανάγκη για πλήρη κατανόηση του περιεχομένου, των ελέγχων που επικαλούνται και των κυβερνητικών φιλοσοφιών πίσω από τα διάφορα στοιχεία είναι απαραίτητη για τους ενδιαφερόμενους πιθανούς κατασκευαστές.

Αυτό το έγγραφο ορίζει τα στοιχεία του πακέτου, συζητά τη βιομηχανική εφαρμογή των δεδομένων, υποδεικνύει προβληματικές περιοχές και ορίζει την ορολογία.

Το συμπέρασμα της ιδέας του πακέτου τεχνικών δεδομένων είναι τα υλικά πλεονεκτήματα για τη βιομηχανία και την κυβέρνηση. Η ευρύτερη βάση εφοδιασμού έχει ως αποτέλεσμα ανοικτές ανταγωνιστικές πηγές προμήθειας, περισσότερες πηγές προμήθειας, μεγαλύτερη εναλλαξιμότητα των ανταλλακτικών και ένα πολύ απλοποιημένο πρόβλημα εφοδιαστικής προμήθειας και αποθήκευσης αποθεμάτων (Ptak & Smith, 2011, Thomas et al., 2006).

## 3. Ανάλυση Technical Data Package (TDP)

Δεδομένου ότι το TDP είναι το βασικό έγγραφο για την προμήθεια στρατιωτικών ειδών, η σημασία του είναι κρίσιμη. Η σαφήνεια, η πληρότητα, η επάρκεια και η ακρίβεια του TDP είναι πρωταρχικές εκτιμήσεις για τον καθορισμό της μεθόδου προμήθειας που θα χρησιμοποιείται, ο βαθμός ανταγωνισμού που μπορεί να επιτευχθεί και η επιτυχία της απαιτούμενης ποιότητας και αξιοπιστίας (Ptak & Smith, 2011, Thomas et al., 2006).

Ένα TDP που είναι ελλιπές, ασυνεπές ή ελαττωματικό μπορεί να προκαλέσει νομικά, οικονομικά και διοικητικά προβλήματα όπως (Ptak & Smith, 2011, Thomas et al., 2006):

- Αυξημένη τιμή συμβολαίου
- υποβαθμισμένες προμήθειες σε τελικούς χρήστες
- καθυστερήσεις προγραμματισμού
- διαφωνίες
- πρόσθετες διοικητικές δαπάνες
- μικρότερη από τη βέλτιστη επιχειρησιακή ή μαχητική αποτελεσματικότητα

Το TDP είναι επίσης σημαντικό λόγω της προμήθειας, της παραγωγής και του εξοπλισμού επιχειρησιακών περιοχών. Μερικές από τις χρήσεις που έχει το TDP είναι (Ptak & Smith, 2011, Thomas et al., 2006):

- ως εργαλείο τεχνικής αξιολόγησης και ανάλυσης για τους μηχανικούς
- ως βάση του αναδόχου για την υποβολή προσφορών, λήψη ή αγορά αποφάσεων, εκτίμηση κόστους, αντικείμενο πωλητή αγορά, προμήθεια ειδικών κατασκευών
- ως εκπρόσωπος της κυβέρνησης για τη διασφάλιση ποιότητας (QAR) οδηγός για επιθεώρηση και αποδοχή
- ως βάση για τον καθορισμό της πολιτικής συντήρησης

Στην ανάλυση του TDP υπάρχουν τρία επίπεδα. Στο Επίπεδο I είναι τα δεδομένα που αποτελούνται από τα μηχανικά σχέδια και οι σχετικές λίστες που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη, επίδειξη και επικύρωση αυτό το επίπεδο δεδομένων χρησιμοποιείται για την επαλήθευση του προκαταρκτικού μηχανικού σχεδιασμού καθώς επιβεβαιώνει την τεχνολογική σκοπιμότητα του αντικειμένου. Προβλέπει επίσης έναν αναπτυξιακό σχεδιασμό για υλικά και δοκιμές. Τα δεδομένα επιπέδου II χρησιμοποιούνται όταν το στοιχείο έχει προχωρήσει σε την ανάπτυξη πλήρους κλίμακας. Αυτό το επίπεδο υποστηρίζει την ικανότητα κατασκευής του πρωτότυπου μοντέλου και μοντέλων περιορισμένης παραγωγής στην τελική τους φόρμα που είναι κατάλληλη για επιτόπια δοκιμή, ανάπτυξη και υποστήριξη διαχείρισης υλικών (Ptak & Smith, 2011, Thomas et al., 2006).

Τέλος, τα δεδομένα επιπέδου III μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και στις δύο φάσεις ανάπτυξης πλήρους κλίμακας παραγωγής και ανάπτυξης. Αποτελείται από τα μηχανικά σχέδια και τις σχετικές λίστες υλικών όπου επιτρέπουν σε έναν ικανό κατασκευαστή να παράγει και να συντηρεί, καθώς και ο ποιοτικός έλεγχος ενός αντικειμένου να το κάνει ανταλλάξιμο με αυτά του πρωτότυπου σχεδίου. Αυτό το επίπεδο των μηχανικών σχεδίων πρέπει να προβλέπει (Ptak & Smith, 2011, Thomas et al., 2006):

- Αντανάκλαση τελικού αντικειμένου
- Ποσότητα παραγωγής
- δυνατότητα ανταγωνιστικής προμήθειας ειδών που θα είναι ουσιαστικά πανομοιότυπο με το πρωτότυπο είδος.

#### **4. Αρχές του Materials Requirements Planning**

Η εναλλακτική επιλογή στον στατιστικό έλεγχο αποθεμάτων είναι ο προγραμματισμός απαιτήσεων υλικών (MRP), μια προσέγγιση που αναγνωρίζει την πραγματικότητα της ζήτησης που υπάρχει σε ένα περιβάλλον παραγωγής. Αυτή η προσέγγιση είναι κατεξοχήν κατάλληλη για τη διαχείριση αποθεμάτων που υπόκεινται σε εξαρτημένη ζήτηση, επειδή δεν βασίζεται σε υποθέσεις σχετικά με τα πρότυπα ζήτησης και εξάντλησης των αποθεμάτων. Ωστόσο, η προσέγγιση MRP προϋποθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά του προϊόντος και της διαδικασίας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).

Η χρονική φάση σημαίνει την προσθήκη της διάστασης του χρόνου στα δεδομένα κατάστασης αποθέματος καταγράφοντας και αποθηκεύοντας τις πληροφορίες είτε σε συγκεκριμένες ημερομηνίες είτε σε περιόδους προγραμματισμού με τις οποίες σχετίζονται οι αντίστοιχες ποσότητες. Στην παλαιότερη εποχή του ελέγχου των αποθεμάτων, η κατάσταση ενός δεδομένου είδους συνήθως εμφανιζόταν στα αρχεία του συστήματος ως αποτελούμενη μόνο από την διαθέσιμη ποσότητα και την ποσότητα κατά παραγγελία. Όταν οι φυσικές εκταμιεύσεις του αντικειμένου μείωσαν το άθροισμα αυτών των δύο ποσοτήτων σε κάποιο προκαθορισμένο ελάχιστο ή σημείο εκ νέου παραγγελίας, τότε ερχόταν η ώρα να γίνει μια παραγγελία αναπλήρωσης. Αυτή η προσέγγιση βελτιώθηκε γύρω στο 1950 με την εισαγωγή της έννοιας του διαρκούς ελέγχου αποθεμάτων. Η κύρια ιδέα πίσω από αυτή την ιδέα ήταν να διατηρηθούν ορισμένες διευρυμένες πληροφορίες κατάστασης «διαρκώς» ενημερωμένες, δημοσιεύοντας συναλλαγές αποθέματος καθώς πραγματοποιούνταν. Η καινοτομία αυτή έγινε εφικτή κατά κύριο λόγο λόγω της διαθεσιμότητας βελτιωμένου εξοπλισμού γραφείου, ιδιαίτερα με τη χρήση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας δεδομένων της Kardex και της διάρρηκτης κάρτας, οι οποίες επιτρέπουν την αποτελεσματικότερη διαχείριση των καθηκόντων απόστασης και υπολογισμού στο γραφείο.

Οι πληροφορίες κατάστασης αποθέματος επεκτάθηκαν προσθέτοντας δεδομένα σχετικά με τις απαιτήσεις (ζήτηση) και τη διαθεσιμότητα (η διαφορά μεταξύ της απαιτούμενης ποσότητας και του αθροίσματος των ποσοτήτων ετοιμοπαράδοτων και κατά παραγγελία) (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).

Η απαιτούμενη ποσότητα μπορεί να προκύπτει είτε από παραγγελίες πελατών, είτε από μια πρόβλεψη ή έναν υπολογισμό της εξαρτημένης ζήτησης, με σκοπό τον υπολογισμό της διαθέσιμης ποσότητας. Ωστόσο, σε περίπτωση αρνητικής διαθεσιμότητας, δηλαδή όταν η ποσότητα που απαιτείται υπερβαίνει τη διαθέσιμη ποσότητα, αυτό σημαίνει έλλειψη κάλυψης και ανάγκη για νέα παραγγελία. Το σύστημα απογραφής με αυτό το τρόπο θα μπορούσε να απαντήσει καλύτερα στις ερωτήσεις του "τι" και "πόσο". Αυτό που παρέμενε αναπάντητο σε αυτή την προσέγγιση ήταν το κρίσιμο ερώτημα του "πότε". Πότε θα πραγματοποιηθεί η παραγγελία και εάν αυτή θα είναι μία μεμονωμένη παραγγελία ή θα υπάρχουν περισσότερες από μία; Πότε πρέπει πραγματικά να ικανοποιηθεί η ζήτηση και αν η απαίτηση είναι ένας συνοπτικός αριθμός που κρύβει πολλές απαιτήσεις σε χρονική απόσταση; Πότε θα εξαντληθεί το απόθεμα; Πότε πρέπει να ολοκληρωθεί η παραγγελία αναπλήρωσης; Πότε πρέπει να γίνει η κυκλοφορία της παραγγελίας; Το σύστημα δεν μπόρεσε να απαντήσει σε αυτές τις ερωτήσεις και ο προγραμματιστής απογραφής έπρεπε να βασιστεί στις δικές του εκτιμήσεις και εικασίες, σε εμπειρικούς κανόνες ή σε φυσικές εκδηλώσεις ανάγκης. Η χρονική φάση σημαίνει τη συλλογή ή την ανάπτυξη των πληροφοριών σχετικά με το χρονοδιάγραμμα, έτσι ώστε να παρέχονται απαντήσεις σε όλες τις προηγούμενες ερωτήσεις. Η τιμή του χρονικού σταδίου είναι το πρόσθετο κόστος επεξεργασίας και αποθήκευσης των δεδομένων χρονικής φάσης. Ωστόσο, η αξία των πρόσθετων πληροφοριών που διατέθηκαν με τον τρόπο αυτό δεν αντισταθμίζει την τιμή που καταβλήθηκε για αυτές (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).

Η διαφορά μεταξύ ενός συστήματος ελέγχου αποθεμάτων σε χρονική φάση και μη χρονική φάσης όσον αφορά τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα, είναι σημαντική. Οι διαφορές στις απαιτήσεις επεξεργασίας δεδομένων, χειρισμού δεδομένων και αποθήκευσης δεδομένων είναι επίσης σημαντικές, όπως φαίνεται στα δύο προηγούμενα παραδείγματα. Στο πρώτο, η κατάσταση του αποθέματος εκφράζεται μέσω τεσσάρων στοιχείων δεδομένων. Στο δεύτερο παράδειγμα, χρησιμοποιούνται 26 στοιχεία δεδομένων. Ο φόρτος επεξεργασίας δεδομένων για τη διατήρηση ενημερωμένων δεδομένων κατάστασης σε χρονική φάση είναι σημαντικός. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους: Πρώτον, επειδή συμπεριλαμβάνονται περισσότερα στοιχεία δεδομένων. Δεύτερον, γιατί όταν έχουμε δεδομένα που εξαρτώνται από τον χρόνο, οι αλλαγές στις ποσότητες πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία, αλλά και οι πληροφορίες που αφορούν το χρονικό πλαίσιο πρέπει να αντανakλούν αλλαγές στο χρόνο, ακόμα και όταν οι ποσότητες παραμένουν ανεπηρέαστες. Τα συστήματα MRP σε χρονική φάση αντιπροσωπεύουν μια κλασική εφαρμογή υπολογιστή, καθώς επιτρέπουν την αποτελεσματική διαχείριση και χειρισμό τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων με υψηλή ταχύτητα. Αυτό προηγουμένως ήταν πολύ δύσκολο ή αδύνατο να επιτευχθεί χωρίς την χρήση υπολογιστή. Για παράδειγμα, η διαχείριση πληροφοριών κατάστασης για 25.000 είδη αποθέματος, ταξινομημένα χρονικά κάθε εβδομάδα για ένα ολόκληρο έτος, θα απαιτούσε περίπου 5 εκατομμύρια στοιχεία δεδομένων. Ωστόσο, λόγω της διαθέσιμης τεχνολογίας, αυτό δεν αποτελεί πλέον πρόβλημα και τα συστήματα MRP μπορούν να χειριστούν τέτοιες πολύπλοκες διαδικασίες με αποτελεσματικότητα και ακρίβεια. (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).

Το MRP (η χρονική φάση υπονοείται από τον όρο) εξελίχθηκε από μια προσέγγιση στη διαχείριση αποθεμάτων στην οποία συνδυάζονται οι ακόλουθες δύο αρχές (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996):

- Υπολογισμός (έναντι πρόβλεψης) της ζήτησης στοιχείων-ειδών
- Χρονική φάση, δηλαδή τμηματοποίηση δεδομένων κατάστασης αποθέματος κατά χρόνο

Ο όρος συστατικό στοιχείο (component item) στο MRP καλύπτει όλα τα είδη αποθέματος εκτός από τα προϊόντα ή τα τελικά είδη. Οι απαιτήσεις για τα τελικά είδη δηλώνονται στο κύριο χρονοδιάγραμμα παραγωγής και προέρχονται από προβλέψεις, παραγγελίες πελατών, απαιτήσεις αποθήκης πεδίου, παραγγελίες μεταξύ εργοστασίων και ούτω καθεξής. Οι απαιτήσεις για όλα τα συστατικά στοιχεία (συμπεριλαμβανομένων των πρώτων υλών) και ο χρονισμός τους προκύπτουν από το χρονοδιάγραμμα του συστήματος MRP. Το MRP αποτελείται από ένα σύνολο τεχνικών εξαιρετικά κατάλληλων για τη διαχείριση αποθεμάτων που υπόκεινται σε εξαρτημένη ζήτηση και αντιπροσωπεύει ένα εξαιρετικά αποτελεσματικό σύστημα ελέγχου αποθεμάτων για περιβάλλοντα παραγωγής, όπου το μεγαλύτερο μέρος του αποθέματος υπόκειται σε αυτό το είδος ζήτησης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ ένα σύστημα MRP είναι προσανατολισμένο κυρίως προς το απόθεμα εξαρτημένης ζήτησης, επίσης φιλοξενεί εύκολα στοιχεία ανεξάρτητης ζήτησης, όπως ανταλλακτικά σέρβις. Αυτά μπορούν να ενσωματωθούν στο σύστημα μέσω της τεχνικής του χρονικού σταδίου σημείου παραγγελίας (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχουν ορισμένα είδη αποθέματος που υπόκεινται τόσο σε εξαρτημένη όσο και σε ανεξάρτητη ζήτηση. Αυτό ισχύει για παράδειγμα με τα ανταλλακτικά σέρβις που εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται στην τρέχουσα παραγωγή ενοικίου. Σε ένα σύστημα MRP, η ζήτηση εξαρτημάτων υπηρεσίας, η οποία προβλέπεται, προστίθεται απλώς στην εξαρτημένη ζήτηση που έχει υπολογιστεί. Το σύστημα MRP το λαμβάνει υπόψη.

Με βάση τις δύο παραπάνω αρχές, ο υπολογισμός της ζήτησης και της χρονικής φάσης, οποιοδήποτε σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων κατασκευής μπορεί να αντιστοιχηθεί σε μία από τις τέσσερις κατηγορίες κατά την εφαρμογή συνδυασμών αυτών των αρχών. Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες συστημάτων που προκύπτουν από αυτές τις αρχές (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996):

- Στατιστικό Σημείο παραγγελίας
- Σχεδιασμός απαιτήσεων παρτίδας
- Σημείο παραγγελίας σε χρονική φάση
- MRP

Το στατιστικό σημείο παραγγελίας, χρησιμοποιεί την πρόβλεψη για τον προσδιορισμό της ζήτησης και γενικά αγνοεί την πτυχή του συγκεκριμένου χρονισμού. Υπό το πρίσμα του τι είναι δυνατό σήμερα χάρη στην τεχνολογία υπολογιστών, αυτός ο τύπος συστήματος πρέπει να θεωρείται απαρχαιωμένος για τους σκοπούς της διαχείρισης αποθεμάτων της ανθρώπινης κατασκευής (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).

Ο προγραμματισμός απαιτήσεων παρτίδας αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε από ορισμένες κατασκευαστικές εταιρείες προς το τέλος της περιόδου που χρησιμοποιούνταν διάτρητες κάρτες για την επεξεργασία δεδομένων, κυρίως κατά τη δεκαετία του 1950 και στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Ορισμένες εταιρείες εξακολουθούν να χρησιμοποιούν αυτήν την προσέγγιση, κατά την οποία η ζήτηση εξαρτημάτων-ειδών προέρχεται από ένα κύριο πρόγραμμα παραγωγής και υπολογίζεται σωστά ως προς την ποσότητα ανά παρτίδα προϊόντος ή τελικό είδος, αλλά στην οποία αγνοείται ο συγκεκριμένος χρόνος. Τα δεδομένα των απαιτήσεων και των παραγγελιών συνοψίζονται ανά παρτίδα (προϊόντος) και είναι η θέση της παρτίδας στο κύριο πρόγραμμα που υποδηλώνει το χρονοδιάγραμμα. Στη συνέχεια, καθορίζεται ο συγκεκριμένος χρόνος των εκδόσεων παραγγελιών, οι ημερομηνίες λήξης και τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής - εάν καθοριστεί - μέσω εξωτερικών διαδικασιών. Μια παραλλαγή της προσέγγισης σχεδιασμού απαιτήσεων παρτίδας είναι το λεγόμενο σύστημα προγραμματισμού απαιτήσεων μιας περιόδου. Όλες οι παρτίδες προϊόντων που έχουν προγραμματιστεί για μια δεδομένη περίοδο, συνήθως ένα μήνα, συνδυάζονται, ουσιαστικά, σε μια υπερπαρτίδα που στη συνέχεια αντιμετωπίζεται ως μεμονωμένη παρτίδα στον προγραμματισμό απαιτήσεων παρτίδας. Η κύρια έξοδος συστημάτων αυτού του τύπου είναι μια καταχώριση στοιχείο προς είδος (ανά παρτίδα ή ανά περίοδο) ή μια ενέργεια παραγγελίας που απαιτείται χωρίς ένδειξη του πότε ακριβώς πρέπει να γίνει ενέργεια σε καθένα από τα είδη (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).



Οι μέθοδοι σχεδιασμού ανά παρτίδα προϊόντος χρησιμοποιούνταν σε μια εποχή όπου η εργασία λεπτομερούς χρονικής σταδιακής ανάλυσης ήταν υπερβολικά χρονοβόρα για την εγκατάσταση με διάτρητες κάρτες. Αυτό σήμαινε ότι εκατομμύρια ισοδύναμες κάρτες θα έπρεπε να υποβληθούν σε επεξεργασία, όπως ταξινόμηση, σύνοψη δεδομένων κ.λπ., σε χαμηλές ταχύτητες χειρισμού καρτών. Αυτή η εργασία θα μπορούσε να διαρκέσει μέρες ή ακόμη και εβδομάδες για να ολοκληρωθεί. Παρότι ήταν τεχνολογικά προηγμένη για την εποχή της, καθίστατο παρωχημένη όταν εισήχθη ο υπολογιστής. Στο Παράρτημα Δ θα βρείτε περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την τεχνολογική εξέλιξη που επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Καθώς εισήλθε ο υπολογιστής, τα συστήματα σχεδιασμού απαιτήσεων παρτίδας, που κάποτε αντιπροσώπευαν μια σημαντική πρόοδο στον έλεγχο αποθεμάτων και ήταν ανώτερα από τη στατιστική προσέγγιση παραγγελιών, καταστήθηκαν παρωχημένα. Σε εκείνο το σημείο, η χρονική σταδιακή σταδιακή χρήση των δεδομένων κατάστασης αποθέματος έγινε εφικτή και πρακτική (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).

Το σημείο παραγγελίας με χρονική φάση είναι μια σύγχρονη τεχνική σχεδιασμού και ελέγχου ειδών απογραφής που υπόκειται σε ανεξάρτητη ζήτηση. Είναι εξαιρετικά κατάλληλο για ανταλλακτικά σέρβις, τελικά προϊόντα σε απόθεμα εργοστασίου και είδη αποθήκης αγρού. Η λογική επεξεργασίας του συστήματος είναι πανομοιότυπη με το MRP εκτός από τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η ζήτηση ειδών. Συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις για είδη ανεξάρτητης ζήτησης προβλέπονται (χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε τεχνική πρόβλεψης επιλέγει ο χρήστης) επειδή δεν μπορούν να υπολογιστούν. Αντίθετα, τα εξαρτήματα σέρβις κατασκευάζονται με την χρήση τουλάχιστον ενός συστατικού στοιχείου (π.χ. πρώτη ύλη), το οποίο στη συνέχεια αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο με οποιοδήποτε άλλο στοιχείο σε ένα σύστημα MRP (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).

Το MRP υπολογίζει τη ζήτηση των αντικειμένων και τις χρονικές φάσεις όλων των δεδομένων κατάστασης αποθέματος σε χρονικές αυξήσεις τόσο ακριβείς όσο έχει ορίσει ο χρήστης. Το MRP αντιπροσωπεύει την απόλυτη προσέγγιση για τη διαχείριση αποθεμάτων παραγωγής. Οι έννοιες του MRP, η λογική επεξεργασίας ενός συστήματος MRP και οι σχετικές τεχνικές θα συζητηθούν στο υπόλοιπο αυτού του κεφαλαίου και στα κεφάλαια που ακολουθούν (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 1996).

## **5. Προαπαιτούμενα και υποθέσεις MRP**

Πολλές φορές, επαγγελματίες δεν έχουν λόγο να αποθηκεύουν castings σε μεγάλες ποσότητες και να κάνουν μεγάλες προεπιλογές. Αντί για αυτό, μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα σύστημα MRP που υπολογίζει ακριβώς πόσα castings απαιτούνται και τότε, με βάση το κύριο πρόγραμμα παραγωγής. Το MRP λαμβάνει υπόψη την υπάρχουσα ζήτηση, χωρίς να βασίζεται σε προβλέψεις. Αν τυχόν υπάρχει υπερβολικό πλεόνασμα, το MRP το λαμβάνει υπόψη και ρυθμίζει την παραγγελία ανάλογα. Το σύστημα λαμβάνει υπόψη και τον χρόνο παράδοσης, καθορίζοντας την κατάλληλη χρονική στιγμή για την αποστολή της παραγγελίας. Με αυτόν τον τρόπο, οι παραγγελίες των ειδών διαχειρίζονται αποτελεσματικά και διακριτικά, και το σύστημα καταγράφει αναλυτικά την κατάσταση και τη διαθεσιμότητά τους (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 2000).

Κατά μία έννοια, η εξέλιξη των συστημάτων MRP ισοδυναμεί με την επέκταση της αυστηρής και προσεκτικής μεταχείρισης ειδών υψηλού κόστους και μεγάλης διάρκειας σε είδη διαδοχικά χαμηλότερου κόστους και μικρότερου χρόνου παράδοσης (όπως επιτρέπεται η ικανότητα επεξεργασίας δεδομένων) έως ότου όλα τα είδη έχουν καλυφθεί. Τα σύγχρονα συστήματα MRP, που κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται σε αυτή που έχει γίνει η τυπική μορφή, συνεπάγονται αρκετές προϋποθέσεις και αντικατοπτρίζουν ορισμένες θεμελιώδεις παραδοχές στις οποίες βασίζονται αυτά τα συστήματα. Η πρώτη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ενός κύριου χρονοδιαγράμματος παραγωγής, δηλαδή μια έγκυρη δήλωση για το πόσα τελικά είδη θα παραχθούν και πότε. Ένα σύστημα MRP προϋποθέτει ότι το κύριο χρονοδιάγραμμα παραγωγής μπορεί να δηλωθεί στο σύνολό του με όρους λογαριασμού υλικού, δηλαδή αριθμούς BOM (συναρμολόγησης). Η μόνη γλώσσα που κατανοεί ένα σύστημα MRP είναι οι αριθμοί ανταλλακτικών, δηλαδή οι αριθμοί ειδών αποθέματος που προσδιορίζουν μοναδικά συγκεκριμένα υλικά, εξαρτήματα, υποσυστήματα και τελικά στοιχεία. Ένα σύστημα MRP δεν μπορεί να λειτουργήσει με περιγραφές προϊόντων στην αγγλική γλώσσα, με αριθμούς μοντέλων καταλόγου πωλήσεων ή με αριθμούς BOM που είναι διφορούμενοι με την έννοια ότι δεν μπορούν να προσδιορίσουν μια ακριβή διαμόρφωση εξαρτημάτων για μια δεδομένη διάταξη (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 2000).

Στην ουσία, ο σκοπός του αριθμού ανταλλακτικού είναι απλά να παρέχει ένα μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε αντικείμενο, παρόμοια με τον τρόπο που οι αριθμοί Κοινωνικής Ασφάλισης παρέχουν ένα μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε άτομο. Αυτός ο αριθμός ανταλλακτικού χρησιμοποιείται για να διακριθεί κάθε είδος αποθέματος με σαφήνεια. Η ανάγκη για αυτόν τον μοναδικό αριθμό επεκτείνεται και στον προσδιορισμό του υλικού συστατικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή κάθε αντικείμενου. Κατά συνέπεια, πρέπει να γνωρίζουμε από τι υλικό κατασκευάζεται κάθε είδος. Επιπλέον, η ανάγκη για αυτόν τον μοναδικό αριθμό εκτείνεται και στη διαδικασία διάθεσης κάθε είδους. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ξέρουμε πού χρησιμοποιείται κάθε είδος, δηλαδή σε ποιο συστατικό είναι ενσωματωμένο. Στην ουσία, ο σκοπός του αριθμού ανταλλακτικού είναι απλά να παρέχει ένα μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε αντικείμενο, παρόμοια με τον τρόπο που οι αριθμοί Κοινωνικής Ασφάλισης παρέχουν ένα μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε άτομο. Αν υπάρχουν διαφορετικές εκδοχές ενός αντικείμενου, είτε σε μορφή, εφαρμογή είτε λειτουργία, που τα καθιστούν μη εναλλάξιμα, τότε πρέπει να έχουν διαφορετικούς αριθμούς (Ptak & Smith (2011), Wong & Kleiner (2001), και Toomey (2000)).

Οι ιδανικοί αριθμοί πρέπει να έχουν τα λιγότερα δυνατά ψηφία, να είναι αποκλειστικά αριθμητικοί (χωρίς αλφαβητικούς χαρακτήρες για την επιτάχυνση της εισαγωγής δεδομένων) και να εκχωρούνται σειριακά με την εισαγωγή νέων εξαρτημάτων. Πολλοί πέφτουν στην παγίδα του να επικεντρώνονται υπερβολικά στους αριθμούς ανταλλακτικών, αντί να δίνουν ένα όνομα σε κάθε αντικείμενο. Τα ψηφία σε κάθε θέση έχουν σημασία, προσδιορίζοντας ορισμένα χαρακτηριστικά όπως το σχήμα, το υλικό ή την οικογένεια προϊόντων. Αυτό επιμηκύνει τον αριθμό, μειώνει τη ωφέλιμη ζωή του και αυξάνει την πιθανότητα ανθρώπων να κάνουν λάθη γράφοντάς τον ή πληκτρολογώντας τον σε συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστή. Οι αριθμοί σημαντικών ψηφίων αποτελούν αναμονή από την επεξεργασία δεδομένων, όταν ο αριθμός των διαθέσιμων στηλών για δεδομένα στοιχείων ήταν περιορισμένος (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 2000).

Οι υποστηρικτές των σημαντικών ψηφίων υποστηρίζουν ότι τα τρέχοντα συστήματα υπολογιστών διαχειρίζονται με ευκολία μεγαλύτερους αριθμούς. Ωστόσο, παραμελούν την πρόκληση που συνιστά η διαχείριση αυξανόμενων νέων αριθμών, καθώς τα χαρακτηριστικά των ανταλλακτικών αλλάζουν συχνότερα από τη μορφή, την προσαρμογή ή τη λειτουργία τους. Επίσης, δεν λαμβάνουν υπόψη την ανάγκη για ακόμη περισσότερους αριθμούς, καθώς ένα μόνο ψηφίο μπορεί να αντιστοιχεί μόνο σε 10 διακριτές ποικιλίες ενός χαρακτηριστικού. Παραβλέπουν επίσης ότι οι υπολογιστές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε δευτερεύοντα αρχεία με κωδικούς αριθμούς για περιγραφικά δεδομένα χωρίς να χρειάζονται αυτούς τους κωδικούς στους αριθμούς ανταλλακτικών. Επίσης, δεν λαμβάνουν υπόψη τη δυσκολία που προκύπτει όταν πρέπει να αντιμετωπίσουν ημι-σημαντικούς αριθμούς όπου μόνο μερικοί αριθμοί στον κωδικό ανταλλακτικού έχουν πραγματικά σημασία για την αναγνώριση των εξαρτημάτων. Αυτοί που υποστηρίζουν τέτοιους αριθμούς θα πρέπει να αναλάβουν την ευθύνη να δικαιολογήσουν δείχνοντας ότι τα πλεονεκτήματα υπερτερούν των μειονεκτημάτων. Επιπλέον, σε πολλές επιχειρήσεις, η αντικατάσταση υπάρχοντων αριθμών ανταλλακτικών είναι δύσκολη και απαγορευτική από πλευράς κόστους και άλλων απαιτήσεων. Η απλή λύση είναι να υιοθετήσουν σύντομους, σειριακούς, μη σημαντικούς αριθμούς για όλα τα νέα στοιχεία, διαγράφοντας τα παλιά όταν απαρχαιώνονται. Καθώς οι αλλαγές επιταχύνονται στις περισσότερες επιχειρήσεις, θα πρέπει να επικεντρωθούν στην αποτελεσματική μετάβαση (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 2000).

Κάθε στοιχείο στο πρόγραμμα κύριας παραγωγής (MPS) πρέπει να έχει έναν μοναδικό αναγνωριστικό αριθμό και να συσχετίζεται με ένα BOM που καθορίζει τα στοιχεία του που θα σχεδιαστούν και θα ελέγχονται από το MRP. Τα BOM προσδιορίζουν τα στοιχεία που απαιτούνται για τη δημιουργία μητρικών στοιχείων. Ένας τέτοιο στοιχείο μπορεί να είναι τόσο περίπλοκο όσο ένα προϊόν που συναρμολογείται από πολλά εξαρτήματα ή τόσο απλό όσο ένα εξάρτημα που είναι κατασκευασμένο από κάποια πρώτη ύλη (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 2000).

Τα δεδομένα δομής προϊόντος μπορούν να αποθηκευτούν σε υπολογιστές χρησιμοποιώντας λογισμικό επεξεργασίας BOM που παρέχεται συνήθως από κατασκευαστές υπολογιστών και εμπορικές πηγές. Αυτό το λογισμικό διαχειρίζεται αποτελεσματικά την αποθήκευση πληροφοριών περί της δομής των προϊόντων στον υπολογιστή, αποφεύγοντας την αντιγραφή δεδομένων και παρέχοντας γρήγορη ανάκτηση των δεδομένων για προβολή σε διάφορες μορφές, ανάλογα με τις ανάγκες των διαφορετικών χρηστών. Αξίζει να σημειωθεί ωστόσο, ότι ορισμένα βασικά στοιχεία ενδέχεται να έχουν πολλαπλά BOM στην πράξη, προσθέτοντας μια διάσταση πολυπλοκότητας στη διαχείριση των δεδομένων (Ptak & Smith, 2011, Wong & Kleiner, 2001, Toomey, 2000):

- **Μια λίστα εξαρτημάτων σχεδιασμού.** Απλώς απαριθμώντας τα εξαρτήματα, αυτό το BOM είναι το τελευταίο βήμα στον μηχανολογικό σχεδιασμό και αποτελεί τον τρόπο με τον οποίο ο μηχανικός ενημερώνει τον υπόλοιπο οργανισμό σχετικά με τα συστατικά που απαρτίζουν το προϊόν. Οι λίστες εξαρτημάτων μπορεί να δείχνουν πώς ο γονέας θα πρέπει να συναρμολογηθεί, αν και αυτό δεν είναι συνήθως υποχρέωση του μηχανικού σχεδιασμού. Οι τεχνικές προδιαγραφές συνοδεύουν τα BOM και περιλαμβάνουν πληροφορίες που απαιτούνται για την παραγωγή, την επιθεώρηση και τη δοκιμή πλήρων, λειτουργικών προϊόντων. Σημειώνεται πως οι λίστες ανταλλακτικών συχνά δεν περιλαμβάνουν υλικά συσκευασίας και συνήθως παραλείπουν είδη όπως κόλλα, γράσο και μπογιά, για τα οποία είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η ποσότητα που απαιτείται.

- **Ένα BOM παραγωγής.** Εκτός από την απαρίθμηση όλων των συστατικών ενός προϊόντος, τα BOM πρέπει να είναι δομημένα ώστε να δείχνουν στους παραγωγούς πώς να συνδυάζουν το προϊόν κατά την παραγωγή. Συχνά, η παραγωγή απαιτεί υποσυστήματα που είναι σχεδιασμένα για σωστή συγκόλληση ή ευκολία συναρμολόγησης. Τα ημικατεργασμένα εξαρτήματα, όπως αυτά που δεν έχουν φινίρισμα, μη επιμεταλλωμένα ή είναι ελλιπώς επεξεργασμένα, ενδέχεται να μειώσουν την πολυπλοκότητα και να αυξήσουν την ευελιξία σχεδιασμού και παραγωγής.
- **BOM σχεδιασμού υλικών.** Η ανάπτυξη ενός έγκυρου, ρεαλιστικού MPS για προϊόντα που προσφέρουν πολλές επιλογές στους πελάτες απαιτεί ένα BOM που διαφέρει σημαντικά από αυτά που παράγονται από τη μηχανική και αυτά που απαιτούνται από την παραγωγή. Ο σχεδιασμός υλικών για πολλές ποικιλίες του ίδιου βασικού προϊόντος, για εργαλεία και παρόμοια σχετικά υλικά, καθώς και για προϊόντα κατά παραγγελία που κατασκευάζονται από μερικά τυπικά υποσυστήματα, απαιτεί τη δημιουργία εξειδικευμένων BOM.
- **Ένα BOM λογιστικής κόστους.** Αυτό το BOM συχνά απλοποιείται χρησιμοποιώντας έναν αριθμό ανταλλακτικού για πολλά βαμμένα ή επιμεταλλωμένα εξαρτήματα και για άλλα εξαρτήματα με παραλλαγές που δεν επηρεάζουν το κόστος ή την αποτίμηση του αποθέματος.
- **Ένα BOM που περιγράφει το πραγματικό αντικείμενο που κατασκευάστηκε.** Αυτό το BOM μπορεί να είναι διαφορετικό από όλα τα άλλα BOM για το αντικείμενο λόγω της διαδικασίας.

Επομένως, η ύπαρξη ενός BOM που περιέχει τέτοιες πληροφορίες είναι απαραίτητη κατά την διάρκεια του χρόνου προγραμματισμού. Το BOM δεν πρέπει απλώς να απαριθμεί όλα τα συστατικά ενός δεδομένου προϊόντος, αλλά πρέπει να είναι δομημένο έτσι ώστε να αντικατοπτρίζει τον τρόπο κατασκευής του προϊόντος, από την αρχική πρώτη ύλη μέχρι το συστατικό μέρος, και από την υποσυγκρότηση μέχρι την συναρμολόγηση στο τελικό προϊόν. Υπάρχει μόνο ένας νόμιμος λόγος για τον οποίο το κατασκευαστικό BOM θα πρέπει να διαφέρει από τον τρόπο κατασκευής των προϊόντων: Οι αλλαγές σχεδίασης της τελευταίας στιγμής που εκδόθηκαν από τη μηχανική καθώς κατασκευάζονταν τα προϊόντα δεν είχαν ακόμη καταχωρηθεί στα αρχεία του υπολογιστή. Γι' αυτόν τον λόγο, απαιτούνται συνεχείς προσπάθειες για να περιοριστούν στο ελάχιστο οι χρονικές καθυστερήσεις. (Stapic et al, 2009, Ptak & Smith, 2011).

Τα BOM που δείχνουν τα προϊόντα που κατασκευάζονται πραγματικά είναι συχνά διαφορετικά από τα BOM σχεδιασμού. Αυτό μπορεί να προκληθεί από θεμιτές διαφορές: Αυτό που σχεδιάστηκε δεν ήταν αυτό που χτίστηκε. Πολύ συχνά, ωστόσο, ο λόγος που αυτοί οι τύποι BOM είναι διαφορετικοί είναι η έλλειψη ακρίβειας δεδομένων στα επίσημα αρχεία. Κάθε ομάδα που χρησιμοποιεί ένα BOM προσπαθεί να διατηρήσει τη δική της έκδοση. Αναπόφευκτα, οι διαφορές εισχωρούν. Οι πέντε τύποι BOM είναι όλοι απαραίτητοι. Αυτό δεν σημαίνει ότι χρειάζονται πέντε διαφορετικά αρχεία υπολογιστή BOM. Τα προγράμματα επεξεργαστών BOM μπορούν να κωδικοποιήσουν τα βασικά δεδομένα για να συνδέσουν στοιχεία και να παράγουν ένα BOM για κάθε συγκεκριμένο σκοπό. Ο όρος bill of material χρησιμοποιείται εναλλακτικά για εκείνον που καλύπτει έναν μόνο γονέα και τα στοιχεία του (που ονομάζεται BOM ενός επιπέδου), για πιο σύνθετα BOM πολλαπλών επιπέδων και για ολόκληρο το αρχείο υπολογιστή BOM (Stapic et al, 2009, Ptak & Smith, 2011).

Μια άλλη προϋπόθεση για το MRP είναι η διαθεσιμότητα εγγραφών αποθέματος για όλα τα είδη υπό τον έλεγχο του συστήματος που περιέχουν δεδομένα κατάστασης αποθέματος και τους λεγόμενους παράγοντες προγραμματισμού, όπως θα συζητηθεί στα επόμενα κεφάλαια. Μια υπόθεση ή, μάλλον, προϋπόθεση για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος είναι η ακεραιότητα των δεδομένων του αρχείου ως προς την κατάσταση του αποθέματος και το BOM. Αυτό δεν είναι μια υπόθεση συστήματος - ένα σύστημα MRP μπορεί να λειτουργήσει με ελαττωματικά δεδομένα και να παράγει εξόδους που είναι τεχνικά σωστές σε σχέση με τα δεδομένα που παρέχονται στο σύστημα - αλλά μια επιχειρησιακή υπόθεση. Τα δεδομένα αρχείων πρέπει να είναι ακριβή, πλήρη και ενημερωμένα, εάν το σύστημα MRP πρόκειται να αποδειχθεί επιτυχές ή ακόμη και χρήσιμο. Η απαίτηση της ακεραιότητας των δεδομένων αρχείου μπορεί να φαίνεται αυτονόητη, αλλά υπάρχουν δύο σημεία που πρέπει να επισημανθούν σε αυτή τη σχέση (Stapic et al, 2009, Ptak & Smith, 2011).

Πρώτον, το γεγονός είναι ότι συνήθως τα δύο εν λόγω αρχεία είναι χρόνια σε κακή κατάσταση σε οποιοδήποτε σύστημα που προηγείται της εγκατάστασης του MRP. Και δεύτερον, σε ένα σύστημα σημείων παραγγελίας, δεν έχει μεγάλη σημασία αν τα αρχεία αποθέματος είναι αναξιόπιστα και ότι τα BOM είναι ανακριβή, ελλιπή ή ξεπερασμένα. Το σημείο παραγγελίας λειτουργεί απλώς ως σύστημα εκκίνησης παραγγελιών (ένα σύστημα ώθησης) και πρέπει να συμπληρωθεί από ένα σύστημα επιτάχυνσης (έλξης) για να λειτουργήσει καθόλου. Η υπόθεση είναι ότι οι επισπεύδοντες στην πραγματικότητα βάζουν προτεραιότητα σε αυτό που πραγματικά χρειάζεται και όχι απλώς για να γεμίσουν το ράφι των αποθεμάτων (Stapic et al, 2009, Ptak & Smith, 2011).

Σύμφωνα με ένα σύστημα σημείων παραγγελίας, το BOM δεν αναφέρεται καν, και επομένως η ποιότητα των δεδομένων του είναι άσχετη για τους σκοπούς του σχεδιασμού της απογραφής. Το επίσημο σύστημα ώθησης χρησιμοποιεί τα δεδομένα κατάστασης αποθέματος, τα οποία μπορεί να είναι (και συνήθως) ελαττωματικά, αλλά αυτό αντισταθμίζεται από το άτυπο σύστημα έλξης που δεν βασίζεται καθόλου στα αρχεία αποθέματος αλλά καθορίζει τη συγκεκριμένη ανάγκη για είδη αποθέματος. και το χρονοδιάγραμμα αυτής της ανάγκης, φυσικά, στο χώρο αποθήκευσης ή στη γραμμή συναρμολόγησης. Είναι η δράση επίσπευσης από την οποία εξαρτάται πραγματικά η όλη διαδικασία προμήθειας και κατασκευής. Αντίθετα, σε ένα σύστημα MRP, το οποίο παρέχει και τις λειτουργίες ώθησης και έλξης στο επίσημο σύστημα, δεν υπάρχει ανάγκη για το άτυπο σύστημα της μη αυτόματης επιτάχυνσης της λίστας ελλείψεων, αλλά αυτό το όφελος δεν θα πραγματοποιηθεί εάν οι ποσότητες και ο χρόνος των παραγγελιών είναι λανθασμένα λόγω έλλειψης ακεραιότητας δεδομένων αρχείου. Αυτή η ακεραιότητα είναι ζωτικής σημασίας για το σύστημα MRP και η σχολαστική συντήρηση των σχετικών αρχείων απαιτεί ιδιαίτερη προσπάθεια από την πλευρά του χρήστη του συστήματος—μια νέα απαίτηση και κόστος (Stapic et al, 2009, Ptak & Smith, 2011).

Ένα σύστημα MRP προϋποθέτει ότι οι χρόνοι παράδοσης για όλα τα είδη αποθέματος είναι γνωστοί και μπορούν να παρέχονται στο σύστημα, τουλάχιστον ως εκτιμήσεις. Ο χρόνος παράδοσης που χρησιμοποιείται για σκοπούς προγραμματισμού πρέπει κανονικά να έχει μια σταθερή τιμή. Αυτή η τιμή μπορεί να αλλάξει ανά πάσα στιγμή, αλλά περισσότερες από μία τιμές δεν μπορούν να υπάρχουν ταυτόχρονα. Ένα σύστημα MRP δεν μπορεί να χειριστεί απροσδιόριστους χρόνους παράδοσης στοιχείων. Ένα σύστημα MRP υποθέτει ότι κάθε είδος αποθέματος που βρίσκεται υπό τον έλεγχο του εισέρχεται και εξαντλείται, δηλαδή ότι θα υπάρχουν αποδείξεις με αναφορά, μετά τις οποίες το είδος θα είναι (έστω και στιγμιαία) σε κατάσταση ετοιμότητας και τελικά θα είναι εκταμειύεται για την υποστήριξη μιας παραγγελίας για ένα αντικείμενο στο οποίο διατίθεται. Αυτή η υπόθεση σημαίνει, ουσιαστικά, ότι η εξέλιξη της διαδικασίας παραγωγής από το ένα στάδιο στο επόμενο θα παρακολουθείται, συνήθως (αλλά όχι απαραίτητα) μέσω ενός αποθηκευτικού χώρου από τον οποίο περνούν φυσικά τα είδη (Stapic et al, 2009, Ptak & Smith, 2011, Ould-Louly & Dolgui, 2000).

Οι λίτες εφαρμογές του MRP μπορούν απλώς να ανακυκλώσουν το υλικό που έπρεπε να είχε χρησιμοποιηθεί για να διατηρηθεί επαρκής ακρίβεια καταγραφής αποθέματος χωρίς τα εξαρτήματα ή τα τελικά προϊόντα να περνούν ποτέ από έναν αποθηκευτικό χώρο. Κατά τον προσδιορισμό του χρόνου των ακαθάριστων απαιτήσεων του είδους, η (τυπική) διαδικασία MRP προϋποθέτει ότι όλα τα εξαρτήματα ενός συγκροτήματος πρέπει να είναι διαθέσιμα τη στιγμή που μια παραγγελία για αυτό το συγκρότημα πρόκειται να κυκλοφορήσει στο εργοστάσιο. Επομένως, η βασική υπόθεση είναι ότι ο χρόνος παράδοσης της συναρμολόγησης της μονάδας (ο χρόνος που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας του συγκροτήματος) είναι σύντομος και ότι τα διάφορα εξαρτήματα καταναλώνονται, για όλους τους πρακτικούς σκοπούς, ταυτόχρονα. Όσον αφορά τα υποσυστήματα, αυτή η υπόθεση ισχύει σχεδόν πάντα. Σε περιπτώσεις σημαντικών εξαιρέσεων από αυτόν τον κανόνα (π.χ., όπου μπορεί να χρειαστούν αρκετές εβδομάδες για τη συναρμολόγηση μιας μονάδας και ακριβά εξαρτήματα καταναλώνονται διαδοχικά κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου), η διαδικασία υπολογισμού των τακτικών απαιτήσεων θα πρέπει να τροποποιηθεί (Stapic et al, 2009, Ptak & Smith, 2011, Ould-Louly & Dolgui, 2000).

Μια άλλη υπόθεση στο πλαίσιο του MRP είναι η διακριτή εκταμίευση και χρήση των υλικών συστατικών. Για παράδειγμα, εάν απαιτούνται 50 μονάδες ενός στοιχείου για μια δεδομένη παραγγελία (κατασκευή ή υποσυναρμολόγηση), η λογική του MRP αναμένει ότι μπορούν να εκταμειευτούν ακριβώς 50 μονάδες και ότι θα καταναλωθούν 50 μονάδες. Τα υλικά που έρχονται σε συνεχή μορφή (ρολά από λαμαρίνα, πηνία σύρματος, κ.λ.π.) δεν ανταποκρίνονται απόλυτα σε αυτήν την προσδοκία και επομένως απαιτούν την τροποποίηση των τυπικών διαδικασιών σχεδιασμού και την προσαρμογή του συστήματος ώστε να χειρίζεται σωστά τέτοια είδη απογραφής. Αυτό είναι επίσης μια πρόκληση σε ένα περιβάλλον παραγωγής διεργασιών, όπου τα υλικά μπορούν να βρίσκονται σε σιλό ή αγωγούς. Εξαρτήματα που είναι πολύ μικρά και πάρα πολλά για να μετρηθούν μπορεί επίσης να αποτελέσουν πρόκληση για αυτήν την υπόθεση. Αυτά τα μέρη μπορούν να ποσοτικοποιηθούν κατά βάρος και όχι με μετρήσεις (Ptak & Smith, 2011, Ould-Louly & Dolgui, 2000).

Μια υπόθεση που υπονοείται στο MRP είναι η ανεξαρτησία της διαδικασίας. Αυτό σημαίνει ότι μια παραγγελία κατασκευής για οποιοδήποτε δεδομένο είδος αποθέματος μπορεί να ξεκινήσει και να ολοκληρωθεί από μόνη της και δεν εξαρτάται από την ύπαρξη ή την πρόοδο κάποιας άλλης παραγγελίας για σκοπούς ολοκλήρωσης της διαδικασίας. Έτσι, οι αποκαλούμενες σχέσεις ταιριάσματος-τμήματος (το στοιχείο A στη λειτουργία 30 πρέπει να πληροί το στοιχείο B στη λειτουργία 50 για την κατεργασία μιας κοινής επιφάνειας) και τις εξαρτήσεις εγκατάστασης (Η ρύθμιση για το στοιχείο Y πρέπει να γίνει μόνο εάν προηγείται μια ρύθμιση για το στοιχείο X) δεν ταιριάζουν στο σχήμα των πραγμάτων κάτω από το MRP. Αυτό δεν σημαίνει ότι το MRP είναι ανεφάρμοστο, μόνο ότι είναι ανεφάρμοστο στην παραδοσιακή του μορφή.

Ανακεφαλαιώνοντας, οι κύριες προϋποθέσεις και παραδοχές που υπονοούνται από ένα τυπικό σύστημα MRP είναι οι εξής (Ptak & Smith, 2011, Ould-Louly & Dolgui, 2000):

- Υπάρχει ένα MPS και μπορεί να δηλωθεί με όρους BOM
- Όλα τα είδη αποθέματος προσδιορίζονται μοναδικά
- Υπάρχει BOM κατά τον χρόνο προγραμματισμού
- Διατίθενται αρχεία αποθέματος που περιέχουν δεδομένα για την κατάσταση κάθε είδους
- Υπάρχει ακεραιότητα των δεδομένων του αρχείου
- Οι χρόνοι παράδοσης μεμονωμένων ειδών είναι γνωστοί
- Κάθε είδος αποθέματος μπαίνει και εξαντλείται
- Όλα τα εξαρτήματα μιας διάταξης χρειάζονται κατά τη στιγμή της έκδοσης της παραγγελίας συναρμολόγησης
- Υπάρχει διακριτή εκταμίευση και χρήση των υλικών εξαρτημάτων
- Υπάρχει ανεξαρτησία διαδικασίας των κατασκευασμένων ειδών

## **6. Είσοδοι και έξοδοι MRP**

Ένα σύστημα MRP, σωστά σχεδιασμένο και χρησιμοποιημένο, μπορεί να παρέχει έναν αριθμό επιθυμητών εξόδων που περιέχουν έγκυρες και έγκαιρες πληροφορίες. Τα κύρια αποτελέσματα ενός συστήματος MRP είναι τα ακόλουθα (Ptak & Smith, 2011):

- Ειδοποιήσεις έκδοσης παραγγελιών που απαιτούν την τοποθέτηση προγραμματισμένων παραγγελιών
- Ειδοποιήσεις επαναπρογραμματισμού που ζητούν αλλαγές στις ημερομηνίες λήξης ανοικτής παραγγελίας
- Ειδοποιήσεις ακύρωσης που ζητούν ακύρωση ή αναστολή ανοιχτών παραγγελιών
- Ανάλυση κατάστασης προϊόντος χρησιμοποιώντας εφεδρικά δεδομένα
- Οι προγραμματισμένες παραγγελίες που έχουν προγραμματιστεί για κυκλοφορία στο μέλλον

Οι δευτερογενείς ή έξοδοι παραπροϊόντων διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία και παράγονται από το σύστημα MRP κατ' επιλογή του χρήστη. Αυτά τα αποτελέσματα, περιλαμβάνουν: (Ptak & Smith, 2011)

- Ειδοποιήσεις εξαίρεσης που αναφέρουν σφάλματα, ασυνέπειες και καταστάσεις εκτός ορίων
- Προβολές σε επίπεδο αποθέματος (προβλέψεις αποθέματος)
- Αναφορές δεσμεύσεων αγορών
- Ίχνη στις πηγές ζήτησης (οι λεγόμενες συνδεδεμένες απαιτήσεις αναφορές)
- Αναφορές απόδοσης

Όλες οι έξοδοι του συστήματος MRP παράγονται με επεξεργασία εισροών (σχετικά δεδομένα) από τις ακόλουθες πηγές (Ptak & Smith, 2011):

- Το MPS
- Παραγγελίες για εξαρτήματα που προέρχονται από πηγές εξωτερικές της εγκατάστασης που χρησιμοποιούν το σύστημα
- Προβλέψεις για είδη που υπόκεινται σε ανεξάρτητη ζήτηση
- Το αρχείο καταγραφής αποθέματος (κύριο στοιχείο)
- Το αρχείο λογαριασμού υλικού (προϊόν-δομή) fil

Το MPS εκφράζει το συνολικό σχέδιο παραγωγής. Αναφέρεται ως προς τα τελικά στοιχεία, τα οποία μπορεί να είναι προϊόντα (με δυνατότητα αποστολής) ή συγκροτήματα υψηλότερου επιπέδου από τα οποία τελικά κατασκευάζονται αυτά τα προϊόντα σε διάφορες διαμορφώσεις σύμφωνα με ένα τελικό πρόγραμμα συναρμολόγησης. Το χρονικό διάστημα που καλύπτει το MPS, που ονομάζεται ορίζοντας σχεδιασμού, σχετίζεται με τον σωρευτικό χρόνο προμήθειας και κατασκευής για εξαρτήματα των εν λόγω προϊόντων. Ο ορίζοντας προγραμματισμού συνήθως ισούται ή υπερβαίνει αυτόν τον σωρευτικό χρόνο παράδοσης (Proud, 2012, Techawiboonwong et al, 2006).

Το MPS χρησιμεύει ως η κύρια είσοδος σε ένα σύστημα MRP με την έννοια ότι ο βασικός σκοπός αυτού του συστήματος είναι να μεταφράσει το χρονοδιάγραμμα σε μεμονωμένες απαιτήσεις εξαρτημάτων και άλλες εισροές απλώς παρέχουν δεδομένα αναφοράς που απαιτούνται για την επίτευξη αυτού του σκοπού. Στην αρχή, το MPS ορίζει ολόκληρο το πρόγραμμα παραγωγής ενός εργοστασίου και επομένως περιέχει όχι μόνο τα προϊόντα που θα παράγει το εργοστάσιο αλλά και παραγγελίες για εξαρτήματα που προέρχονται από πηγές εξωτερικές του εργοστασίου, καθώς και προβλέψεις για είδη που υπόκεινται σε ανεξάρτητη ζήτηση. . Στην πράξη, ωστόσο, τέτοιες εντολές και προβλέψεις συνήθως δεν ενσωματώνονται στο έγγραφο MPS, αλλά τροφοδοτούνται απευθείας στο σύστημα MRP ως ξεχωριστές εισροές (Proud, 2012, Techawiboonwong et al, 2006).



Οι εξωτερικές παραγγελίες για εξαρτήματα περιλαμβάνουν παραγγελίες ανταλλακτικών σέρβις, παραγγελίες interplant, παραγγελίες κατασκευαστή πρωτότυπου εξοπλισμού (OEM) από άλλους κατασκευαστές που χρησιμοποιούν αυτά τα εξαρτήματα στα προϊόντα τους και οποιεσδήποτε άλλες παραγγελίες ειδικού σκοπού που δεν σχετίζονται με το κανονικό σχέδιο παραγωγής. Τα εξαρτήματα μπορούν να παραγγελθούν για σκοπούς πειραματισμού, καταστροφικών δοκιμών, προώθησης, συντήρησης εξοπλισμού κ.λπ. Το σύστημα MRP αντιμετωπίζει τις παραγγελίες αυτής της κατηγορίας ως προσθήκες στις ακαθάριστες απαιτήσεις για τα αντίστοιχα στοιχεία. Πέρα από αυτό, εφαρμόζεται τακτική θεραπεία MRP. Προβλέψεις ανεξάρτητης ζήτησης για στοιχεία που υπόκεινται σε αυτόν τον τύπο ζήτησης μπορούν να γίνουν εκτός του συστήματος MRP ή το σύστημα μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να εκτελεί αυτή τη λειτουργία μέσω της εφαρμογής κάποιας τεχνικής στατιστικής πρόβλεψης (Proud, 2012, Techawiboonwong et al, 2006).

Οι προβλεπόμενες ποσότητες χυτεύσεως αντιμετωπίζονται ως ακαθάριστες απαιτήσεις από το σύστημα MRP. Είδη που υπόκεινται μόνο σε ανεξάρτητη ζήτηση (όπως ανταλλακτικά σέρβις που δεν χρησιμοποιούνται πλέον στην κανονική παραγωγή) θα πρέπει να υπόκεινται σε χρονική φάση ελέγχου σημείου παραγγελίας. Στα είδη που υπόκεινται τόσο σε εξαρτημένη όσο και σε ανεξάρτητη ζήτηση, οι προβλεπόμενες ποσότητες απλώς προστίθενται στις (υπολογιζόμενες) ακαθάριστες απαιτήσεις. Λάβετε υπόψη ότι η ζήτηση εξαρτημάτων υπηρεσίας είτε προβλέπεται είτε καταγράφεται κατά την παραλαβή παραγγελιών (που υποβάλλονται από έναν οργανισμό παροχής υπηρεσιών που διαχειρίζεται το δικό του σύστημα), αλλά, κατά κανόνα, όχι και τα δύο (Proud, 2012, Techawiboonwong et al, 2006).

Το αρχείο καταγραφής αποθέματος, που ονομάζεται επίσης κύριο αρχείο αντικειμένων, αποτελείται από τις επιμέρους εγγραφές αποθέματος ειδών που περιέχουν τα δεδομένα κατάστασης που είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό των καθαρών απαιτήσεων. Αυτό το αρχείο διατηρείται ενημερωμένο με την ανάρτηση των συναλλαγών αποθέματος που αντικατοπτρίζουν τα διάφορα συμβάντα απογραφής που λαμβάνουν χώρα. Κάθε συναλλαγή (δηλαδή, παραλαβή αποθεμάτων, εκταμίευση, σκραπ, κ.λπ.) αλλάζει την κατάσταση του αντίστοιχου είδους αποθέματος. Συνεπώς, η αναφορά των συναλλαγών αποτελεί έμμεση εισροή στο σύστημα MRP (Proud, 2012, Techawiboonwong et al, 2006).

Οι συναλλαγές ενημερώνουν την κατάσταση του στοιχείου, η οποία στη συνέχεια λαμβάνεται υπόψη και τροποποιείται κατά τη διάρκεια των απαιτήσεων. Εκτός από τα δεδομένα κατάστασης, τα αρχεία απογραφής περιέχουν επίσης τους λεγόμενους παράγοντες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται κυρίως για τον προσδιορισμό του μεγέθους και του χρόνου των προγραμματισμένων παραγγελιών. Οι παράγοντες σχεδιασμού περιλαμβάνουν χρόνο παράδοσης ειδών, απόθεμα ασφαλείας (εάν υπάρχει), δικαιώματα απορριμμάτων, αλγόριθμους μεγέθους παρτίδας και ούτω καθεξής. Οι τιμές των συντελεστών προγραμματισμού υπόκεινται σε αλλαγές κατά την κρίση του χρήστη του συστήματος (Proud, 2012, Techawiboonwong et al, 2006).

Μια αλλαγή σε έναν ή περισσότερους παράγοντες προγραμματισμού αλλάζει συνήθως την κατάσταση του αποθέματος. Το αρχείο λογαριασμών υλικού (BOM), γνωστό και ως αρχείο δομής προϊόντος, περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις σχέσεις εξαρτημάτων και συγκροτημάτων που είναι απαραίτητες για τη σωστή ανάπτυξη ακαθάριστων και καθαρών απαιτήσεων. Όλες οι εισροές που μόλις εξετάστηκαν εισέρχονται στη διαδικασία MRP, ο κύριος σκοπός της οποίας είναι να καθιερώσει (αποκαταστήσει) τη σωστή κατάσταση αποθέματος κάθε είδους υπό τον έλεγχό της. Οι παράγοντες που εμπλέκονται στην καθιέρωση αυτής της κατάστασης είναι οι ακόλουθοι (Proud, 2012, Techawiboonwong et al, 2006):

- Απαιτήσεις
- Κάλυψη απαιτήσεων
- Δομή προϊόντος
- Παράγοντες προγραμματισμού

Αυτό που θέτει σε κίνηση τη διαδικασία MRP ποικίλλει ανάλογα με την υλοποίηση του συστήματος και τη χρήση του συστήματος. Με τα λεγόμενα αναγεννητικά συστήματα MRP, τα οποία χρησιμοποιούν τεχνικές επεξεργασίας κατά παρτίδες, η διαδικασία επανασχεδιασμού πραγματοποιείται περιοδικά, συνήθως σε καθημερινά διαστήματα. Εδώ, το πέρασμα του χρόνου ενεργοποιεί τη διαδικασία. Με τα λεγόμενα συστήματα MRP καθαρής μεταβολής, τα γεγονότα (συναλλαγές) απογραφής είναι αυτά που προκαλούν επανασχεδιασμό να πραγματοποιείται, λίγο πολύ συνεχώς. Αλλαγές στις απαιτήσεις, την κάλυψη, τη δομή του προϊόντος, τις σχετικές μηχανικές αλλαγές ή τους παράγοντες σχεδιασμού επηρεάζουν την κατάσταση του αποθέματος και επομένως πρέπει να αντικατοπτρίζονται στον επανασχεδιασμό (Proud, 2012, Techawiboonwong et al, 2006).

Τα αναγεννητικά συστήματα MRP, στην πραγματικότητα, λαμβάνουν ένα στιγμιότυπο αυτών των παραγόντων όπως είναι τη στιγμή του υπολογισμού κάθε περιοδικής απαίτησης με την υπόθεση ότι όλες οι αλλαγές έχουν ενσωματωθεί κατά τη διάρκεια του προηγούμενου διαστήματος. Αυτά τα συστήματα αντιμετωπίζουν περιοδικά καταστάσεις που είναι στατικές εκείνη τη στιγμή. Τα συστήματα MRP καθαρής αλλαγής, από την άλλη πλευρά, πρέπει να αντιμετωπίζουν συνεχώς μια δυναμική ή ρευστή κατάσταση. Αυτό απαιτεί οι αλλαγές σε οποιονδήποτε από τους τέσσερις παράγοντες που αναφέρονται, να καταγράφονται στο σύστημα καθώς συμβαίνουν (Proud, 2012, Techawiboonwong et al, 2006).

## **7. Τεχνικές Time phasing**

Μία από τις αρχαιότερες εφευρέσεις του ανθρώπινου πολιτισμού είναι η διαίρεση της συνεχούς ροής του χρόνου σε βήματα κατάλληλα για τη μέτρηση της διέλευσής του και η κατασκευή ημερολογίων για την παροχή ενός πλαισίου αναφοράς (Wight, 1971).

## Προγραμματισμός ημερολογίων

Δεδομένου ότι αυτοί οι παράγοντες θα περιέπλεκαν άσκοπα τις διαδικασίες υπολογισμού που σχετίζονται με το χρόνο, είναι σύνηθες να επινοούνται ειδικά δεκαδικά ημερολόγια που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Υπάρχει μια ποικιλία από τα λεγόμενα ημερολόγια προγραμματισμού ή ημερολόγια καταστημάτων, αλλά αυτό που έχουν όλα κοινό είναι η αρχή της διαδοχικής αρίθμησης εβδομάδων ή/και ημερών. Αυτή η λειτουργία είναι πλέον ενσωματωμένη σε όλα τα εμπορικά διαθέσιμα συστήματα MRP και είναι αόρατη στον χρήστη. Συνήθως, υπάρχει ένα ημερολόγιο για τις εργασίες της ίδιας της εταιρείας και ένα άλλο για τους χρόνους παράδοσης προμηθευτών. Οι προτεινόμενες ημερομηνίες ενεργειών προσαρμόζονται από τη δήλωση εργάσιμων έναντι μη εργάσιμων ημερών στο ημερολόγιο. Κατά τη χρήση αυτού του ημερολογίου, μια εβδομάδα εξισώνεται συνήθως με πέντε εργάσιμες ημέρες. Έτσι, εάν ένα είδος είχε χρόνο παράδοσης πέντε εβδομάδων, θα αφαιρούνταν 25 από την ημερομηνία λήξης του για να φτάσει στην ημερομηνία κυκλοφορίας της παραγγελίας. Το πραγματικό χρονικό διάστημα μπορεί να είναι περισσότερο από πέντε εβδομάδες, εάν επέλθουν διακοπές (Wight, 1971).

## Κάδοι ημερομηνιών και ώρας

Σε ένα σύστημα MRP, τα δεδομένα κατάστασης αποθέματος ταξινομούνται χρονικά, συσχετίζοντάς τα είτε με ημέρες (σχετικά σύντομες χρονικές περιόδους) είτε με περιόδους προγραμματισμού, όπως εβδομάδες ή μήνες (σχετικά μεγάλες χρονικές περιόδους). Ενώ η συγκεκριμένη μέθοδος χρονικής φάσης που χρησιμοποιείται θα καθορίσει τους όρους με τους οποίους εκτελείται η εσωτερική αριθμητική από το σύστημα, η μέθοδος εμφάνισης δεδομένων χρονικής φάσης μπορεί να επιλεγεί ανεξάρτητα. Μια δεδομένη ημέρα μπορεί να μετατραπεί στην αντίστοιχη περίοδο προγραμματισμού της για λόγους προβολής και μια προγραμματική περίοδος μπορεί να εκφραστεί ως μία από τις ημέρες που την αποτελούν, συνήθως την ημέρα έναρξης της (Wight, 1971).

Τα συστήματα MRP έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε οι απαιτήσεις και τα δεδομένα αποθέματος να μπορούν να εισαχθούν, να αποθηκευτούν και να υποβληθούν σε επεξεργασία εσωτερικά κατά ημερομηνία/ποσότητα, αλλά να εμφανίζονται σε μορφή κάδου χρόνου. Οι τεχνολογικές εξελίξεις τα τελευταία 30 χρόνια επέτρεψαν στα συστήματα MRP να εξελιχθούν σε συστήματα «χωρίς κάδο». Δεν απαιτείται πλέον η ανάπτυξη χρονικών κάδων που ανταποκρίνονται σε χρονικές περιόδους που συνήθως εκτείνονται περισσότερο από μία ημέρα. Αυτό αντιπροσωπεύει μια μάλλον αδρή κατανομή του χρόνου. Για το λόγο αυτό, η ακριβής σημασία του χρονισμού των δεδομένων που εκχωρούνται σε χρονικούς κάδους καθορίστηκε κατά σύμβαση. Επί του παρόντος, τα συστήματα MRP προγραμματίζουν την ημέρα. Επομένως, η λογική των χρονικών κάδων δεν είναι πλέον απαραίτητη. Στην ακόλουθη συζήτηση σχετικά με τις ακαθάριστες και τις καθαρές απαιτήσεις, αν και οι χρονικές περίοδοι μπορεί να είναι μια ημέρα, μια εβδομάδα, ένας μήνας ή ένα τέταρτο, η κοινή ανάπτυξη στο MRP είναι ότι μια περίοδος είναι μια μέρα (Wight, 1971).

## Ορίζοντας προγραμματισμού

Για να διασφαλιστεί ότι το MRP παρέχει δεδομένα για είδη σε όλα τα επίπεδα σε τιμολόγια υλικού (BOM), ο ορίζοντας προγραμματισμού θα πρέπει τουλάχιστον να ισούται με το μεγαλύτερο σύνολο χρόνων παράδοσης ειδών (αθροιστικός χρόνος παράδοσης) στην κρίσιμη (μεγαλύτερη) διαδρομή που οδηγεί από ακατέργαστο υλικό μέχρι το τελικό στοιχείο που εμφανίζεται στο κύριο πρόγραμμα παραγωγής (MPS). Εάν οι ορίζοντες προγραμματισμού είναι πολύ σύντομοι, η διαδικασία διαδοχικής αντιστάθμισης για το χρόνο παράδοσης στον προγραμματισμό επίπεδο προς επίπεδο θα εκτελεστεί σε προηγούμενες περιόδους όταν φτάσει σε στοιχεία στο χαμηλότερο επίπεδο. Για να διασφαλιστεί κάποια μελλοντική ορατότητα των δεδομένων για τα αγορασμένα είδη, οι ορίζοντες προγραμματισμού θα πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτεροι από τον χρόνο παράδοσης της κρίσιμης διαδρομής (Wight, 1971).

Με τις πολυεπίπεδες δομές προϊόντων, λόγω της διαδοχικής αντιστάθμισης χρόνου παράδοσης, υπάρχει μερική απώλεια ορίζοντα σε κάθε χαμηλότερο επίπεδο. Ο αποτελεσματικός ορίζοντας σχεδιασμού σε κάθε επίπεδο μειώνεται διαδοχικά καθώς το MRP προχωρά από το ένα επίπεδο στο άλλο. Μια συνέπεια των πολύ σύντομων οριζόντων είναι η αδυναμία εφαρμογής ορισμένων τεχνικών *lotsizing* αποτελεσματικά λόγω έλλειψης επαρκών δεδομένων καθαρών απαιτήσεων. Αυτό συζητείται στο Κεφάλαιο 8. Μια άλλη, πιο σοβαρή συνέπεια είναι η έλλειψη δεδομένων για τον προγραμματισμό των απαιτήσεων χωρητικότητας. Οι σύντομοι ορίζοντες περιορίζουν τις απαιτήσεις χωρητικότητας σχεδιασμού για τα χαμηλού επιπέδου, συνήθως κατασκευασμένα, μέρη όπου είναι πιο επιθυμητό. Ωστόσο, οι μεγάλοι ορίζοντες οδηγούν σε σχέδια με χαμηλή εγκυρότητα λόγω των μεγαλύτερων πιθανών αλλαγών στις απαιτήσεις, τις λεπτομέρειες σχεδιασμού και τις μεθόδους επεξεργασίας και περισσότερες ανατροπές (Wight, 1971).

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

Στο προηγούμενο κεφάλαιο υποθέσαμε ότι υπάρχει ένα κύριο πρόγραμμα παραγωγής (MPS) στο οποίο μπορεί να προσαρμοστεί ένα σύστημα σχεδιασμού απαιτήσεων υλικών (MRP) και ότι αυτό το χρονοδιάγραμμα δηλώνει το συνολικό σχέδιο παραγωγής πλήρως και ξεκάθαρα. Σε αυτήν την πρόταση υπονοείται η ύπαρξη ενός λογαριασμού υλικού, ο οποίος καθορίζει τη σειρά των προϊόντων όχι μόνο από την πλευρά του πελάτη (και της τελικής συναρμολόγησης) αλλά και με έναν τρόπο που είναι κατάλληλος για σκοπούς προμήθειας, κατασκευής και υποσυναρμολόγησης. Με άλλα λόγια, για να λειτουργήσει σωστά ένα σύστημα MRP, το προϊόν πρέπει να οριστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η έκφραση ενός έγκυρου MPS με όρους αριθμών BOM, δηλαδή αριθμούς συναρμολογημένων αντικειμένων.

Σε αντίθεση με την προσέγγιση σημείου παραγγελίας, το MRP λειτουργεί με προϊόντα και τις σχέσεις των στοιχείων τους χρησιμοποιώντας το BOM ως βάση για τον προγραμματισμό. Το MRP θέτει έτσι το BOM σε μια εντελώς νέα χρήση και το BOM αποκτά μια νέα λειτουργία. Εκτός από το ότι λειτουργεί ως μέρος των προδιαγραφών του προϊόντος, γίνεται ένα πλαίσιο από το οποίο εξαρτάται ολόκληρη η διαδικασία σχεδιασμού. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ωστόσο, το BOM που διατηρεί το μήμα μηχανικών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς MRP χωρίς κάποια τροποποίηση.

Ως σημαντική είσοδος στο σύστημα MRP, το BOM πρέπει να είναι ακριβές και ενημερωμένο, εάν πρόκειται να είναι έγκυρες οι έξοδοι του συστήματος. Επιπλέον, πρέπει να είναι σαφές και δομημένο έτσι ώστε να προσφέρεται για MRP. Η απλή ύπαρξη ενός BOM δεν αποτελεί εγγύηση ότι ένα σύστημα MRP μπορεί να λειτουργήσει σωστά. Το BOM είναι ουσιαστικά ένα έγγραφο μηχανικής και η παραδοσιακή του λειτουργία ήταν να ορίζει το προϊόν από σχεδιαστική άποψη. Με την έλευση του MRP, το προϊόν μπορεί να χρειαστεί να επαναπροσδιοριστεί έτσι ώστε να ταιριάζει στις ανάγκες του σχεδιασμού και της κατασκευής. Αυτός ο επαναπροσδιορισμός ονομάζεται διάρθρωση ή αναδιάρθρωση του BOM. Καθώς οι εταιρείες αλλάζουν την κατασκευαστική τους προσέγγιση, η προσδοκία είναι ότι οι BOM θα αναδιαρθρωθούν επίσης. Για παράδειγμα, είναι σύνηθες για εταιρείες που υιοθετούν λιτές έννοιες να αφαιρούν επίπεδα από τα BOM τους σε μια διαδικασία που ονομάζεται flattening του BOM (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

Ο όρος δομή BOM αναφέρεται στη διάταξη των δεδομένων στο αρχείο BOM παρά στην οργάνωση αυτού του αρχείου σε ένα μέσο αποθήκευσης ή σε μια συσκευή αποθήκευσης ενός υπολογιστή. Τα πακέτα λογισμικού επεξεργαστών BOM, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, επεξεργάζονται, οργανώνουν, φορτώνουν, διατηρούν και ανακτούν εγγραφές BOM αλλά δεν τις δομούν. Αυτά τα προγράμματα υποθέτουν ότι το αρχείο BOM είναι ήδη δομημένο σωστά για να εξυπηρετεί τις ανάγκες του MRP. Αυτό το κεφάλαιο επιχειρεί να διευκρινίσει το θέμα της δομής BOM και να περιγράψει τις βασικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη καλής δομής BOM. Όταν ένα σύστημα MRP πρόκειται να εισαχθεί σε μια κατασκευαστική εταιρεία ή εργοστάσιο, το υπάρχον BOM θα πρέπει να επανεξεταστεί για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα του για τους σκοπούς του MRP. Η παρακάτω λίστα ελέγχου θα βοηθήσει στον εντοπισμό τυχόν δομικών ελλείψεων (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011):

- Το BOM θα πρέπει να προσφέρεται για την πρόβλεψη των προαιρετικών χαρακτηριστικών του προϊόντος. Αυτή η δυνατότητα είναι απαραίτητο για σκοπούς MRP.
- Το BOM θα πρέπει να επιτρέπει τη δήλωση του MPS στον λιγότερο δυνατό αριθμό τελικών στοιχείων. Αυτά τα είδη θα είναι προϊόντα ή μεγάλες συναρμολογήσεις, ανάλογα με την περίπτωση, αλλά σε κάθε περίπτωση, πρέπει να αναφέρονται σε αριθμούς BOM.
- Το BOM θα πρέπει να προσφέρεται για τον προγραμματισμό των προτεραιοτήτων υποσυναρμολόγησης. Οι παραγγελίες για υποσυναρμολογήσεις πρέπει να εκδοθούν την κατάλληλη στιγμή με έγκυρες ημερομηνίες λήξης και οι ημερομηνίες λήξης θα πρέπει να διατηρούνται ενημερωμένες.
- Το BOM θα πρέπει να επιτρέπει την εύκολη εισαγωγή παραγγελιών. Θα πρέπει να είναι δυνατή η λήψη μιας παραγγελίας πελάτη που περιγράφει το προϊόν είτε με όρους αριθμού μοντέλου είτε ως διαμόρφωση προαιρετικών χαρακτηριστικών και να μεταφραστεί στη γλώσσα που κατανοεί το σύστημα MRP: αριθμούς BOM.
- Το BOM θα πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς τελικού προγραμματισμού συναρμολόγησης. Εκτός από το MRP, το σύστημα προγραμματισμού τελικής συναρμολόγησης πρέπει να γνωρίζει συγκεκριμένα ποια συγκροτήματα (αριθμοί συναρμολόγησης) απαιτούνται για την κατασκευή μεμονωμένων μονάδων του τελικού προϊόντος.
- Το BOM θα πρέπει να παρέχει τη βάση για την κοστολόγηση προϊόντων, συμπεριλαμβανομένου του τυπικού κόστους και των αποκλίσεων, τα οποία προέρχονται από το BOM.

Σε μια δεδομένη περίπτωση, όταν αυτά τα κριτήρια εφαρμόζονται στο υπάρχον BOM, συχνά θα διαπιστωθεί ότι ορισμένες, αλλά όχι όλες, από αυτές τις απαιτήσεις μπορούν να ικανοποιηθούν. Το BOM μπορεί να χρειαστεί να αναδιαρθρωθεί, και αυτό μπορεί να γίνει χωρίς να επηρεαστεί η ακεραιότητα των προδιαγραφών του προϊόντος. Η σοβαρότητα του προβλήματος της δομής του BOM ποικίλλει από εταιρεία σε εταιρεία ανάλογα με την πολυπλοκότητα του εν λόγω προϊόντος και τη φύση της επιχείρησης. Ο όρος 'BOM structuring' αφορά τη διαδικασία ποικιλομορφίας αλλαγών που εφαρμόζονται στο BOM, καθώς και τις διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή αυτών των αλλαγών.

## 1. Καταχώρηση Ταυτοτήτων Σε Είδη Αποθέματος

Εάν ένα BOM πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς MRP, κάθε στοιχείο αποθέματος που καλύπτει πρέπει να προσδιορίζεται μοναδικά. Ένας αριθμός ανταλλακτικού δεν πρέπει να προσδιορίζει δύο ή περισσότερα στοιχεία που διαφέρουν μεταξύ τους, αν όχι τόσο ελαφρώς. Αυτό περιλαμβάνει πρώτες ύλες και υποσυστήματα. Η εκχώρηση ταυτοτήτων υποσυγκρότησης τείνει να είναι κάπως αυθαίρετη, επειδή μια νέα οντότητα δημιουργείται στην πραγματικότητα κάθε φορά που προσαρτάται ένα άλλο στοιχείο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας συναρμολόγησης. Ο σχεδιαστής προϊόντων, ο βιομηχανικός μηχανικός, ο λογιστής κόστους και ο προγραμματιστής απογραφής μπορεί να προτιμούν ο καθένας να τα εκχωρεί διαφορετικά (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

### Εξάλειψη της αμφισημίας

Το ερώτημα είναι πότε πρέπει να εκχωρηθούν μοναδικοί αριθμοί υποσυναρμολόγησης για τους σκοπούς του MRP και πότε όχι. Στην πραγματικότητα, δεν είναι ο σχεδιασμός του προϊόντος αλλά ο τρόπος συναρμολόγησής του που υπαγορεύει την εκχώρηση ταυτοτήτων υποσυναρμολόγησης. Η μονάδα εργασίας, ή καθήκον, είναι το κλειδί εδώ. Εάν ένας αριθμός εξαρτημάτων συναρμολογηθεί σε έναν πάγκο και στη συνέχεια προωθηθούν, ως ολοκληρωμένη υποσυναρμολόγησης, στην αποθήκευση ή σε άλλο πάγκο για περαιτέρω συναρμολόγηση, απαιτείται αριθμός υποσυναρμολόγησης. Χωρίς αυτό, το σύστημα MRP δεν θα μπορούσε να παράγει παραγγελίες για αυτές τις υποσυναρμολόγησεις και να σχεδιάζει τις προτεραιότητές τους.

Ορισμένα τμήματα μηχανικής είναι υπερβολικά συντηρητικά στην εκχώρηση νέων αριθμών ανταλλακτικών και το κλασικό παράδειγμα αυτού, που συναντάται αρκετά συχνά, είναι μια ακατέργαστη χύτευση που έχει τον ίδιο αριθμό ανταλλακτικού με τη χύτευση με τελική κατεργασία. Αυτό μπορεί να ταιριάζει στον μηχανικό, αλλά είναι δύσκολο να δούμε πώς ένα αυτοματοποιημένο σύστημα απογραφής όπως το MRP υποτίθεται ότι διακρίνει μεταξύ δύο τύπων ειδών που πρέπει να προγραμματιστούν και να ελέγχονται χωριστά. Έχουν διαφορετικούς χρόνους παράδοσης, διαφορετικό κόστος και διαφορετικές ημερομηνίες ανάγκης (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

Μια άλλη απαίτηση είναι ένας αναγνωριστικός αριθμός να ορίζει τα περιεχόμενα του αντικειμένου με σαφήνεια. Επομένως, ο ίδιος αριθμός υποσυναρμολόγησης δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για τον καθορισμό δύο ή περισσότερων διαφορετικών συνόλων στοιχείων. Αυτό συμβαίνει μερικές φορές όταν ο αρχικός σχεδιασμός ενός προϊόντος στη συνέχεια υπόκειται σε αλλαγές. Αντί να δημιουργηθεί ένα νέο BOM για το συγκρότημα που επηρεάζεται, με τη δική του μοναδική ταυτότητα, το αρχικό BOM καθορίζεται με οδηγίες για αντικατάσταση, αφαίρεση και προσθήκη ορισμένων στοιχείων. Αυτή η μέθοδος συντόμευσης, που ονομάζεται προσθήκη και διαγραφή, αντιπροσωπεύει μια ευάλωτη διαδικασία που δεν είναι επιθυμητή για σκοπούς MRP, όπως θα συζητηθεί αργότερα (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

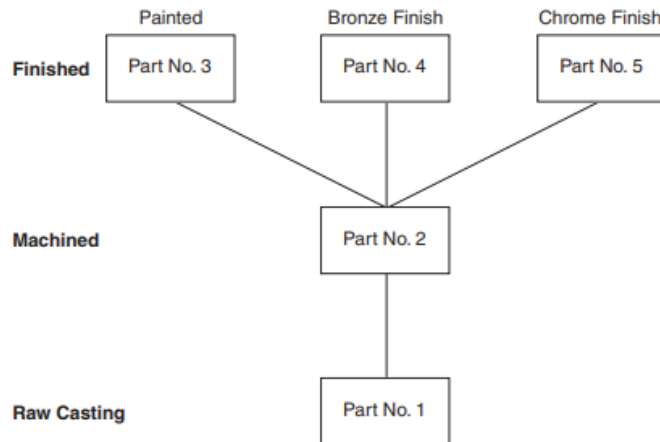
## Επίπεδα Κατασκευής

Το BOM θα πρέπει να αντικατοπτρίζει, μέσω της δομής του επιπέδου του, τον τρόπο με τον οποίο το υλικό ρέει μέσα και έξω από το απόθεμα. Ο όρος απόθεμα σε αυτό το πλαίσιο δεν σημαίνει απαραίτητα αποθήκη αλλά μάλλον κατάσταση ολοκλήρωσης. Έτσι, όταν ένα κατασκευασμένο εξάρτημα έχει τελειώσει ή έχει ολοκληρωθεί μια υποσυναρμολόγηση, θεωρείται ότι είναι σε ετοιμότητα, δηλαδή σε απόθεμα, μέχρι να αποσυρθεί και να συσχετιστεί με μια παραγγελία για ένα προϊόν υψηλότερου επιπέδου (μητρικό) ως συστατικό. Ένα σύστημα MRP είναι κατασκευασμένο με τρόπο που να υποθέτει ότι κάθε είδος αποθέματος υπό τον έλεγχό του εισέρχεται και εξαντλείται στο αντίστοιχο επίπεδο στη δομή του προϊόντος. Το MRP υποθέτει επίσης ότι το BOM αντικατοπτρίζει με ακρίβεια αυτή τη ροή. Έτσι, το BOM αναμένεται να προσδιορίζει όχι μόνο τη σύνθεση ενός προϊόντος αλλά και τα στάδια της διαδικασίας στην κατασκευή αυτού του προϊόντος. Πρέπει να ορίζει τη δομή του προϊόντος ως προς τα επίπεδα κατασκευής, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει την ολοκλήρωση ενός βήματος στη συσσώρευση του προϊόντος. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας για το MRP επειδή καθορίζει, σε συνδυασμό με τους χρόνους παράδοσης ειδών, τον ακριβή χρόνο των απαιτήσεων, τις εκδόσεις παραγγελιών και τις προτεραιότητες παραγγελιών (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

Μερικές φορές υπάρχει απροθυμία να εκχωρηθούν ξεχωριστές ταυτότητες σε ημιτελή και τελειωμένα αντικείμενα, όπου η μετατροπή στο τελικό στάδιο είναι δευτερεύουσας φύσης. Ένα παράδειγμα μπορεί να είναι η παραγωγή με χύτευση ενός εξαρτήματος αμυντικής εξάρτησης (π.χ. τμήμα όπλου) που πρώτα υποβάλλεται σε μηχανική κατεργασία και στη συνέχεια λαμβάνει ένα από τα τρία φινιρίσματα, με χρώμιο, μπρούτζο ή χρωματισμό, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.

Στα τρία τελικά προϊόντα θα πρέπει να αποδοθούν ξεχωριστές ταυτότητες εάν πρόκειται να παραγγελθούν και οι προτεραιότητες παραγγελίας τους να προγραμματιστούν από το σύστημα MRP. Αυτό είναι ένα παράδειγμα μιας κατάστασης όπου η μοναδική ταυτότητα αντικειμένου (της τελικής χύτευσης) κανονικά δεν θα υπήρχε, αλλά θα έπρεπε να είναι μια καθιερωμένη προϋπόθεση για το MRP γιατί διαφορετικά τέτοια στοιχεία θα έπεφταν εκτός του πεδίου εφαρμογής του συστήματος και θα οδηγούσαν σε απώλεια ελέγχου (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).





**Εικόνα 1: Μοναδική ταυτότητα ημικατεργασμένων και έτοιμων ειδών (Ptak & Smith, 2011)**

### **Επεξεργασία Παροδικών Υποσυναρμολογήσεων**

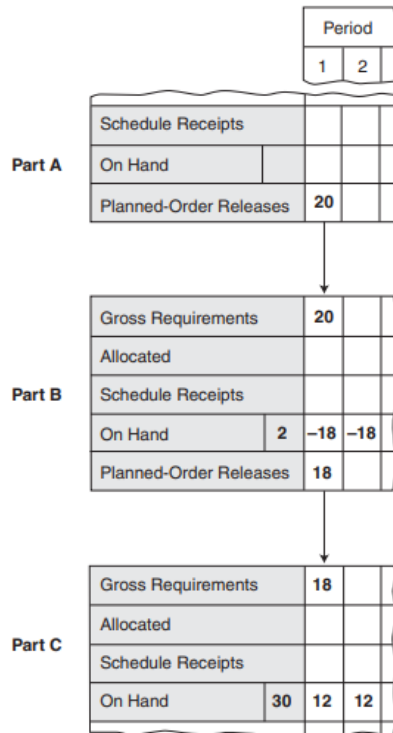
Ένα άλλο παράδειγμα ενός προβλήματος ταυτότητας αντικειμένου που είναι σχεδόν αντίθετο από το προηγούμενο είναι η παροδική υποσυναρμολόγηση, που μερικές φορές ονομάζεται 'φάντασμα'. Οι συναρμολογήσεις αυτού του τύπου δεν βλέπουν ποτέ αποθήκη γιατί καταναλώνονται αμέσως στη συναρμολόγηση μητρικών αντικειμένων τους. Ένα παράδειγμα αυτού είναι μια υποσυναρμολόγηση χτισμένη σε μια γραμμή τροφοδοσίας που ρέει απευθείας στην κύρια γραμμή συναρμολόγησης. Εδώ η υποσυναρμολόγηση φέρει συνήθως μια ξεχωριστή ταυτότητα. Επειδή αναγνωρίζεται στο BOM, το σύστημα MRP θα το χειριζόταν με τον ίδιο τρόπο όπως κάθε άλλη υποσυναρμολόγηση. Αυτό μπορεί να μην είναι επιθυμητό, επειδή εάν αυτό το είδος αντικειμένου σχεδιάζεται με ένα σύστημα MRP, η λογική του προϋποθέτει ότι κάθε συστατικό είδος μπαίνει και εξαντλείται και ότι όλες οι εισπράξεις και οι εκταμιεύσεις αναφέρονται. Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζεται και ενημερώνεται η χρονικά σταδιακή εγγραφή αποθέματος και τίθεται το ερώτημα σχετικά με τον τρόπο χειρισμού τέτοιων υποσυναρμολογήσεων σε ένα σύστημα MRP (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

Δεν θα χρειαζόταν καθόλου να προσδιορίζεται μια παροδική υποσυναρμολόγηση στο BOM εάν δεν υπήρχε ποτέ υπέρβαση, επιστροφή από πελάτη ή ζήτηση εξαρτημάτων σέρβις. Διαφορετικά, πρέπει να προσδιορίζεται χωριστά στο BOM και να διατηρείται η κατάσταση του αποθέματός του. Στα συστήματα MRP της ποικιλίας net-change, αυτό θα δημιουργούσε ένα ιδιαίτερο πρόβλημα επειδή όλες οι συναλλαγές για μεταβατικές υποσυναρμολογήσεις θα πρέπει να αναφέρονται συνεχώς στο σύστημα για να διατηρείται ενημερωμένα τα αντίστοιχα αρχεία αποθέματος. Αυτό είναι πραγματικά πολύ περιπτό και σπατάλη προσπάθειας στην περίπτωση εκδόσεων παραγγελιών, ολοκλήρωσης παραγγελιών (παραλαβών) και εκταμιεύσεων εν όψει της εφήμερης ύπαρξης παροδικών υποσυναρμολογήσεων. Ευτυχώς, δεν χρειάζεται να λάβει χώρα αυτό, χάρη σε μια τεχνική που ονομάζεται *phantom* BOM. Ενώ οι συναλλαγές του τύπου που αναφέρθηκαν δεν χρειάζεται να αναφέρονται και να δημοσιεύονται σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση (αυτό ισχύει για δραστηριότητες συναρμολόγησης αλλά όχι για εισπράξεις και εκταμιεύσεις αποθήκης), το σύστημα θα παραλάβει και θα χρησιμοποιήσει τυχόν παροδικές υποσυναρμολογήσεις που τυχαίνει να υπάρχουν. Οι απαιτήσεις για εξαρτήματα σέρβις μπορούν επίσης να καταχωρηθούν στο αρχείο και θα αντιμετωπιστούν σωστά από το σύστημα. Διαφορετικά, στην πραγματικότητα, θα παρακάμψει την εγγραφή του φανταστικού στοιχείου και θα μεταβεί απευθείας από το μητρικό στοιχείο στα συστατικά του στοιχεία (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

Για να περιγραφεί η εφαρμογή αυτής της τεχνικής, θεωρείται ότι το συγκρότημα *A* έχει μια μεταβατική υποσυναρμολόγηση *B* ως ένα από τα εξαρτήματά του (βλέπε Εικόνα 2) και ότι το μέρος *C* είναι συστατικό του *B*. Αυτό το στοιχείο *B*, για λόγους απεικόνισης, το φάντασμα, θεωρείται ότι είναι στριμωγμένο μεταξύ του *A*, του μητρικού του, και του *C*, του συστατικού του. Για την εφαρμογή αυτής της τεχνικής, το μεταβατικό υποσυγκρότημα αντιμετωπίζεται ως εξής (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011):

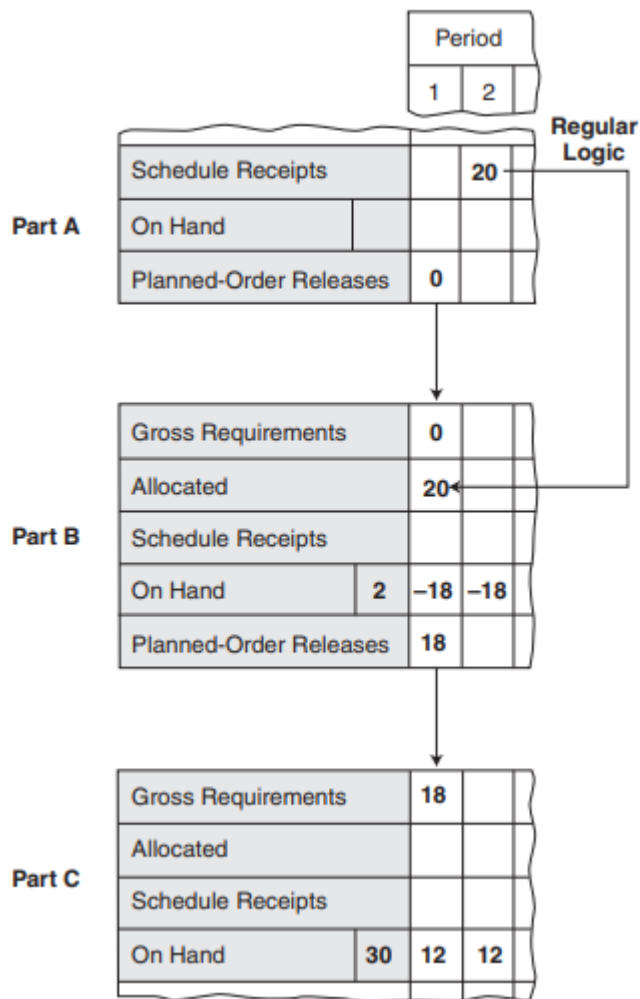
1. Ο χρόνος παράδοσης καθορίζεται ως μηδέν.
2. Το μέγεθος της παρτίδας είναι lot for lot.
3. Το BOM (ή η εγγραφή αντικειμένου) φέρει έναν ειδικό κωδικό ώστε το σύστημα να μπορεί να αναγνωρίσει ότι είναι φάντασμα και να εφαρμόσει ειδική μεταχείριση. Η ειδική μεταχείριση που αναφέρεται σημαίνει απομάκρυνση από την κανονική διαδικασία ή τη λογική ενημέρωσης αρχείων κατά την επεξεργασία της εγγραφής φάντασμα. Η διαφορά μεταξύ των διαδικασιών μπορεί να περιγραφεί καλύτερα μέσω παραδειγμάτων.

Στην Εικόνα 3, εμφανίζονται τα δεδομένα κατάστασης αποθέματος για τα είδη *A* (πάνω), *B* (μέσο) και *C* (κάτω). Σημειώνεται ότι η μετατόπιση μηδενικού χρόνου παράδοσης στο στοιχείο στη μέση τοποθετεί την προγραμματισμένη έκδοση παραγγελίας για 18 κομμάτια στην ίδια περίοδο με την καθαρή απαίτηση. Αυτό, με τη σειρά του, αντιστοιχεί στην απαίτηση για 18 κομμάτια *C* στην ίδια περίοδο (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).



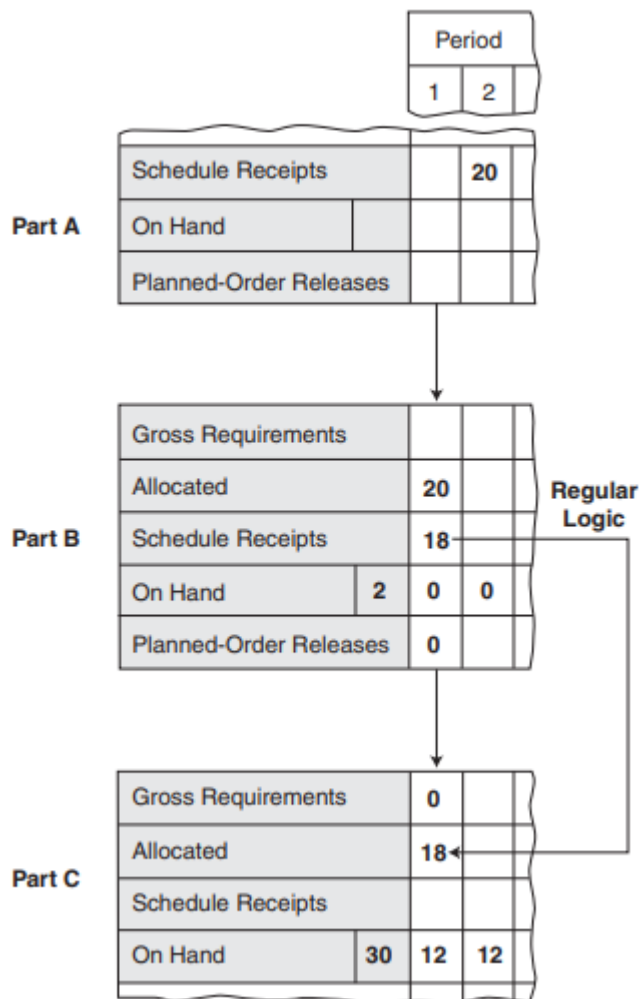
**Εικόνα 2: Μεταβατική υποσυναρμολόγηση B, το μητρικό του στοιχείο και το εξάρτημά του (Ptak & Smith, 2011)**

Μετά την απελευθέρωση της προγραμματισμένης παραγγελίας για το A, η διαδικασία ενημέρωσης για την εγγραφή αντικειμένου B θα ποικίλλει ανάλογα με το εάν έχει κωδικοποιηθεί ή όχι ως φάντασμα. Εάν δεν υπάρχει τέτοιος κώδικας, ισχύει η κανονική λογική. Οι τακτικά επικαιροποιημένες εγγραφές των στοιχείων A και B φαίνονται στην Εικόνα 3.



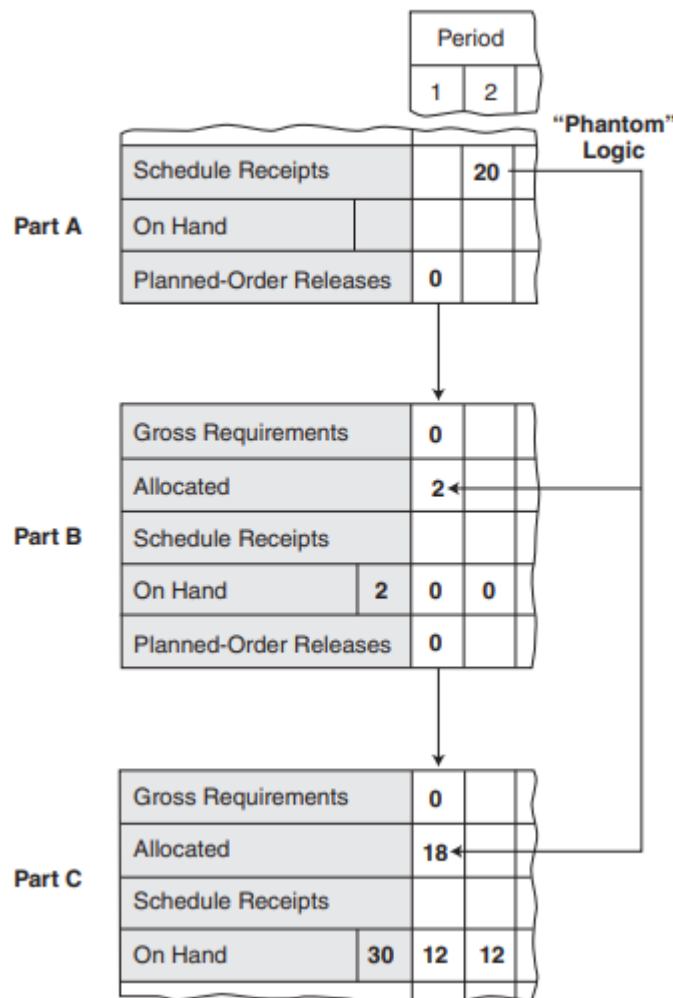
**Εικόνα 3: Λογική τακτικής ενημέρωσης μετά την έκδοση της παραγγελίας για το είδος A (Ptak & Smith, 2011)**

Η εγγραφή C συνεχίζεται αμετάβλητη. Μετά την απελευθέρωση της προγραμματισμένης παραγγελίας για το B, η εγγραφή αντικειμένου C ενημερώνεται, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.



**Εικόνα 4: Λογική τακτικής ενημέρωσης μετά την έκδοση της παραγγελίας για το είδος B (Ptak & Smith, 2011)**

Αν το στοιχείο B είχε κωδικοποιηθεί ως φάντασμα, και οι τρεις εγγραφές θα είχαν ενημερωθεί σε ένα βήμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5, ως αποτέλεσμα της προγραμματισμένης έκδοσης παραγγελίας του στοιχείου A. Σημειώστε ότι η κυκλοφορία της προγραμματισμένης παραγγελίας A, που κανονικά θα μείωνε μόνο την αντίστοιχη ακαθάριστη απαίτηση B (όπως στην Εικόνα 3), σε αυτή την περίπτωση μειώνει επίσης την ακαθάριστη απαίτηση για το C σαν να ήταν το C άμεσο συστατικό του A (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).



**Εικόνα 5: Ταυτόχρονη ενημέρωση των εγγραφών γονέα και συστατικού στοιχείου B (Ptak & Smith, 2011)**

Σημειώνεται επίσης ότι οι δύο μονάδες του B στο απόθεμα (ίσως μια απόδοση από μια προηγούμενη υπέρβαση) εφαρμόζονται στις ακαθάριστες απαιτήσεις για το A και ότι η κατανομή έχει κατανεμηθεί μεταξύ του B και του C. Με μια πιο προσεκτική εξέταση αυτών των παραδειγμάτων, μπορεί να φανεί ότι η λογική αυτή δεν είναι τίποτα περισσότερο από ένα διαφορετική αντιμετώπιση της κατανομής. (Υποτίθεται ότι ο χρόνος παράδοσης και η παραγγελία παρτίδας προς παρτίδα, αλλά αυτά μπορούν να καθοριστούν και για ορισμένα κανονικά υποσύνολα.) Μόλις ολοκληρωθεί αυτό το βήμα, εφαρμόζεται η κανονική λογική επεξεργασίας, που οδηγεί στην ενημέρωση των εγγραφών και την ευθυγράμμισή τους στην σωστή κατάσταση δεδομένων.

Η τεχνική phantom BOM, όπως επισημάνθηκε προηγουμένως, εφαρμόζεται κυρίως σε συστήματα MRP καθαρής αλλαγής. Στα συστήματα αναγέννησης, το ζήτημα της ανάρτησης ή μη δημοσίευσης συναλλαγών σε αρχεία φαντασίας για την κάλυψη δραστηριοτήτων συναρμολόγησης δεν είναι κρίσιμο, επειδή μια έκδοση προγραμματισμένη παραγγελίας δεν ενημερώνει τα δεδομένα ακαθάριστων απαιτήσεων εξαρτημάτων. Ως εκ τούτου, το πρόβλημα της επανεξισορρόπησης (ευθυγράμμισης) των δεδομένων προγραμματισμένης παραγγελίας και μικτών απαιτήσεων των τριών εγγραφών δεν προκύπτει. Μετά την απελευθέρωση προγραμματισμένης παραγγελίας του γονέα της παροδικής υποσυναρμολόγησης, η επόμενη εκτέλεση προγραμματισμού απαιτήσεων θα καθαρίσει τόσο την ακαθάριστη απαίτηση όσο και την απελευθέρωση προγραμματισμένης παραγγελίας για την παροδική υποσυναρμολόγηση (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

Ο στόχος της μη υποχρέωσης αναφοράς φανταστικών συναλλαγών επιτυγχάνεται με την καθορισμό του χρόνου παράδοσης ως μηδέν και την εφαρμογή της παραγγελίας παρτίδα προς παρτίδα. Επιπλέον, κάθε εγγραφή αποθέματος της παροδικής υποσυναρμολόγησης πρέπει να κωδικοποιείται, ώστε να επιτρέπει την απόκρυψη ή την αναγνώριση ότι δεν λαμβάνεται υπόψη στις ειδοποιήσεις. Στη συνέχεια, το σύστημα MRP λειτουργεί σωστά χωρίς να απαιτεί αναφορές φανταστικών συναλλαγών. Τυχόν διαθέσιμες παροδικές υποσυναρμολογήσεις διαχειρίζονται με δύο αιτήσεις, μία για την διαθέσιμη ποσότητα της παροδικής υποσυναρμολόγησης και μία για το υπόλοιπο της παραγγελίας εξαρτημάτων της υποσυναρμολόγησης. Στο παράδειγμα της Εικόνας 5, αυτές οι ποσότητες είναι 2 και 18, αντίστοιχα (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

## **2. Ονοματισμοί Μοντέλων Προϊόντων**

Μια σειρά προϊόντων αποτελείται από έναν αριθμό μοντέλων προϊόντων ή οικογενειών προϊόντων. Ο οργανισμός μάρκετινγκ συνήθως προβλέπει τις πωλήσεις με όρους μοντέλων, η διοίκηση σκέφτεται με όρους μοντέλων και το MPS μπορεί επίσης να δηλωθεί με όρους μοντέλων. Ωστόσο, σε περιπτώσεις προϊόντων υψηλής τεχνολογίας με πολλά προαιρετικά χαρακτηριστικά, οι ταυτότητες μοντέλων δεν έχουν πλήρη σημασία για τους σκοπούς του MRP, επειδή οι ονομασίες μοντέλων αποτυγχάνουν να παρέχουν έναν ακριβή και πλήρη ορισμό του προϊόντος (Ptak, 1991, Ptak & Smith, 2011).

Η εκχώρηση κωδικού μοντέλου είναι βασικά θέμα επισημάνσης διαφορών μεταξύ προϊόντων που ανήκουν σε μια οικογένεια προϊόντων. Ως αποτέλεσμα των προαιρετικών χαρακτηριστικών κάθε σειράς προϊόντων, σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να υπάρχει μια σχεδόν ατελείωτη ποικιλία συσσώρευσης προϊόντων λόγω του μεγάλου αριθμού συνδυασμών επιλογών που είναι δυνατοί (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001). Για παράδειγμα, ένα στρατιωτικό όχημα μεταφοράς προσωπικού/υλικού σε μια δεδομένη κατηγορία μοντέλου μπορεί να έχει τα ακόλουθα προαιρετικά χαρακτηριστικά:

Λειτουργία	Επιλογές
Διάταξη τροχών	Κατασκευή τεσσάρων τροχών
	Κατασκευή έξι τροχών, συστοιχία πίσω τροχών
	Κατασκευή έξι τροχών
Καύσιμο	Βενζίνη
	Diesel
	LP αέριο
Ιπποδύναμη	56 hp
	68 hp
Κιβώτιο ταχυτήτων	Stick shift
	Αυτόματο
Τιμόνι	Μηχανικό
	Υποβοηθούμενο



Πίσω πλατφόρμα	Κανονική
	Χαμηλωμένη
Άξονες	Τυπικοί
	High-clearance
Κοτσαδόρος	Μηχανικός
	Υδραυλικός
Έναυση ισχύος	Με, Τύπος Α
	Με, Τύπος Β
	Χωρίς
Κλείστρα ψυγείου	Με
	Χωρίς
Καμπίνα οδηγού	Με
	Χωρίς
Οπλισμός (Αμυντικός)	Με

	Χωρίς
Οπλισμός (Επιθετικός)	Με
	Χωρίς
Θωράκιση	Μόνιμη
	Αποσπώμενη
	Χωρίς

Με βάση αυτές τις επιλογές, είναι εφικτή η κατασκευή

$3 \times 3 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 = 82.944$  οχημάτων χωρίς κανένα μεταξύ τους να είναι πανομοιότυπα. Κάθε ένα αντιπροσωπεύει μια μοναδική διαμόρφωση προαιρετικών χαρακτηριστικών. Σε αυτήν την περίπτωση, θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε αριθμός χαρακτηρισμών μοντέλων από 1 έως 82.944.

Για παράδειγμα, δύο μοντέλα θα μπορούσαν να αναγνωριστούν με βάση την ιπποδύναμη, όπως:

*Μοντέλο A:* 56 ίπποι

*Μοντέλο B:* 68 ίπποι

ή έξι μοντέλα θα μπορούσαν να αναγνωριστούν, όπως:

*Μοντέλο A:* 56 ίπποι, κατασκευή τεσσάρων τροχών

*Μοντέλο B:* 56 ίπποι, Κατασκευή έξι τροχών, συστοιχία πίσω τροχών

*Μοντέλο C:* 56 ίπποι, Κατασκευή έξι τροχών

*Μοντέλο D:* 68 ίπποι, κατασκευή τεσσάρων τροχών

*Μοντέλο E:* 68 ίπποι, Κατασκευή έξι τροχών, συστοιχία πίσω τροχών

*Μοντέλο F:* 68 ίπποι, Κατασκευή έξι τροχών

Ο αριθμός των μοντέλων θα μπορούσε να αυξηθεί σε 12 προσθέτοντας, για παράδειγμα, το διάκενο του άξονα, σε 18 προσθέτοντας την επιλογή καυσίμου ή σε 36 εάν περιλαμβάνονται και τα δύο. Σε κάθε περίπτωση, ο κωδικός μοντέλου θα έλεγε κάτι - αλλά όχι τα πάντα - για τα χαρακτηριστικά του μηχανήματος. Ανάλογα με το ποιες επιλογές θεωρούνται αρκετά σημαντικές ώστε να αντικατοπτρίζονται στους χαρακτηρισμούς μοντέλων, η δημιουργία κωδικών μοντέλων είναι ένα αυθαίρετο θέμα.

Μια πληθώρα χαρακτηρισμών μοντέλων είναι ένα κατά τα άλλα αβλαβές πράγμα (φαίνεται καλό στον κατάλογο πωλήσεων) εκτός από το ότι όλα τα μοντέλα τείνουν να μπαίνουν στη διαδικασία της πρόβλεψης και του κύριου προγραμματισμού. Στη συνέχεια, εμφανίζονται ξεχωριστά στοιχεία για κάθε μοντέλο, με αποτέλεσμα μεγάλα και δυσκίνητα έγγραφα που είναι επίπονη στην προετοιμασία, δύσκολο να ερμηνευθούν και ακόμη πιο δύσκολο να αξιολογηθούν. Επιπλέον, δεδομένου ότι κάθε μοντέλο αντιπροσωπεύει έναν ορισμένο συνδυασμό προαιρετικών χαρακτηριστικών, οποιαδήποτε πρόβλεψη που εκφράζεται με όρους μοντέλων θα τείνει να είναι κατάφωρα ανακριβής, απαιτώντας συνεχείς αναθεωρήσεις στην πρόβλεψη και αλλαγές στο MPS (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

Είναι αρκετά δύσκολο να προβλεφθεί η ζήτηση για οποιαδήποτε μεμονωμένη επιλογή, αλλά η πρόβλεψη, με οποιοδήποτε βαθμό αξιοπιστίας, με ποιες άλλες επιλογές θα συνδυαστεί είναι σχεδόν αδύνατο. Προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα των προβλέψεων και να απλοποιηθεί η διαδικασία του κύριου προγραμματισμού, ο αριθμός των μοντέλων σε κάθε οικογένεια προϊόντων θα πρέπει να μειωθεί (τουλάχιστον για εσωτερικούς σκοπούς) σε λίγα και ιδανικά σε ένα. Είναι πολύ πιο δύσκολο να γίνει πρόβλεψη ανά μοντέλο παρά με βασικό προϊόν και επιλογή. Το βασικό προϊόν αντιπροσωπεύει στοιχεία, εάν υπάρχουν, κοινά σε όλες τις πιθανές συσσωρεύσεις προϊόντων και χρησιμεύει για να υποδείξει πόσες μονάδες του προϊόντος αναμένεται να πουληθούν και πόσες έχουν προγραμματιστεί να κατασκευαστούν (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

Αυτή η αρχή αφορά μόνο την πρόβλεψη, τον κύριο προγραμματισμό και τον προγραμματισμό για την προμήθεια, την κατασκευή και την υποσυναρμολόγηση εξαρτημάτων. Για τους σκοπούς του προγραμματισμού της τελικής συναρμολόγησης, πρέπει να καθοριστούν συγκεκριμένοι συνδυασμοί επιλογών για κάθε μονάδα που θα κατασκευαστεί. Η μείωση ή η κατάργηση μοντέλων προϊόντων για σκοπούς εσωτερικού σχεδιασμού δεν σημαίνει ότι τέτοιοι χαρακτηρισμοί μοντέλων θα πρέπει απαραίτητα να εξαλειφθούν από τους τιμοκαταλόγους και τη βιβλιογραφία πωλήσεων. Για να εφαρμοστεί η αρχή της πρόβλεψης και του προγραμματισμού ανά βασικό προϊόν και επιλογή, το BOM που χρησιμοποιείται από το σύστημα MRP θα πρέπει να διαμορφωθεί ανάλογα (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

### **3. Αρθρώσιμοι Λογαριασμοί Υλικών**

Ένα αρθρωτό BOM διατάσσεται σύμφωνα με τις ενότητες προϊόντων, δηλαδή, σύνολα στοιχείων, από τα οποία κάθε ένα μπορεί να σχεδιαστεί ως ομάδα. Αυτή η διαδικασία συνίσταται στη διάσπαση των BOM των ειδών υψηλότερου επιπέδου (προϊόντα και τελικά είδη) και στην αναδιάταξη τους σε ενότητες. Υπάρχουν δύο κάπως διαφορετικοί στόχοι στη διαμόρφωση ενός BOM, και συγκεκριμένα (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001):

1. Αποσύνδεση συνδυασμών προαιρετικών χαρακτηριστικών προϊόντων
2. Διαχωρισμός κοινών από μοναδικά ή περιέργα μέρη

Το πρώτο απαιτείται για τη διευκόλυνση της πρόβλεψης ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, για την πραγματοποίηση προβλέψεων είναι δυνατόν σύμφωνα με την προσέγγιση MRP. Το δεύτερο στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της επένδυσης αποθέματος σε στοιχεία που είναι κοινά σε εναλλακτικές επιλογές, δηλαδή που χρησιμοποιούνται σε οποιαδήποτε προαιρετική επιλογή. Η ζήτηση για επιλογές προϊόντων πρέπει να προβλεφθεί, και αυτό καθιστά απαραίτητο τον προγραμματισμό του αποθέματος ασφαλείας στο οποίο τα κοινά εξαρτήματα μπορούν να αντιγραφούν.

### **Αποσύνδεση συνδυασμών επιλογών**

Σύμφωνα με την προσέγγιση MRP, οι παραλλαγές προϊόντων ή τα προαιρετικά χαρακτηριστικά πρέπει να προβλέπονται σε επίπεδο MPS. Δηλαδή, πρέπει να είναι δυνατή η πρόβλεψη των τελικών στοιχείων και όχι των επιμέρους στοιχείων τους. Όταν ένα προϊόν έχει πολλά προαιρετικά χαρακτηριστικά, οι συνδυασμοί τους μπορεί να είναι αστρονομικοί και η πρόβλεψη αυτών των συνδυασμών καθίσταται μη πρακτική. Ένας τρόπος επίλυσης αυτού του προβλήματος είναι μέσω του αρθρωτού BOM. Αντί να διατηρούνται BOM για μεμονωμένα τελικά προϊόντα, σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, το BOM επαναδιατυπώνεται ως προς τα δομικά στοιχεία ή τις ενότητες από τις οποίες συντάσσεται το τελικό προϊόν (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001). Ας δούμε ένα παράδειγμα για να κατανοήσουμε καλύτερα το πρόβλημα και τη λύση. Για παράδειγμα, το στρατιωτικό όχημα που συζητήθηκε στην προηγούμενη ενότητα είχε 14 προαιρετικά χαρακτηριστικά και συνολικά 32 μεμονωμένες επιλογές, καθιστώντας δυνατή τη δημιουργία 82.944 μοναδικών διαμορφώσεων προϊόντων.

Δεν υπάρχει ιδιαίτερη δυσκολία στη σύνταξη ενός BOM για οποιαδήποτε από αυτές τις διαμορφώσεις, αλλά δεν είναι πρακτικό να αποθηκεύονται και να διατηρούνται χιλιάδες BOM για μία οικογένεια προϊόντος. Πολλές από τις 82.944 πιθανές διαμορφώσεις ενδέχεται να μην πωληθούν ποτέ κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, και επομένως τα BOM τους δεν θα χρησιμοποιηθούν ποτέ. Επιπλέον, οι βελτιώσεις σχεδιασμού και οι αλλαγές μηχανικής θα μπορούσαν να προσθέσουν επιπλέον BOM στο αρχείο. Για παράδειγμα, το στρατιωτικό όχημα, όπως περιγράφεται, έχει μόνο έναν τύπο φτερού, αλλά εάν οι μηχανικοί δημιουργήσουν μια επιλογή ειδικών φτερών με λασπωτήρες, ο αριθμός των πιθανών συνδυασμών επιλογών θα διπλασιαστεί από 82.944 σε 165.888. Αυτό σημαίνει ότι άλλα 82.944 BOM θα πρέπει να προστεθούν στο αρχείο. Αυτός είναι ένας λόγος για τον οποίο τα BOM για τελικά προϊόντα δεν πρέπει να διατηρούνται σε αυτήν την περίπτωση. Αλλά ο άλλος λόγος που αναφέρθηκε προηγουμένως είναι εξίσου σημαντικός, δηλαδή με αυτές τις χιλιάδες BOM δεν θα ήταν δυνατό να δηλωθεί έγκυρο MPS ως προς τα τελικά προϊόντα.

Εάν ο κατασκευαστής αμυντικού εξοπλισμού παράγει 300 τέτοιου τύπου στρατιωτικά οχήματα ανά μήνα, ποιες 300 από τις 82.944 πιθανές διαμορφώσεις πρέπει να επιλέξει ως πρόβλεψη για έναν συγκεκριμένο μήνα; Αυτό απλά δεν είναι μια πρακτική πρόταση. Σημειώνεται ότι ο όγκος παραγωγής είναι μέρος του προβλήματος. Μια οικογένεια προϊόντων με 100 πιθανούς συνδυασμούς επιλογών αποτελεί πρόβλημα εάν ο όγκος παραγωγής είναι 20 τεμάχια ανά μήνα. Εάν ο όγκος ήταν 10.000 τεμάχια το μήνα, το πρόβλημα της πρόβλεψης δεν θα ήταν τόσο σοβαρό.

Η λύση αυτού του προβλήματος έγκειται στην πρόβλεψη καθενός από τα εξαρτήματα υψηλότερου επιπέδου (δηλαδή, τις κύριες μονάδες συναρμολόγησης όπως οι κινητήρες και τα κιβώτια ταχυτήτων) ξεχωριστά και να μην επιχειρείται καθόλου η πρόβλεψη των τελικών προϊόντων. Αυτό ισοδυναμεί με την πρόβλεψη των διαφόρων επιλογών εντός των προαιρετικών χαρακτηριστικών του προϊόντος και τη μετάφραση τέτοιων προβλέψεων στο MPS.

Συγκεκριμένα, εάν πρόκειται να παραχθούν 300 στρατιωτικά οχήματα του εν λόγω τύπου σε έναν δεδομένο μήνα, θα προγραμματιστούν 300 βασικές μονάδες οχημάτων (συμπεριλαμβανομένων των φτερών, των καπό, των πίσω τροχών κ.λ.π.). Θα απαιτηθεί ένα BOM για αυτήν την ενότητα για να ταιριάζει με το χρονοδιάγραμμα. Υπάρχουν δύο επιλογές μετάδοσης, ωστόσο, και ας θεωρηθεί ότι η προηγούμενη ζήτηση ήταν κατά μέσο όρο, έστω, 75 τοις εκατό με χειροκίνητο κιβώτιο και 25 τοις εκατό αυτόματο. Εφαρμόζοντας αυτά τα ποσοστά στην επιλογή μετάδοσης, θα προγραμματιστούν 225 με χειροκίνητο κιβώτιο και 75 μονάδες με αυτόματο. Ωστόσο, στην πραγματικότητα, η παρτίδα των 300 παραγγελιών από τους πελάτες σε κάθε μήνα είναι απίθανο να κατανεμηθεί ακριβώς με αυτόν τον τρόπο, και επομένως είναι αναγκαίο να διατηρηθεί κάποιο απόθεμα ασφαλείας.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο σωστός τρόπος χειρισμού του αποθέματος ασφαλείας στο πλαίσιο της προσέγγισης MRP είναι ο προγραμματισμός του σε επίπεδο MPS. Έτσι, οι μεταδόσεις θα ήταν σκόπιμα υπερσχεδιασμένες (η στατιστική τεχνική του προσδιορισμού των τυπικών αποκλίσεων για έναν διωνυμικό πληθυσμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό του σωστού αποθέματος ασφαλείας) και ποσότητες μετάδοσης όπως 275 και 100 θα τοποθετηθούν στο MPS. Αυτό δεν θα συμβαίνει σε κάθε περίοδο, επειδή το αχρησιμοποίητο απόθεμα ασφαλείας προωθείται, δηλαδή εφαρμόζεται σε επόμενες περιόδους. Η ίδια προσέγγιση θα ακολουθηθεί για τα άλλα προαιρετικά χαρακτηριστικά. Κάθε μία από τις προαιρετικές επιλογές θα πρέπει να καλύπτεται από μια αντίστοιχη ενότητα του BOM για χρήση από το σύστημα MRP. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, ο συνολικός αριθμός των BOM θα είναι ως εξής:

Λειτουργία	Αριθμός BOM
Βασικό όχημα	1
Διάταξη τροχών	3
Καύσιμα και ιπποδύναμη	6
Μετάδοση	2
Τιμόνι	2
Πίσω πλατφόρμα	2

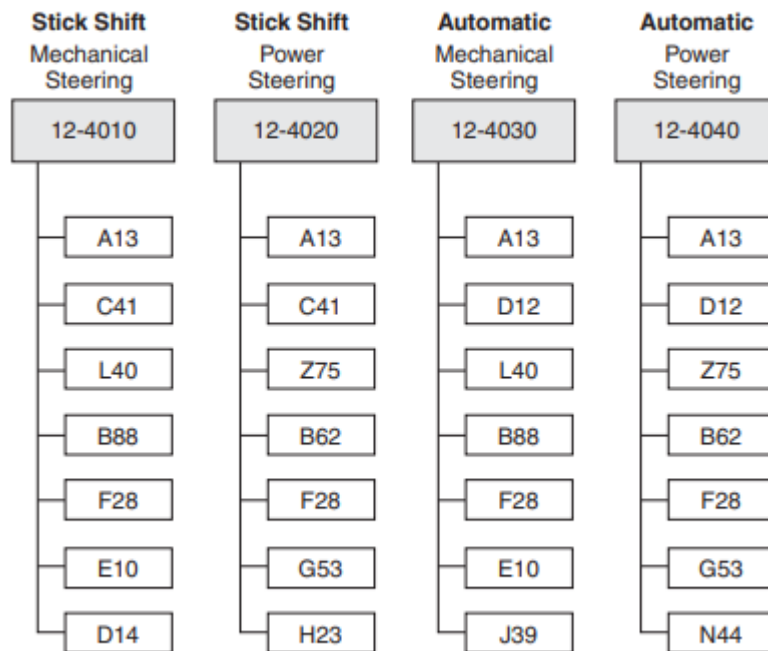
Άξονες	2
Κοτσαδόρος	2
Έναυση ισχύος	3
Κλείστρα ψυγείου	1
Καμπίνα χειριστή	1
Αμυντικός οπλισμός	1
Επιθετικός οπλισμός	1
Θωράκιση	2
<b>Σύνολο</b>	<b>29</b>

Αυτό το σύνολο των 29 BOM συγκρίνεται με την προοπτική να έχουμε 82.944 διαφορετικά BOM, ένα για κάθε διάταξη οχήματος, όπως θα συμβαίνει αν κάθε διάταξη είχε δικό της BOM. Τώρα, εάν οι μηχανικοί προσθέσουν ειδικά φτερά, θα πρόσθεταν μόνο δύο BOM στη λίμα (τα κανονικά φτερά, μέρος του βασικού οχήματος, θα γινόταν προαιρετική επιλογή και θα έπρεπε να έχουν ένα δικό του κωδικό). Ένα βασικό ερώτημα που προκύπτει είναι πώς αντιμετωπίζεται αυτό το είδος προβλήματος σε πραγματικές καταστάσεις εάν ο κατασκευαστής δεν έχει οργανώσει τα BOM με τον προτεινόμενο τρόπο. Οι πιθανότητες είναι ότι θα υπήρχαν πολλά BOM για ορισμένες από τις 82.944 πιθανές διαμορφώσεις που καλύπτουν τα (αυθαίρετα καθιερωμένα) μοντέλα που αναγνωρίζονται. Τα BOM αυτά θα χρησιμοποιούνταν επίσης για όλες τις άλλες διαμορφώσεις, με την προσθήκη και την αφαίρεση προαιρετικών στοιχείων ανάλογα με την επιλογή του πελάτη.

Η τεχνική προσθήκης και διαγραφής λύνει ορισμένα αλλά όχι όλα τα προβλήματα. Τα κύρια πλεονεκτήματά της είναι η ευπάθεια σε ανθρώπινα λάθη, η επιβράδυνση της εισαγωγής παραγγελιών και η αδυναμία δημιουργίας κατάλληλων ιστορικών δεδομένων για σκοπούς πρόβλεψης επιλογών. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, τα στοιχεία προσθήκης και διαγραφής πιθανότατα θα διατηρούνταν κάτω από σημεία παραγγελίας και απόθεμα ασφαλείας. Αυτό είναι εξαιρετικά ανεπιθύμητο επειδή στερεί από τον χρήστη ορισμένα σημαντικά οφέλη ενός συστήματος MRP (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

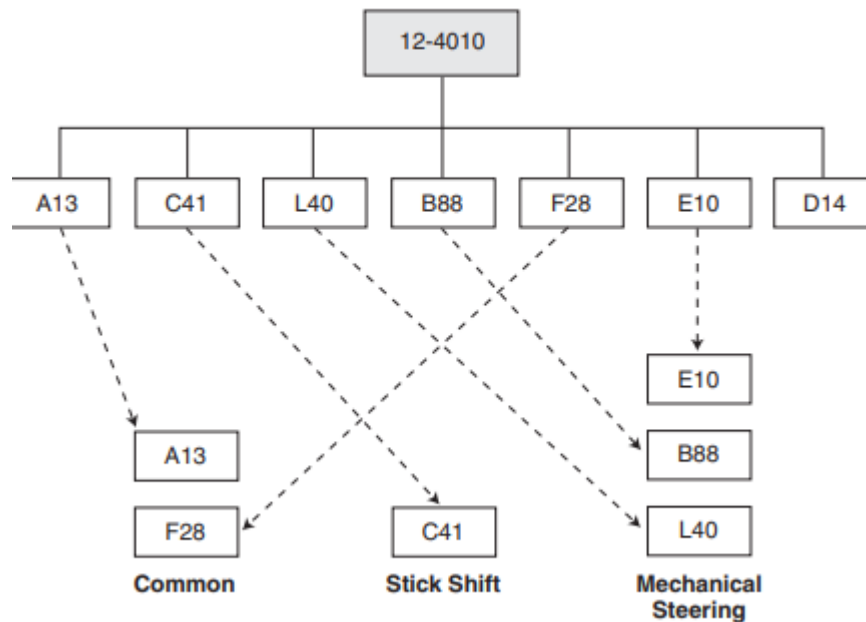
## Τεχνική αρθρωποίησης

Η τεχνική της αναδιάρθρωσης των BOM τελικών προϊόντων σε μια αρθρωτή μορφή θα παρουσιαστεί στη συνέχεια. Για το σκοπό αυτό, το προηγούμενο παράδειγμα στρατιωτικού οχήματος θα μειωθεί έτσι ώστε η λύση να φαίνεται καθαρά. Θεωρείται ότι το όχημα έχει μόνο δύο προαιρετικά χαρακτηριστικά, το κιβώτιο ταχυτήτων και το σύστημα διεύθυνσης, καθένα από τα οποία έχει δύο επιλογές. Ο πελάτης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε ένα stick shift και ένα αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων, καθώς και μεταξύ ενός μηχανικού και ενός υδραυλικού τιμονιού. Η Εικόνα 6 δείχνει τα τέσσερα BOM.



Εικόνα 6: BOM για τέσσερα μοντέλα στρατιωτικού οχήματος (Wong & Kleiner, 2001)

Το πρώτο συνδυάζει την χειροκίνητη μετάδοση και το μηχανικό σύστημα διεύθυνσης, ενώ το δεύτερο συνδυάζει τη χειροκίνητη μετάδοση και υδραυλικό τιμόνι. Στη δομή του προϊόντος, οι αριθμοί τελικού προϊόντος (μοντέλο), όπως το 12-4010 και άλλα, θεωρούνται ότι βρίσκονται στο επίπεδο μηδέν. Τα στοιχεία επιπέδου 1, A13, C41 και άλλα, αντιπροσωπεύουν συγκροτήματα, αλλά αυτά τα στοιχεία παραλείπονται από το γράφημα για απλότητα. Για την αναδιάρθρωση αυτών των BOM σε ενότητες, αναλύονται, συγκρίνονται και ομαδοποιούνται τα στοιχεία επιπέδου 1. Για παράδειγμα, μπορεί να φανεί ότι το πρώτο συστατικό στοιχείο στο πρώτο BOM, το A13, είναι κοινό σε όλα τα μοντέλα και επομένως θα εκχωρηθεί στην ομάδα "κοινή". Το επόμενο στοιχείο, το C41, βρίσκεται σε συνδυασμούς stick-shift/mechanical και stick-shift/power αλλά όχι στα μοντέλα αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων. Αυτό υποδηλώνει ότι το C41 είναι μοναδικό στην επιλογή stick-shift. Το στοιχείο που ακολουθεί, το L40, χρησιμοποιείται μόνο με μηχανικό τιμόνι. Τα υπόλοιπα συστατικά στοιχεία εξετάζονται με παρόμοιο τρόπο και κατανέμονται σε ομάδες. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 7.

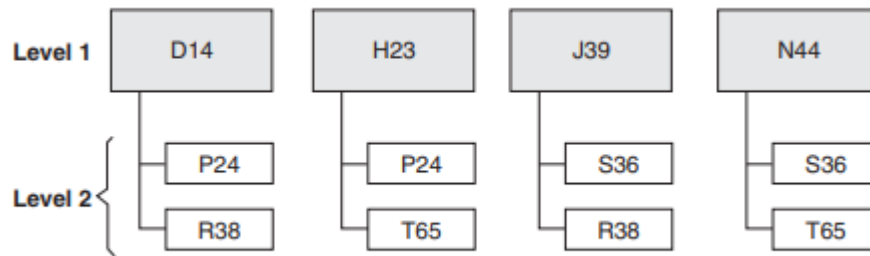


**Εικόνα 7: Στοιχεία επιπέδου 1 εκχωρούνται σε ομάδες με επιλογές (Wong & Kleiner, 2001)**

### **Στοιχεία που χρησιμοποιούνται μόνο με συγκεκριμένους συνδυασμούς επιλογών**

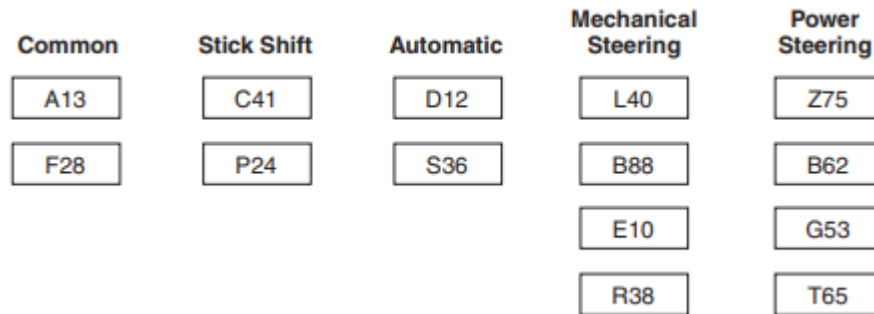
Σημειώνεται ότι το στοιχείο τελευταίου επιπέδου 1, D14, δεν αντιστοιχεί σε καμία από τις ομαδοποιήσεις. Όταν και τα τέσσερα BOM αναλύονται με αυτόν τον τρόπο και τα στοιχεία επιπέδου 1 τους ομαδοποιούνται κατά χρήση, τα στοιχεία D14, H23, J39 και N44 παραμένουν μη εκχωρημένα επειδή καθένα από αυτά χρησιμοποιείται μόνο με τον έναν ή τον άλλον από τους συνδυασμούς επιλογών. Εδώ η διαδικασία πρέπει να προχωρήσει ένα βήμα παραπέρα. Στη συνέχεια, αυτά τα στοιχεία αναλύονται ανεξάρτητα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8, και τα στοιχεία τους (επίπεδο 2) αντιστοιχίζονται στις ομαδοποιήσεις ανάλογα με την χρήση τους.





**Εικόνα 8: Ανάλυση μη εκχωρημένων στοιχείων επιπέδου 1 (Wong & Kleiner, 2001)**

Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 9, όπου όλα τα στοιχεία που εμπλέκονται στο παράδειγμα μας ομαδοποιούνται στις αντίστοιχες ενότητες. Σε αυτό το παράδειγμα, ολόκληρο το πρόβλημα έχει λυθεί με την εφαρμογή της τεχνικής της ανάλυσης και της ανάθεσης ομάδας.



**Εικόνα 9: Ολοκληρωμένη διαδικασία (Wong & Kleiner, 2001)**

Ωστόσο, εάν τα στοιχεία *D14*, *H23* και ούτω καθεξής δεν ήταν υποσυστήματα αλλά μεμονωμένα μέρη, θα ήταν αδύνατο να διαλυθούν. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το εξάρτημα που χρησιμοποιείται μόνο με συγκεκριμένο συνδυασμό επιλογών θα πρέπει, εάν είναι δυνατόν, να επανασχεδιαστεί. Αυτό, ωστόσο, δεν είναι πάντα εφικτό, όπως παρατηρούμε από τον κινητήρα στο αρχικό παράδειγμα του στρατιωτικού οχήματος. Για το ντίζελ, χρησιμοποιούνται ειδικά χυτά μπλοκ κινητήρα και η επιλογή ιπποδύναμης περιλαμβάνει διαφορετικές διαστάσεις κυλίνδρων. Οι συνδυασμοί καυσίμου και ιπποδύναμης δεν μπορούν να ξεμπερδέψουν. Είτε τέτοιοι συνδυασμοί πρέπει να προβλεφθούν (και να σχηματίσουν ξεχωριστές ενότητες), είτε τα εν λόγω στοιχεία μπορούν να αντιστοιχηθούν σε περισσότερες από μία ομαδοποιήσεις στη διαδικασία διαμόρφωσης. Για παράδειγμα, το στοιχείο *D14* (Εικόνα 6) θα μπορούσε να αντιγραφεί τόσο στη μονάδα αλλαγής ταχυτήτων όσο και στη μηχανική μονάδα διεύθυνσης (Εικόνα 9), εξασφαλίζοντας έτσι ότι δεν θα υπήρχε ποτέ ανεπάρκεια στον προγραμματισμό. Αυτή η διπλή χρήση ενδείκνυται ιδιαίτερα για οικονομικά εξαρτήματα αυτού του είδους, αντί να απαιτεί ξεχωριστή πρόβλεψη ή επανασχεδιασμό.

## Επιλογές εντός επιλογών

Τα στοιχεία επιλογής-συνδυασμού που μόλις συζητήθηκαν αντιπροσωπεύουν έναν τύπο περιπλοκής από την άποψη της σπονδυλοποίησης. Ένα άλλο είναι οι επιλογές εντός επιλογών. Το στρατιωτικό όχημα που χρησιμοποιείται στο παράδειγμα μπορεί να έχει κατασκευή τεσσάρων ή έξι τροχών και μια επιλογή στο τελευταίο είναι η τοποθέτηση των τεσσάρων τροχών είτε σε συστοιχία(διπλανοί άξονες) είτε σε απόσταση μεταξύ τους (ένας άξονας στο μέσο του οχήματος και ένα στο πίσω μέρος). Αυτή είναι μια επιλογή μέσα σε μια επιλογή και απαιτεί τη δημιουργία τριών ενοτήτων, δηλαδή (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001):

1. Στοιχεία κοινά για την επιλογή κατασκευής έξι τροχών
2. Αντικείμενα μοναδικά για την υποεπιλογή απομακρυσμένων αξόνων
3. Αντικείμενα μοναδικά για την υποεπιλογή διπλών αξόνων

Η σωστή αντιμετώπιση των προαιρετικών χαρακτηριστικών του προϊόντος είναι ο υπερσχεδιασμός, δηλαδή η πρόβλεψη και το απόθεμα ασφαλείας. Αυτό σημαίνει ότι μια υποεπιλογή θα πρέπει να είναι ακόμη πιο υπερσχεδιασμένη από μια επιλογή. Για παράδειγμα, τα ακόλουθα σετ ειδών μπορεί να προγραμματιστούν όταν πρόκειται να παραχθούν 300 στρατιωτικά οχήματα:

Βασικά οχήματα (κοινά είδη): 300

### Επιλογή

Κατασκευή τεσσάρων τροχών: 100

Κατασκευή έξι τροχών: 275

### Υποεπιλογή

Συστοιχία πίσω τροχών: 200

Απομακρυσμένοι άξονες πίσω τροχών: 125

Σημειώνεται ότι η επιλογή υπερπρογραμματίζεται από 75 σύνολα στοιχείων, αλλά όταν λαμβάνεται υπόψη η υποεπιλογή, ο υπερσχεδιασμός ανέρχεται σε 125 σετ

(100 + 200 + 125 = 425).

Τα υποπροαιρετικά μέρη είναι, εξ ανάγκης, διπλά υπερσχεδιασμένα. Η διάσπαση των υποεπιλογών είναι μια εναλλακτική λύση για να αντιμετωπιστεί η υποεπιλογή ως επιλογή από μόνη της, δηλαδή:

### Επιλογή

Κατασκευή τεσσάρων τροχών: 100

Κατασκευή έξι τροχών, συστοιχία: 200

Κατασκευή έξι τροχών, απομακρυσμένοι άξονες: 125

Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, τα κοινά στοιχεία για τις επιλογές των τριών τροχών θα είναι άσκοπα υπερβολικά σχεδιασμένα. Στο παράδειγμα, 275 σετ ειδών κοινά για την κατασκευή έξι τροχών θα σχεδιάζονταν με την προσέγγιση επιλογής/υποεπιλογής και 325 σετ με την προσέγγιση ευθείας επιλογής.

Μπορεί να φανεί ότι η έλλειψη σπονδυλοποίησης στο σχεδιασμό προϊόντων (το λεγόμενο ολοκληρωμένο σχέδιο), του οποίου οι συνδυασμοί επιλογών που δεν μπορούν να διαχωριστούν και οι επιλογές εντός των επιλογών αποτελούν παραδείγματα, συνεπάγεται περισσότερες επενδύσεις σε αποθέματα ασφαλείας και καθιστά τη διαχείριση του αποθέματος πιο δύσκολη. Αυτό οφείλεται σε υψηλό σφάλμα πρόβλεψης στους συνδυασμούς επιλογών πρόβλεψης και στην ανάγκη για διπλό υπερσχεδιασμό στην περίπτωση επιλογών εντός επιλογών.

### **Προγραμματισμός BOM**

Επιστρέφοντας στο προηγούμενο παράδειγμα σπονδυλοποίησης και ανακεφαλαιώνοντας τα βήματα που έγιναν μέχρι αυτό το σημείο, οι αριθμοί τελικών προϊόντων (κωδικοί) έχουν καταργηθεί και τα BOM τους έχουν καταργηθεί ως περιττά για τους σκοπούς του MRP, όπου το τελικό προϊόν που για που χρησιμεύει απλώς ως τελικό στοιχείο στα είδη BOM επιπέδου 1 (και σε μια περίπτωση στοιχεία επιπέδου 2) έχει προβιβαστεί σε κατάσταση τελικού στοιχείου. Αυτή η διαδικασία δημιούργησε ένα νέο, αρθρωτό BOM σχεδιασμού κατάλληλο για πρόβλεψη, κύριο προγραμματισμό και MRP (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

Ωστόσο, το έργο της αναδιάρθρωσης δεν έχει τελειώσει. Τα στοιχεία του προηγούμενου επιπέδου 1 που χρησιμοποιούνται με συνδυασμούς επιλογών, *D14*, *H23* και ούτω καθεξής, που έχουν εξαιρεθεί από το BOM σχεδιασμού δεν μπορούν απλώς να καταργηθούν. Αυτά τα είδη τελικά θα πρέπει να συναρμολογηθούν και το σύστημα ελέγχου παραγωγής πρέπει να μπορεί να κάνει παραγγελίες για αυτά τα είδη, να τα προγραμματίσει και να ζητήσει τα εξαρτήματά τους. Επομένως, αυτά τα BOM πρέπει να διατηρηθούν για τους σκοπούς που αναφέρθηκαν μόλις, καθώς και για σκοπούς βιομηχανικής μηχανικής και λογιστικής κόστους (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

### **Διαχωρισμός κοινών από μοναδικά εξαρτήματα**

Προηγουμένως αναφέρθηκε ότι ένας από τους δύο λόγους για τη σπονδυλοποίηση είναι η αποσύνδεση συνδυασμών επιλογών για σκοπούς πρόβλεψης και κύριου προγραμματισμού παραγωγής. Ωστόσο, ο άλλος στόχος της σπονδυλοποίησης, δηλαδή ο διαχωρισμός κοινών από μοναδικά (προαιρετικά) εξαρτήματα για λόγους ελαχιστοποίησης του αποθέματος, δεν έχει επιτευχθεί πλήρως στο παράδειγμα με το οποίο έχουμε εργαστεί (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

Κατά τη διαμόρφωση των BOM, τα στοιχεία επιπέδου 1 στο παράδειγμα αντιστοιχίστηκαν σε ομάδες κατά επιλογή. Ωστόσο, τουλάχιστον μερικά από αυτά τα στοιχεία θεωρήθηκε ότι ήταν συγκροτήματα και μπορεί να περιέχουν κοινά εξαρτήματα. Για παράδειγμα, ένα υποσυγκρότημα που χρησιμοποιείται μόνο με την επιλογή stick-shift μπορεί να έχει ορισμένα κοινά μέρη με ένα άλλο υποσυγκρότημα που χρησιμοποιείται μόνο με αυτόματα κιβώτια ταχυτήτων. Οι απαιτήσεις για τέτοια κοινά είδη θα υπερεκτιμηθούν επειδή περιλαμβάνονται στο απόθεμα ασφαλείας και των δύο επιλογών. Για να διαχωριστούν τέτοια μέρη, τα BOM θα έπρεπε να διαμορφωθούν περαιτέρω, δηλαδή να διαχωρισθούν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να είναι επιθυμητό να γίνει αυτό, αλλά εάν αυτή η τεχνική φτάσει στα άκρα της, το BOM σχεδιασμού μπορεί να καταλήξει να περιέχει μόνο μεμονωμένα μέρη και όχι υποσυγκροτήματα σε κανένα επίπεδο. Η απόλυτη ενότητα του προϊόντος είναι, φυσικά, το μεμονωμένο εξάρτημα.

Η σπονδυλοποίηση BOM μπορεί να είναι μια πολύπλοκη εργασία εάν το ίδιο το προϊόν είναι πολύ περίπλοκο, εάν έχει σχεδιαστεί με βάση την αρχή του «ολοκληρωμένου σχεδιασμού» (μη σπονδυλωτή σχεδίαση) και εάν συνεπάγεται πολλαπλασιασμό προαιρετικών χαρακτηριστικών. Η κρίση πρέπει να χρησιμοποιείται για να αποφασιστεί τι πρέπει να διαμορφωθεί και πόσο μακριά. Ιδιαίτερα στην προσπάθεια διαχωρισμού κοινών ή ημικοινών (ένα είδος που χρησιμοποιείται με επιλογές ντίζελ και βενζίνης αλλά όχι με αέριο LP), η προσέγγιση πρέπει να είναι συντηρητική. Θα πρέπει δηλαδή να αποφεύγεται η υπερβολική σπονδυλοποίηση (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001). Για παράδειγμα, ας φανταστούμε έναν κατασκευαστή μαχητικών αεροπλάνων που παράγει διάφορα μοντέλα αεροσκαφών με διάφορες επιλογές εξοπλισμού, αισθητήρων, όπλων και ραντάρ. Κάθε μοντέλο αεροσκάφους μπορεί να έχει εκατοντάδες διαφορετικούς συνδυασμούς εξαρτημάτων και χαρακτηριστικών. Στο πλαίσιο του συστήματος σπονδυλοποίησης BOM, προσπαθούμε να διαχωρίσουμε τα κοινά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε πολλούς από αυτούς τους συνδυασμούς, αλλά ταυτόχρονα πρέπει να είμαστε συντηρητικοί ώστε να μην υπάρχει υπερβολική διάσπαση των εξαρτημάτων. Αν διασπάσουμε πολύ λεπτομερώς τα εξαρτήματα σε κάθε συνδυασμό, το απόθεμα θα αυξηθεί υπερβολικά και η διαχείριση του θα γίνει αδύνατη. Από την άλλη πλευρά, αν δεν διαχωρίσουμε αρκετά, το απόθεμα μπορεί να είναι ανεπαρκές για να υποστηρίξει την παραγωγή και τις παραγγελίες. Η κρίση και η ισορροπία πρέπει να προσαρμόζονται συνεχώς κατά τη διαμόρφωση των BOM για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος.

### **Επιπτώσεις του Modularization**

Η σπονδυλοποίηση επηρεάζει το χρόνο ολοκλήρωσης της υποσυναρμολόγησης. Μια υποσυναρμολόγηση που προωθείται σε κατάσταση τελικού αντικειμένου αντικαθιστά την πρώην μητρική του στο MPS, πράγμα που σημαίνει ότι θα ολοκληρωθεί αργότερα από ό,τι είχε αντισταθμιστεί ο χρόνος παράδοσης από τον χρονισμό του μητρικού. Κάθε φορά που ένα στοιχείο αναλύεται σε ένα επίπεδο, ο χρόνος παράδοσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Ενώ οι χρόνοι παράδοσης υποσυναρμολόγησης δεν είναι σημαντικοί στις περισσότερες περιπτώσεις, τα τελικά στοιχεία στο αρθρωτό (σχεδιασμό) BOM θα πρέπει, αυστηρά μιλώντας, να προωθούνται στο MPS κατά το ποσό του χρόνου παράδοσης, εάν ήταν αρχικά στο επίπεδο 2 ή χαμηλότερο. Αυτό θα περιέπλεκε τον κύριο προγραμματισμό και στην πράξη, δεν γίνεται όταν οι χρόνοι παράδοσης των εν λόγω υποσυστημάτων είναι πολύ σύντομοι, όπως συνήθως (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

Το κρίσιμο ερώτημα στη διαμόρφωση του BOM είναι πόσο προς τα κάτω στη δομή του προϊόντος πρέπει να πάει. Αυτό που πραγματικά γίνεται είναι να καθοριστεί το σωστό επίπεδο στο (αρχικό) BOM στο οποίο θα γίνει η πρόβλεψη, το κύριο πρόγραμμα και ο σχεδιασμός των απαιτήσεων υλικού. Το αν μια δεδομένη υποσυγκρότηση θα πρέπει να προβλεφθεί και να προγραμματιστεί ή μόνο τα εξαρτήματά της χαμηλότερου επιπέδου είναι το θεμελιώδες ερώτημα και εξαρτάται από το πότε πρέπει να συναρμολογηθεί.

Υπάρχουν δύο εναλλακτικές προσεγγίσεις. Η πρώτη εναλλακτική είναι να συναρμολογηθεί η υποσυναρμολόγηση ως συνάρτηση της εκτέλεσης αποκοπής του MPS μέσω του συστήματος MRP. Αυτό σημαίνει ότι η συναρμολόγηση γίνεται είτε στο απόθεμα είτε πριν από την προγραμματισμένη κατασκευή του ίδιου του τελικού προϊόντος, ανάλογα με το πότε έχει προγραμματιστεί να γίνει η παραγγελία από τον πελάτη (ή την αποθήκη) (Bose, 2006). Η δεύτερη εναλλακτική είναι να αναβληθεί η κατασκευή της υποσυναρμολόγησης μέχρι τη στιγμή που έχει προγραμματιστεί η κατασκευή του ίδιου του τελικού προϊόντος. Στη συνέχεια, η κατασκευή της γίνεται συνάρτηση της εκτέλεσης του προγραμματισμένου της τελικής συναρμολόγησης. Η επιλογή μεταξύ αυτών των δύο εναλλακτικών θα πρέπει να υπαγορεύεται από τη φύση του εν λόγω προϊόντος, καθώς και από τη φύση της επιχείρησης. Οι χρόνοι παράδοσης και τα οικονομικά στοιχεία των εργασιών υποσυναρμολόγησης (Είναι εφικτό να γίνουν τα υποσυστήματα ένα-ένα;) θα καθορίσουν, σε κάθε περίπτωση, εάν το αντικείμενο πρέπει να προσυναρμολογηθεί ή μπορεί να περιμένει μέχρι τη συναρμολόγηση του τελικού προϊόντος.

Το MPS είναι ουσιαστικά ένα πρόγραμμα που περιλαμβάνει τις ανάγκες για προμήθεια, κατασκευή και υποσυναρμολόγηση. Ο βασικός στόχος του είναι να παρέχει τα απαραίτητα εξαρτήματα που απαιτούνται για την τελική συναρμολόγηση του προϊόντος (Bose, 2006). Όταν το BOM διαμορφώνεται, μια δεδομένη υποσυγκρότηση, στην πραγματικότητα, εκχωρείται στο ένα ή το άλλο από αυτά τα δύο προγράμματα, δηλαδή (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001):

1. Στο MPS, διατηρώντας το στο BOM σχεδιασμού
2. Στο τελικό πρόγραμμα συναρμολόγησης

Έτσι, το ερώτημα για το πόσο μακριά πρέπει να φτάσει η σπονδυλοποίηση απαντάται όταν αναλύεται το BOM για ένα συγκεκριμένο προϊόν και όταν εξετάζεται η φύση των διαφόρων υποσυστημάτων σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον παραγωγής.

Τα προϊόντα επιπέδου 0, αυτά που πωλούνται σε πελάτες, χρησιμοποιούνται σπάνια στον κύριο προγραμματισμό. Αντίθετα, ειδικά για σύνθετα προϊόντα με επιλογές, δημιουργούνται ενότητες επιπέδου 1 και επιπέδου 2, συσχετίζονται με μεμονωμένες επιλογές και προωθούνται σε κατάσταση τελικού στοιχείου στο MPS. Ωστόσο, για την εκτέλεση χρειάζονται BOM για προϊόντα επιπέδου 0 και άλλα υποσυστήματα που εξαιρούνται από τα BOM σχεδιασμού (Bose, 2006). Αυτά τα προϊόντα πρέπει να παραγγελθούν, να προγραμματιστούν και να συναρμολογηθούν και πρέπει να εκδοθούν αιτήσεις για εξαρτήματα. Τα τελικά προγράμματα συναρμολόγησης ενδέχεται να ταιριάζουν με παραγγελίες πελάτη ή αποθήκης σε ποσότητες και ημερομηνίες παράδοσης. μεγαλύτερες ποσότητες, ωστόσο, μπορούν να συναρμολογηθούν και να αποσταλούν σε μικρότερες παρτίδες. Το μάρκετινγκ, οι πωλήσεις, η βιομηχανική δοκιμαστική μηχανική, η λογιστική κόστους και άλλα χρειάζονται επίσης BOM επιπέδου 0 (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

Τα αρθρωτά BOM, που ονομάζονται M-bills, καλύπτουν αυτές τις ανάγκες. Οι λογαριασμοί M είναι κωδικοποιημένοι για να διακρίνονται από τα BOM σχεδιασμού που χρησιμοποιεί αποκλειστικά το MRP. Τα στοιχεία λογαριασμών M μπορεί να είναι συστατικά τελικών προϊόντων ή άλλων ειδών γραμματίων. Τα στοιχεία των γραμμάτων M-M μπορεί να είναι άλλα στοιχεία M-Man ή τελικά στοιχεία στο MPS, τα στοιχεία ανώτατου επιπέδου στον προγραμματισμό BOM. Τα αγορασμένα και κατασκευασμένα είδη που προμηθεύονται για την υποστήριξη της εκτέλεσης των χρονοδιαγραμμάτων τελικής συναρμολόγησης (αντί για την υποστήριξη του MPS) ανήκουν στους λογαριασμούς M, αλλά μπορούν επίσης να περιλαμβάνονται σε kit στα BOM σχεδιασμού για να διασφαλιστεί η έγκαιρη προμήθεια. Τα M-γραμμάτια δεν εμπλέκονται στην φάση του προγραμματισμού, αλλά προορίζονται για χρήση κατά την εκτέλεση. Ο προγραμματισμός καθορίζει τους πόρους που απαιτούνται για την υποστήριξη των σχεδίων. Η εκτέλεση εκχωρεί διαθέσιμους πόρους για να παράγει αυτό που έχουν παραγγείλει οι πελάτες (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

Στην ιδανική περίπτωση, ο σχεδιασμός θα πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα οι διαθέσιμοι πόροι να είναι επαρκείς για εκτέλεση. Αυτό όμως δεν συμβαίνει ποτέ. Στην καλύτερη περίπτωση, ο προγραμματισμός είναι αρκετά καλός για να περιορίσει τις ελλείψεις πόρων σε ποσά που μπορούν να αποκτηθούν κατά την εκτέλεση με ελάχιστο κόστος και λίγες επιβλαβείς επιπτώσεις στις παραδόσεις των πελατών (Bose, 2006).

Εκτός από τους συγκεκριμένους στόχους που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, υπάρχει ένας άλλος, ευρύτερος στόχος. Και αυτό είναι να διατηρηθεί η ευελιξία της παραγωγής με ελάχιστη επένδυση στο απόθεμα υλικών εξαρτημάτων. Στόχος είναι η δυνατότητα προσφοράς μιας ευρείας επιλογής προϊόντων και μέγιστης εξυπηρέτησης στους πελάτες διατηρώντας ταυτόχρονα χαμηλά τα αποθέματα εξαρτημάτων. Τα αρθρωτά BOM έχουν σχεδιαστεί για να βοηθήσουν στην επίτευξη ακριβώς αυτού του στόχου (Wacker & Miller, 2000, Wong & Kleiner, 2001).

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

Ένα κύριο πρόγραμμα παραγωγής (MPS) είναι για ένα σύστημα σχεδιασμού απαιτήσεων υλικού (MRP) ό,τι είναι ένα πρόγραμμα για έναν υπολογιστή. Το MPS αποτελεί μόνο μία από τις τρεις κύριες εισόδους ενός συστήματος MRP. Ενώ οι άλλες δύο εισόδους, δηλαδή η κατάσταση του αποθέματος και η δομή του προϊόντος, παρέχουν δεδομένα αναφοράς για τη διαδικασία MRP, το MPS αποτελεί την κύρια είσοδο που καθοδηγεί το σύστημα MRP. Στη σχέση ανάντη/κατόντη ροής πληροφοριών μεταξύ των συστημάτων, το MPS βρίσκεται πιο μακριά στο ανάντη και λειτουργεί ως βασική πηγή πληροφοριών για τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας παραγωγής (Harhen, 1988, Kruse & Kruse, 1995).

Ένα δεδομένο MPS είναι ο καθοριστικός παράγοντας του μελλοντικού φορτίου, της επένδυσης αποθέματος, της παραγωγής και της υπηρεσίας παράδοσης. Αυτό το MPS μπορεί να έχει αναπόφευκτες επιπτώσεις στους παραπάνω τομείς και μπορεί να προειδοποιεί για μελλοντικά προβλήματα και αποτυχίες. Τα συστήματα κατόντη δεν είναι σε θέση να διορθώσουν τις ελλείψεις των εισροών τους. Ένα σύστημα MRP εκτελεί τις λειτουργίες του για την παραγγελία αποθέματος, τον προγραμματισμό προτεραιότητας και, έμμεσα, τον σχεδιασμό των απαιτήσεων χωρητικότητας με μεγάλη αποτελεσματικότητα, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει ένα ρεαλιστικό και έγκυρο MPS για να το επεξεργαστεί (Muller, 2019).

### 3.1. Έννοιες Κύριου Προγράμματος Παραγωγής

Ένα ερώτημα που μπορεί να τεθεί είναι κατά πόσο κάθε κατασκευαστική εταιρεία ή εργοστάσιο διαθέτει ένα MPS. Εάν το MPS ορίζεται ως το συνολικό σχέδιο παραγωγής, είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς μια μονάδα παραγωγής που λειτουργεί χωρίς ένα. Σε οποιαδήποτε μεταποιητική λειτουργία, το άθροισμα του τι δεσμεύεται να παράγει μια μονάδα σε οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή ισοδυναμεί με το MPS. Αυτό που πραγματικά εννοούν ορισμένοι διευθυντές παραγωγής όταν λένε ότι δεν διαθέτουν MPS είναι ότι στην περίπτωση τους δεν υπάρχει ένα επίσημο έγγραφο που να αποτυπώνει το συνολικό σχέδιο παραγωγής. Για τις ανάγκες του MRP, η δημιουργία και η διατήρηση ενός επίσημου MPS είναι απαραίτητες προϋποθέσεις (Proud, 2012).

#### Ορισμοί

Ένα MPS δεν πρέπει να συγχέεται με μια πρόβλεψη. Μια πρόβλεψη αντιπροσωπεύει μια εκτίμηση της ζήτησης, ενώ ένα MPS αποτελεί ένα σχέδιο παραγωγής. Αυτά δεν είναι απαραίτητα τα ίδια. Επομένως, θα πρέπει να διατηρηθεί μια διάκριση μεταξύ των λειτουργιών της ανάπτυξης μιας πρόβλεψης και της κατάρτισης ενός χρονοδιαγράμματος παραγωγής, παρά το γεγονός ότι σε ορισμένες περιπτώσεις τα δύο μπορεί να είναι πανομοιότυπα ως προς το περιεχόμενο (Proud, 2012).

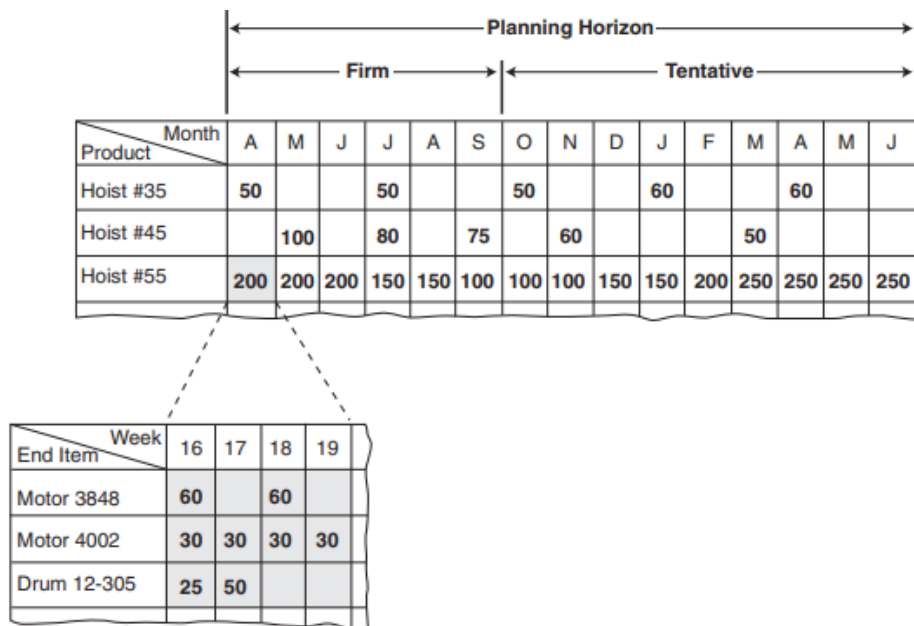
Το MPS είναι μια δήλωση απαιτήσεων για τα τελικά στοιχεία κατά ημερομηνία (περίοδος προγραμματισμού) και ποσότητα. Ένα τελικό στοιχείο ορίζεται ως το στοιχείο υψηλότερου επιπέδου (δηλαδή, ένα στοιχείο που δεν αποτελεί συστατικό οποιασδήποτε μητρικής) που αναγνωρίζεται στη τιμολόγηση υλικού (BOM) που χρησιμοποιεί το σύστημα MRP για εκρήξεις απαιτήσεων. Πρέπει να υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ τέτοιων στοιχείων στο BOM και των όρων στους οποίους αναφέρεται το MPS. Τα τελικά στοιχεία μπορεί να είναι προϊόντα, μεγάλα συγκροτήματα, ομάδες εξαρτημάτων που καλύπτονται από ψευδο-BOM ή ακόμη και μεμονωμένα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στο υψηλότερο επίπεδο στη δομή του προϊόντος. Ένα συστατικό στοιχείο μπορεί να διπλασιαστεί ως τελικό αντικείμενο όταν υπόκειται σε ανταλλακτικό σέρβις ή άλλη ζήτηση από πηγές εξωτερικές της εγκατάστασης. Οι παραγγελίες ή/και οι προβλέψεις για όλα τα είδη εξωτερικής ζήτησης αποτελούν τεχνικά μέρος του MPS, αν και συνήθως δεν αναφέρονται στο επίσημο έγγραφο, αλλά υπάρχουν στα χρονοδιαγράμματα μικτών απαιτήσεων των αντίστοιχων εγγραφών αποθεμάτων (Proud, 2012).

Όταν η σειρά προϊόντων αποτελείται από σύνθετα συναρμολογημένα προϊόντα με πολλά προαιρετικά χαρακτηριστικά, δεν είναι πρακτικό να δηλώνεται και να διατηρείται ένα MPS που χρησιμεύει ως είσοδος στο σύστημα MRP όσον αφορά τα ίδια τα προϊόντα (μοντέλα προϊόντων). Σε τέτοιες περιπτώσεις, το χρονοδιάγραμμα εκφράζεται ως προς τα κύρια συστατικά και όχι με τα τελικά προϊόντα. Για παράδειγμα, ένας κατασκευαστής εργαλειομηχανών θα καθόριζε στο MPS του τις ποσότητες των στηλών, των γονάτων, των τραπεζιών, των κρεβατιών και άλλων μεγάλων συναρμολογήσεων από τις οποίες τελικά θα κατασκευαστούν μεμονωμένες εργαλειομηχανές κατά παραγγελία του πελάτη (Proud, 2012).

Η μορφή ενός MPS είναι συνήθως ένας πίνακας που παραθέτει ποσότητες κατά τελικό στοιχείο ανά περίοδο. Η σημασία αυτών των ποσοτήτων σε σχέση με το χρονοδιάγραμμα που υποδεικνύεται καθορίζεται συμβατικά - σε μια δεδομένη περίπτωση, μπορεί να αντιπροσωπεύει διαθεσιμότητα τελικού προϊόντος, παραγωγή τελικού προϊόντος ή διαθεσιμότητα εξαρτημάτων τελικού προϊόντος. Ανάλογα με το ποια είναι, επηρεάζεται η μορφή διεπαφής μεταξύ του MPS και του συστήματος MRP (Proud, 2012).

Οι προβλέψεις πωλήσεων και το MPS που χρησιμοποιούν η διοίκηση και ο οργανισμός μάρκετινγκ συχνά αναπτύσσονται και δηλώνονται σε εβδομάδες, μήνες, ή τρίμηνα, ωστόσο. Συνήθως αναφέρονται και ως προς τα μοντέλα προϊόντων. Στη συνέχεια, το MPS πρέπει να αναλυθεί και να επαναδιατυπωθεί ως προς τις ημέρες και τις εβδομάδες και τους συγκεκριμένους αριθμούς τελικών στοιχείων. Έτσι μπορεί να υπάρχει σε δύο εκδόσεις ή επίπεδα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 10.





**Εικόνα 10: Ένα κύριο πρόγραμμα παραγωγής MPS (Proud, 2012)**

Η χρονική περίοδος που εκτείνεται το MPS ονομάζεται ορίζοντας προγραμματισμού και μπορεί να χωριστεί σε ένα σταθερό και ένα δοκιμαστικό τμήμα, που υποδεικνύεται επίσης στην Εικόνα 10. Η σταθερή μερίδα καθορίζεται από τον σωρευτικό χρόνο παράδοσης (προμήθεια και κατασκευή). Δεν είναι απαραίτητως σταθερό με την έννοια ότι είναι «κατεψυγμένο», αλλά αντιπροσωπεύει ποσότητες τελικών ειδών που δεσμεύονται και ξεκίνησαν να κατασκευάζονται.

Η συχνότητα συντήρησης (δηλαδή ενημέρωση ή αναθεώρηση) του MPS συνήθως προσαρμόζεται στον κύκλο πρόβλεψης, ο οποίος είναι σχεδόν πάντα μηνιαίος. Ωστόσο, μεταξύ των «επίσημων» αναθεωρήσεων της ενημερωμένης έκδοσης του MPS, μπορεί να προκύψει ανάγκη για αναθεώρηση ανά πάσα στιγμή. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω του ιδιαίτερου μείγματος νέων παραγγελιών πελατών και των διαφόρων απρογραμμάτιστων εξελίξεων στις προμήθειες και την κατασκευή. Ως εκ τούτου, είναι εξαιρετικά σημαντικό το σύστημα MRP να μπορεί να επεξεργάζεται παρεμβατικές και περιοδικές «ανεπίσημες» αλλαγές στο MPS σε πιο συχνή βάση από αυτήν που παρέχει ο κύκλος πρόβλεψης. Ένα σύστημα MRP χάνει μεγάλο μέρος της αποτελεσματικότητάς του εάν δεν χρησιμοποιείται για επανασχεδιασμό καθημερινά (Proud, 2012).

### **3.2. Το Πρόγραμμα της Τελικής Συναρμολόγησης**

Για να γίνει κατανοητή η ουσία και η πραγματική λειτουργία του MPS, πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ αυτού και του τελικού προγράμματος συναρμολόγησης. Αυτή η διάκριση προκαλεί συχνά σύγχυση, διότι σε ορισμένες περιπτώσεις, αν και οι ιδέες πίσω από τα χρονοδιαγράμματα είναι διαφορετικές, στην πράξη μπορεί να μοιάζουν παρόμοια. Αυτό σημαίνει ότι το τελικό πρόγραμμα συναρμολόγησης μπορεί να λειτουργεί ως MPS (Proud, 2012, Plossl et al., 1970, Orlicky et al., 2009).

Μπορεί να μην υπάρχει διαφορά μεταξύ αυτών των δύο χρονοδιαγραμμάτων όταν η σειρά προϊόντων είναι περιορισμένη ή όταν το ίδιο το προϊόν είναι μικρό ή/και απλό. Τα χλοοκοπτικά, τα εργαλεία χειρός, τα ποδήλατα, οι ηλεκτρικές σκούπες και τα ρολόγια είναι παραδείγματα αυτής της κατάστασης, στην οποία το προϊόν πλοήγησης είναι το τελικό αντικείμενο. Είναι αρκετά ενδιαφέρον ότι το MPS και το τελικό πρόγραμμα συναρμολόγησης μπορεί να είναι πανομοιότυπα στην περίπτωση εξαιρετικά πολύπλοκων προϊόντων που κατασκευάζονται και κατασκευάζονται σύμφωνα με την παραγγελία του πελάτη, όπως τουρμπίνες και οπτικά συστήματα.

Μεταξύ αυτών των άκρων, ωστόσο, βρίσκεται η ευρεία μέση λύση σύνθετων προϊόντων που συναρμολογούνται από τυπικά εξαρτήματα σε μια ποικιλία διαμορφώσεων, συχνά σε συγκεκριμένες παραγγελίες πελατών. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οχήματα, μηχανήματα κάθε είδους, ηλεκτρολογικός εξοπλισμός και αμυντικός εξοπλισμός. Εδώ, τα δύο χρονοδιαγράμματα είναι διακριτά. Το MPS εκφράζεται ως σύνολο υψηλού επιπέδου εξαρτημάτων (συναρμολογήσεις, κ.λ.π.) και, συνήθως, λόγω της διαφοράς μεταξύ του χρόνου παράδοσης κατασκευής (μεγάλος) και του χρόνου παράδοσης στον πελάτη (μικρός), πρέπει να διαμορφωθεί και να δεσμευτεί πολύ πριν από την τελική προετοιμασία του προγράμματος συναρμολόγησης (Proud, 2012, Plossl et al., 1970, Orlicky et al., 2009).

Ενώ το τυπικό MPS εκτείνεται αρκετούς μήνες στο μέλλον, το τελικό πρόγραμμα συναρμολόγησης συνήθως καλύπτει μόνο ημέρες ή εβδομάδες. Αυτό διακρίνεται με τη χρήση μοντέλων προϊόντων ή ειδικών διαμορφώσεων με χαρακτηριστικούς σειριακούς αριθμούς. Το MPS βασίζεται στην αναμενόμενη ζήτηση των πελατών, ενώ το χρονοδιάγραμμα τελικής συναρμολόγησης ανταποκρίνεται στην πραγματική ζήτηση των πελατών και περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα εξαρτημάτων που παρέχονται από το MPS μέσω του συστήματος MRP.

Το MPS είναι ουσιαστικά ένα πρόγραμμα προμήθειας, κατασκευής και υποσυναρμολόγησης. Η λειτουργία του είναι να παρέχει διαθεσιμότητα στοιχείων και, επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ως πρόγραμμα διαθεσιμότητας στοιχείων. Σε αυτό το πλαίσιο, ο όρος "συστατικό" αναφέρεται σε οποιοδήποτε είδος αποθέματος κάτω από το επίπεδο τελικού προϊόντος. Το MPS μπορεί να θεωρηθεί ότι «παράγει» τα αναφερόμενα εξαρτήματα για την υποστήριξη του τελικού προγράμματος συναρμολόγησης. Αυτό είναι αληθές όσον αφορά τα στοιχεία που αποτελούν μέρος των BOM που αντικατοπτρίζονται στο MPS. Ωστόσο, οι εξαιρέσεις σε αυτόν τον κανόνα είναι στοιχεία που εξαιρούνται από το BOM σχεδιασμού κατά τη διαδικασία διαμόρφωσής του. Μια δεδομένη υποσυναρμολόγηση μπορεί να εκχωρηθεί είτε στο BOM σχεδιασμού (χρησιμοποιείται από το σύστημα MRP) ή στον λογαριασμό M (που χρησιμοποιείται από το σύστημα προγραμματισμού τελικής συναρμολόγησης). Αυτό εξαρτάται από το ποιο σύστημα έχει τον έλεγχο του συγκεκριμένου αντικειμένου (Proud, 2012, Plossl et al., 1970, Orlicky et al., 2009).

Αυτός ο κανόνας επεκτείνεται σε επιλεγμένα κατασκευασμένα είδη και αγορασμένα είδη, τα οποία μπορούν να τεθούν υπό τον έλεγχο του συστήματος προγραμματισμού τελικής συναρμολόγησης. Στη συνέχεια, αυτά τα είδη θα κατασκευαστούν από τον άνθρωπο ή θα προμηθευτούν ως μέρος της εκτέλεσης του τελικού προγράμματος συναρμολόγησης σε πολύ μικρές ποσότητες παρτίδας. Τέτοια είδη χαρακτηρίζονται από (Proud, 2012):

- Υψηλό κόστος μονάδας
- Μικρός χρόνος παράδοσης

- Μικρός χρόνος παράδοσης συναρμολόγησης της μητρικής του αντικειμένου (εάν υπάρχει)
- Απουσία σημαντικών εκπτώσεων κατά την εγκατάσταση ή την ποσότητα

Παραδείγματα εξαρτημάτων που καθορίζονται από το τελικό πρόγραμμα συναρμολόγησης, που σχετίζονται με προϊόντα είναι τα εξής: Μια οριζόντια φρέζα ορισμένης σχεδίασης έχει τον λεγόμενο βραχίονα ο οποίος απαιτείται κατά την τέταρτη εβδομάδα της τελικής συναρμολόγησης της μηχανής. Ο βραχίονας αποτελεί έναν απλό χαλύβδινο κύλινδρο που απαιτεί μικρή κατεργασία και μικρή εγκατάσταση, αλλά είναι ένα τεράστιο και σχετικά ακριβό μέρος. Συναρμολογείται στη φρέζα εισάγοντάς τον στη σωστή οπή της στήλης και στερεώνοντάς το μέσα στην κολώνα. Ένα τέτοιο είδος αντιστοιχίζεται σωστά με τον έλεγχο του χρονοδιαγράμματος τελικής συναρμολόγησης και κατεργάζεται σε ποσότητες μπορεί να είναι τόσο μικρές όσο ένα ή δύο κατά τη διάρκεια του τελικού κύκλου συναρμολόγησης για συγκεκριμένα μηχανήματα που κατασκευάζονται (Proud, 2012, Plossl et al., 1970, Orlicky et al., 2009).

Ένα παράδειγμα αγορασμένου ανταλλακτικού υπό τον έλεγχο του χρονοδιαγράμματος τελικής συναρμολόγησης είναι ένα πίσω ελαστικό ενός στρατιωτικού οχήματος, ένα πολύ ακριβό αντικείμενο. Αυτά τα ελαστικά (των οποίων υπάρχουν πολλές ποικιλίες, μάρκες, μεγέθη και σχέδια πέλματος) αποστέλλονται από τον πωλητή σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα σε οποιαδήποτε ποσότητα απαιτείται για να ικανοποιηθούν οι τρέχουσες απαιτήσεις του προγράμματος συναρμολόγησης στρατιωτικών οχημάτων. Οι εκπτώσεις ποσότητας ενδέχεται να ισχύουν για τη συνολική ετήσια κατανάλωση όλων των μοντέλων ελαστικών και όχι για μεμονωμένες παραγγελίες. Και στα δύο προηγούμενα παραδείγματα, αποφεύγονται ή ελαχιστοποιούνται σημαντικές επενδύσεις αποθέματος και αποκλείεται η πιθανότητα πλεονάσματος με τον προσανατολισμό της κατασκευής ή της προμήθειας των εν λόγω ειδών στο τελικό πρόγραμμα συναρμολόγησης.

### **3.3. Λειτουργίες Κύριου Προγράμματος Παραγωγής**

Ένα MPS εξυπηρετεί δύο κύριες λειτουργίες, και συγκεκριμένα (Proud, 2012, Orlicky et al., 2009, Ram et al., 2006):

1. Σε σύντομο χρονικό διάστημα, για να χρησιμεύει ως βάση για τον προγραμματισμό των απαιτήσεων υλικού, την παραγωγή εξαρτημάτων, τον προγραμματισμό προτεραιοτήτων παραγγελίας και τον προγραμματισμό βραχυπρόθεσμων απαιτήσεων χωρητικότητας
2. Σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, για να χρησιμεύσει ως βάση για την εκτίμηση των μακροπρόθεσμων απαιτήσεων για τους πόρους της εταιρείας, όπως η παραγωγική ικανότητα (δηλαδή, τετραγωνικά μέτρα, εργαλειομηχανές, προσωπικό), η ικανότητα αποθήκευσης, το προσωπικό μηχανικών και τα μετρητά

Αυτές οι δύο λειτουργίες σχετίζονται με τα «σταθερά» και «δοκιμαστικά» τμήματα των MPS που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Ένα καλά εφαρμοσμένο σύστημα MRP περιλαμβάνει ολόκληρο τον ορίζοντα σχεδιασμού. Δηλαδή, τόσο τα σταθερά όσο και τα δοκιμαστικά τμήματα του MPS αντικατοπτρίζονται στα χρονικά σταδιακά αρχεία απογραφής. Ενώ μόνο το σταθερό τμήμα του ορίζοντα σχεδιασμού απαιτείται, αυστηρά μιλώντας, για σκοπούς έκδοσης παραγγελιών και προγραμματισμού προτεραιότητας παραγγελιών, το σύστημα διατηρεί δεδομένα σχετικά με δοκιμαστικές (αλλά επίσημα προγραμματισμένες σύμφωνα με το κύριο πρόγραμμα) απαιτήσεις και προγραμματισμένες παραγγελίες για την παροχή ορατότητας στο μέλλον ανά στοιχείο. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποικίλες χρήσεις, όπως το μέγεθος της παρτίδας, οι προβλέψεις απαιτήσεων χωρητικότητας και οι επενδύσεις αποθέματος, που χρησιμεύουν για να καθοδηγήσουν τη διαπραγμάτευση γενικών συμβολαίων παραγγελιών με προμηθευτές, τον προσδιορισμό της γήρανσης του αποθέματος και των ενδεικνυόμενων διαγραφών και άλλα (Proud, 2012, Orlicky et al., 2009).

Το MPS θα πρέπει να επιδιώκει να διατηρεί μια ισορροπία μεταξύ του προγραμματισμένου φορτίου (εισόδου) και της διαθέσιμης παραγωγικής ικανότητας (εκροής) στον σύντομο ορίζοντα και αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό της προγραμματισμένης χωρητικότητας στον μακρύ ορίζοντα. Αυτό αντιπροσωπεύει μακροπρόθεσμες εκτιμήσεις των πόρων που απαιτούνται για την εκτέλεση του MPS. Κάποιοι από αυτούς τους πόρους, όπως το σχέδιο και τα νέα μηχανήματα, μπορεί να χρειαστούν ένα χρόνο ή περισσότερο για να αποκτηθούν, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο ένα MPS θα πρέπει να επεκταθεί πέρα από τον συνολικό χρόνο αθροιστικής παραγωγής (Velasco Acosta et al., 2020).

### **3.4. Ανάπτυξη MPS**

Η συγκεκριμένη μέθοδος ανάπτυξης ενός MPS τείνει να διαφέρει από εταιρεία σε εταιρεία. Η γενική διαδικασία, ωστόσο, αποτελείται από έναν αριθμό λογικών βημάτων (που περιγράφονται παρακάτω) που μπορούν να χρησιμεύσουν ως το βασικό σχέδιο στο οποίο γίνονται τροποποιήσεις ανάλογα με τη φύση μιας συγκεκριμένης μεταποιητικής επιχείρησης (Proud, 2012, Velasco Acosta et al., 2020).

#### **Προετοιμασία MPS**

Ένα MPS αντιπροσωπεύει, στην πραγματικότητα, το μελλοντικό φορτίο στους πόρους παραγωγής. Το φορτίο προκύπτει από απαιτήσεις που τίθενται στη μονάδα που αντικατοπτρίζουν τη ζήτηση για το προϊόν που κατασκευάζεται. Η μέθοδος καθορισμού αυτών των απαιτήσεων ποικίλλει ανάλογα με τον κλάδο. Στην κατασκευή προϊόντων για απόθεμα, οι μελλοντικές απαιτήσεις προέρχονται γενικά από την προηγούμενη ζήτηση. Κατά την κατασκευή κατά παραγγελία, οι καθυστερημένες παραγγελίες πελατών μπορεί να αντιπροσωπεύουν τις συνολικές απαιτήσεις παραγωγής. Στην προσαρμοσμένη συναρμολόγηση τυπικών εξαρτημάτων, ένας συνδυασμός πρόβλεψης και παραγγελιών πελατών δημιουργεί απαιτήσεις. Η οργάνωση του δικτύου διανομής και η πολιτική απογραφής πεδίου επηρεάζουν επίσης άμεσα τις απαιτήσεις παραγωγής. Στις περισσότερες κατασκευαστικές εταιρείες, οι απαιτήσεις που τίθενται σε μια δεδομένη μονάδα προέρχονται από διάφορες πηγές. Ο προσδιορισμός αυτών των πηγών και της ζήτησης που δημιουργούν αποτελεί το πρώτο βήμα για την ανάπτυξη ενός MPS. Οι πηγές αυτές είναι οι εξής (Proud, 2012, Velasco Acosta et al., 2020):

- Παραγγελίες πελατών
- Παραγγελίες αντιπροσωπού

- Απαιτήσεις αποθήκης τελικών προϊόντων
- Απαιτήσεις για ανταλλακτικά σέρβις
- Προβλέψεις
- Απόθεμα ασφαλείας
- Παραγγελίες για απόθεμα (απόθεμα σταθεροποίησης)
- Παραγγελίες Interplant

Οι παραγγελίες πελατών ενδέχεται να αποτελούν το MPS στην περίπτωση προϊόντων που έχουν κατασκευαστεί κατά παραγγελία, στη σύμβαση μεταποίηση για το κράτος, σε καταστάσεις βιομηχανίας-προμηθευτών ή σε κάθε περίπτωση όπου το ανεκτέλεστο παραγγελιών εκτείνεται πέρα από τον σωρευτικό χρόνο παράδοσης της παραγωγής. Σε άλλες περιπτώσεις, οι παραγγελίες πελατών εκπληρώνονται από το εργοστάσιο, αλλά δημιουργούν απαιτήσεις μέσω του συστήματος προγραμματισμού τελικής συναρμολόγησης μόνο στις εγκαταστάσεις τελικής συναρμολόγησης. Οι απαιτήσεις για το υπόλοιπο εργοστάσιο μεταφέρονται από το MPS, το οποίο προβλέπει τη ζήτηση εξαρτημάτων-ειδών (Velasco Acosta et al., 2020).

Οι απαιτήσεις των αντιπροσώπων και της αποθήκης για προϊόντα αποτελούν μια άλλη πηγή ζήτησης, η οποία, για τους σκοπούς του προγραμματισμού της κύριας παραγωγής, μερικές φορές μπορεί να αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο με τις παραγγελίες πελατών. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ωστόσο, η διαφορά έγκειται στην πρακτική των αντιπροσώπων και των αποθηκών διανομής να αναφέρουν τις απαιτήσεις τους (ποσοστώσεις) πριν από τις παραγγελίες που πράγματι εκδίδονται. Αυτές οι προκαταβολικές δεσμεύσεις συνήθως αναφέρονται σε μοντέλα προϊόντων χωρίς συγκεκριμένες επιλογές προαιρετικών χαρακτηριστικών. Στη συνέχεια, αυτές πρέπει να προβλεφθούν, για λόγους κύριου προγραμματισμού, από το εργοστάσιο. Στην περίπτωση απλών προϊόντων χωρίς προαιρετικά χαρακτηριστικά, τα προγραμματισμένα χρονοδιαγράμματα παραγγελιών ενός συστήματος σημείων παραγγελίας σε χρονική φάση που χρησιμοποιείται από την αποθήκη, αντιπροσωπεύουν τη ζήτηση για το εργοστάσιο (Velasco Acosta et al., 2020).

Οι απαιτήσεις εξαρτημάτων σέρβις είτε από πελάτες είτε από μια αποθήκη υπηρεσιών συνήθως παρακάμπτουν τη διαδικασία ανάπτυξης MPS. Εισάγονται είτε με τη μορφή προβλέψεων είτε με τη μορφή εντολών απευθείας στα αντίστοιχα αρχεία απογραφής. Μια εξαίρεση μπορεί να είναι η περίπτωση μεγάλων, δαπανηρών συναρμολογήσεων εξαρτημάτων σέρβις που θα ήταν προγραμματισμένες κυρίως μαζί με κανονικά προϊόντα. Όταν μια αποθήκη υπηρεσιών χρησιμοποιεί σημείο παραγγελίας σε χρονική φάση, οι απαιτήσεις μεταφέρονται καλύτερα μέσω των προγραμματισμένων παραγγελιών του συστήματος αποθήκης (Velasco Acosta et al., 2020).

Οι προβλέψεις σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να αποτελούν πηγή απαιτήσεων που τίθενται απευθείας στο εργοστάσιο. Σε πολλές μεταποιητικές επιχειρήσεις που είτε αποστέλλονται απευθείας στους πελάτες από μια αποθήκη εργοστασίου είτε συναρμολογούνται κατά παραγγελία, η πρόβλεψη πωλήσεων είναι η μόνη πηγή των απαιτήσεων παραγωγής που αντικατοπτρίζονται στο MPS. Σε πολλές άλλες περιπτώσεις, ωστόσο, η πρόβλεψη δημιουργεί επίσης απαιτήσεις που μεταφέρονται από το MPS. Αυτό αφορά παραλλαγές προϊόντων ή προαιρετικά χαρακτηριστικά προϊόντος, τα οποία συνήθως προβλέπονται από το εργοστάσιο, παρόλο που το MPS βασίζεται σε δεσμεύσεις για μονάδες προϊόντος από αντιπροσώπους ή αποθήκες πεδίου, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι ακριβείς διαμορφώσεις των προαιρετικών λειτουργιών παρέχονται ακριβώς πριν από την αποστολή (Velasco Acosta et al., 2020).

Το απόθεμα ασφαλείας, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, θα πρέπει να προγραμματιστεί σε επίπεδο MPS και όχι σε επίπεδο εξαρτημάτων. Ως εκ τούτου, οι απαιτήσεις για το απόθεμα ασφαλείας πρέπει να θεωρούνται ως ξεχωριστή πηγή ζήτησης για το εργοστάσιο. Το απόθεμα ασφαλείας, ως προς τα τελικά είδη, ενσωματώνεται στις ποσότητες που αναφέρονται στο MPS (Velasco Acosta et al., 2020).

Οι παραγγελίες για απόθεμα μπορεί να είναι η κύρια πηγή απαιτήσεων παραγωγής σε περιπτώσεις όπου το προϊόν αποθηκεύεται εν αναμονή μελλοντικής ανάγκης. Σε επιχειρήσεις που υπόκεινται σε εξαιρετικά εποχιακή ζήτηση, τα προϊόντα ή/και τα εξαρτήματα παράγονται κανονικά για απόθεμα κατά τη διάρκεια της εκτός εποχής, προκειμένου να είναι σε θέση να ανταποκριθεί στη ζήτηση αιχμής με ένα επίπεδο φορτίο στην παραγωγική ικανότητα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το απόθεμα που προκύπτει είναι γνωστό ως απόθεμα σταθεροποίησης (Velasco Acosta et al., 2020).

Οι παραγγελίες Interplant συνήθως περιορίζονται σε εξαρτήματα και όχι σε προϊόντα, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν οτιδήποτε από εξαρτήματα ενός συστατικού έως συναρμολογημένα τελικά στοιχεία που εμφανίζονται στο MPS. Η αντιμετώπιση αυτών των απαιτήσεων είναι παράλληλη με αυτή των ανταλλακτικών σέρβις. Σε περιπτώσεις όπου το εργοστάσιο «πελάτη» χρησιμοποιεί σύστημα MRP, αυτός ο τύπος ζήτησης μεταφέρεται πιο αποτελεσματικά μέσω των προγραμματισμένων παραγγελιών για τα είδη μεταξύ των εργοστασίων (Velasco Acosta et al., 2020).

Απαιτήσεις από όλες τις πηγές που μόλις εξετάστηκαν, όταν ενοποιηθούν, αντιπροσωπεύουν το λεγόμενο χρονοδιάγραμμα των εργοστασιακών απαιτήσεων. Η δημιουργία αυτού του χρονοδιαγράμματος αποτελεί το δεύτερο βήμα στην ανάπτυξη του ΠΜΣ. Το τελευταίο προέρχεται από το πρώτο αλλά δεν είναι απαραίτητα ταυτόσημο με αυτό για τους ακόλουθους λόγους (Velasco Acosta et al., 2020, Bahl & Ritzman, 1984 ):

- Μέρος της ζήτησης που εκφράζεται στο χρονοδιάγραμμα των εργοστασιακών απαιτήσεων μπορεί να καλυφθεί από το απόθεμα των εγκαταστάσεων.

- Οι εκτιμήσεις σχετικά με το μέγεθος της παρτίδας του προϊόντος, σημαντικές από την κατασκευαστική άποψη, προφανώς δεν αντικατοπτρίζονται στο χρονοδιάγραμμα των εργοστασιακών απαιτήσεων. Η ζήτηση εμφανίζεται με βάση την ποσότητα και την ημερομηνία χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η οικονομία παραγωγής. Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης του MPS, καθορίζονται μεγέθη παρτίδων προϊόντων που ενδέχεται να αποκλίνουν τόσο σε ποσότητα όσο και σε χρόνο από τις απαιτήσεις των διαφόρων πηγών ζήτησης. Πρόσθετη ταξινόμηση παρτίδας μπορεί να πραγματοποιηθεί στη συνέχεια σε επίπεδο στοιχείου-ειδικού στοιχείου.

Το φορτίο που αντιπροσωπεύεται από το χρονοδιάγραμμα των εργοστασιακών απαιτήσεων μπορεί είτε να υπερβαίνει την παραγωγική ικανότητα είτε να είναι χαμηλότερο από την δυναμικότητα για την οποία έχει δεσμευτεί η μονάδα. Αυτό το φορτίο μπορεί να παρουσιάζει υπερβολικές διακυμάνσεις. Το χρονοδιάγραμμα των εργοστασιακών απαιτήσεων μπορεί να αναφέρεται σε μοντέλα προϊόντων που θα πρέπει να μεταφραστούν σε αριθμούς BOM τελικού είδους. Το χρονοδιάγραμμα των εργοστασιακών απαιτήσεων ενδέχεται να μην προσδιορίζει προαιρετικά χαρακτηριστικά προϊόντος ή ζήτηση για τα οποία πρέπει να προβλεφθεί πριν ενσωματωθεί στο MPS (Amaranti et al., 2020).

Το χρονοδιάγραμμα των εργοστασιακών απαιτήσεων χρησιμεύει ως βάση για την τελική προετοιμασία του MPS, το οποίο αποτελεί το τρίτο και τελευταίο βήμα στην ανάπτυξη του MPS. Έτσι δημιουργείται ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα κατασκευής το οποίο στη συνέχεια θα υποβληθεί σε επεξεργασία από το σύστημα MRP για να προγραμματίσει όλες τις επόμενες δραστηριότητες προμήθειας, κατασκευής και υποσυναρμολόγησης εξαρτημάτων. Κατά τη μετατροπή του χρονοδιαγράμματος των εργοστασιακών απαιτήσεων σε MPS, το κυρίαρχο ζήτημα είναι αυτό της διαθεσιμότητας χωρητικότητας. Η διαδικασία και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ φορτίου και χωρητικότητας στον μεγάλο ορίζοντα περιγράφονται στη συνέχεια.

### **Σχεδιασμός Απαιτήσεων Πόρων**

Ένα MPS πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε σχέση με το φορτίο που επιβαρύνει τους διαθέσιμους ή προγραμματισμένους πόρους, συμπεριλαμβανομένης της χωρητικότητας, του χώρου και του κεφαλαίου κίνησης. Εάν οι διαθέσιμοι πόροι δεν επαρκούν για την κάλυψη των απαιτήσεων που αντιπροσωπεύουν ένα δεδομένο MPS, πρέπει να αυξηθούν ή να μειωθεί το χρονοδιάγραμμα. Εάν δεν πραγματοποιηθεί σταθερός προγραμματισμός των απαιτήσεων σε πόρους πριν από τον προγραμματισμό της παραγωγής, υπάρχει πιθανότητα αποτυχίας στην υπηρεσία παράδοσης, εμπλοκή στην εργασία κατά τη διαδικασία, διακοπή του συστήματος ελέγχου παραγωγής και αυξημένο κόστος κατασκευής (Amaranti et al., 2020).

Η έννοια του σχεδιασμού των απαιτήσεων πόρων συνεπάγεται μια λειτουργία σχεδιασμού μακράς εμβέλειας που αποσκοπεί στη διατήρηση της ισορροπίας της ικανότητας κάλυψης της ζήτησης και ενός εύλογου επιπέδου φόρτου στους πόρους της εταιρείας. Η τεχνική του σχεδιασμού των απαιτήσεων πόρων αποτελείται από πέντε βήματα ως εξής (Amaranti et al., 2020):

1. Καθορισμός των πόρων που πρέπει να ληφθούν υπόψη
2. Υπολογισμός ενός προφίλ φορτίου για κάθε προϊόν που υποδεικνύει τι φορτίο και σε ποιους πόρους επιβάλλεται από μία μονάδα του προϊόντος

3. Επέκταση αυτών των προφίλ με βάση τις ποσότητες που απαιτούνται από ένα προτεινόμενο MPS και, επομένως, προσδιορίζοντας το συνολικό φορτίο ή την απαίτηση πόρων σε καθέναν από τους εν λόγω πόρους
4. Προσομοίωση της επίδρασης των εναλλακτικών MPS
5. Επιλογή ενός ρεαλιστικού χρονοδιαγράμματος που κάνει τη βέλτιστη χρήση του (υπάρχον ή προγραμματισμένοι) πόροι

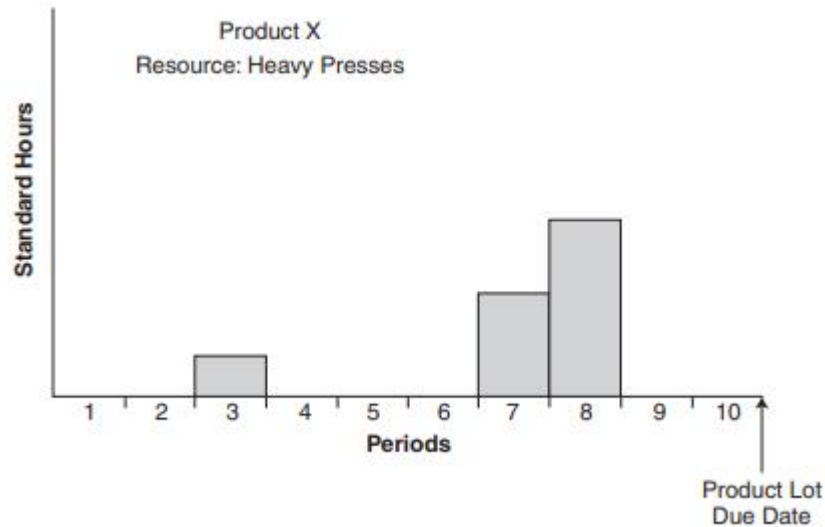
Ο καθορισμός των πόρων που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι μια λειτουργία διαχείρισης. Οι πόροι μπορεί να ποικίλουν από το προσωπικό μηχανικών, τα μετρητά, τον κεφαλαιουχικό εξοπλισμό, έως και τα τετραγωνικά μέτρα των εγκαταστάσεων. Στη συζήτηση που ακολουθεί, θα αναφερθεί μόνο ένας τέτοιος πόρος, η παραγωγική ικανότητα. Για σκοπούς σχεδιασμού απαιτήσεων πόρων, η παραγωγική ικανότητα μπορεί να υποδιαιρεθεί σε επιμέρους πόρους ή ομάδες χωρητικότητας. Για παράδειγμα, όλο το μηχανουργείο μπορεί να οριστεί ως ένας πόρος και ο αντίκτυπος ενός συγκεκριμένου MPS στη συνέχεια μετράται ως προς το συνολικό φορτίο στο κατάστημα. Ή μπορεί να καθοριστεί το κατάστημα ως δύο ή περισσότεροι πόροι ανά λειτουργία, όπως η βαριά κατεργασία χύτευσης, διάφορες κατεργασίες και εργασίες λαμαρίνας. Μπορεί ακόμη και μεμονωμένα τμήματα ή ομάδες τμημάτων να αποτελούν μετρούμενους πόρους. Μια ακόμη πιο λεπτομερής προσέγγιση θα περιλάμβανε την αναγνώριση κέντρων εργασίας ή ακόμη και μεμονωμένων μηχανών. Μια μεμονωμένη κρίσιμη μηχανή μπορεί νόμιμα να αναγνωριστεί ως πόρος σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση (Amaranti et al., 2020).

Ο σχεδιασμός των απαιτήσεων πόρων, προορίζεται για σχετικά μεγάλες ομάδες, επειδή ο σκοπός του δεν είναι να προσδιορίσει το ακριβές φορτίο σε έναν μεμονωμένο πόρο, αλλά μάλλον, να αξιολογήσει τη συνολική επίδραση ενός δεδομένου MPS. Ο σχεδιασμός των απαιτήσεων πόρων διεξάγεται σε μακροεπίπεδο χρησιμοποιώντας χονδρικές προσεγγίσεις του φορτίου και δεν επιδιώκεται η ακριβής προσαρμογή. Το σημαντικό είναι να μπορούν να αναπτυχθούν γρήγορα τα εναλλακτικά φορτία, ώστε να μπορούν να δοκιμαστούν πολλά διαφορετικά MPS (Amaranti et al., 2020).

Ο υπολογισμός των προφίλ φορτίου για μεμονωμένα προϊόντα βασίζεται στην απλή πρόταση ότι κάθε (ποσότητα) προϊόντος στο MPS δημιουργεί μετρήσιμο φορτίο και ότι οι ίδιες διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για να φθάσουμε σε μια αναφορά φορτίου μηχανής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό ενός προφίλ φορτίου προϊόντος. Ένα δεδομένο προφίλ φορτίου αποτελείται, για παράδειγμα, από τις τυπικές ώρες κατασκευής που απαιτούνται, ανά περίοδο, για την παραγωγή μιας μονάδας προϊόντος η οποία μετράται σε σχέση με οποιονδήποτε πόρο κατασκευής έχει επιλεγεί (Amaranti et al., 2020).

Το προφίλ φορτίου για ένα δεδομένο προϊόν μπορεί να θεωρηθεί ως μια αναφορά φορτίου για μια προσομοιωμένη παρτίδα προϊόντος, η οποία υπολογίζεται σε σχετική χρονική κλίμακα. Στην Εικόνα 11, το τέλος της περιόδου 10 αντιστοιχεί σε οποιαδήποτε περίοδο θα εμφανιζόταν το προϊόν στο MPS και το συνολικό φορτίο κατασκευής που δημιουργεί κατανέμεται σε οκτώ περιόδους (χρόνος παράδοσης κατασκευής του προϊόντος) που προηγούνται της ημερομηνίας ολοκλήρωσης. Το σχήμα δείχνει ένα προφίλ φορτίου για το ίδιο προϊόν που σχετίζεται με βαριές πρέσες, έναν κρίσιμο πόρο ή ένα σημείο συμφόρησης (Amaranti et al., 2020).



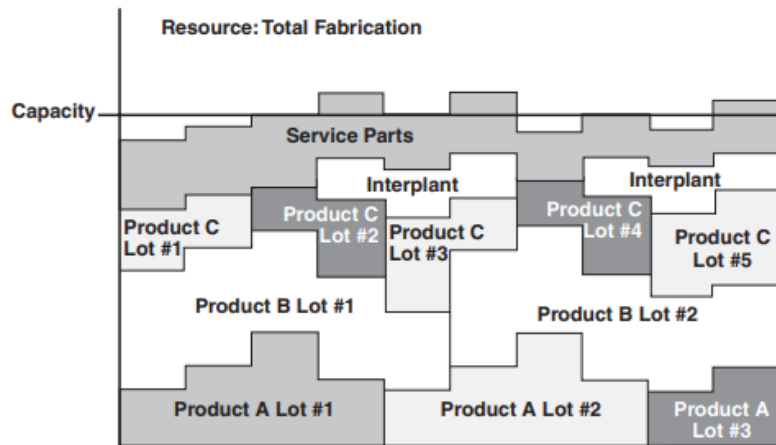


**Εικόνα 11: Ένα προφίλ φορτίου προϊόντος για έναν μόνο πόρο (Proud, 2012)**

Ένα προφίλ φορτίου υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το σύστημα MRP καθώς και τα συστήματα προγραμματισμού λειτουργιών και φόρτωσης ως προσομοιωτές. Η ποσότητα καθενός από τα τελικά στοιχεία που αποτελούν το προϊόν (χρησιμοποιώντας έναν τυπικό συνδυασμό προαιρετικών χαρακτηριστικών), που εκχωρείται αυθαίρετα σε κάποια μελλοντική περίοδο, επεξεργάζεται από το σύστημα MRP χρησιμοποιώντας κενές εγγραφές αποθέματος ή μια ρουτίνα ειδικού προγράμματος που καταστέλλει τη λειτουργία συμψηφισμού. Η ακαθάριστη απαίτηση ενός εκτινάσσεται σε όλα τα επίπεδα της δομής του προϊόντος, παρακάμπτοντας τυχόν υπολογισμούς μεγέθους παρτίδας. Η προκύπτουσα παραγωγή είναι ένα χρονοδιάγραμμα παραλαβής προγραμματισμένης παραγγελίας (όλες οι ελάχιστες ποσότητες) για όλα τα είδη σε οποιοδήποτε επίπεδο που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή καθενός από τα εν λόγω τελικά είδη. Αυτά τα χρονοδιαγράμματα προγραμματισμένης παραγγελίας χρησιμεύουν στη συνέχεια ως είσοδος στα κανονικά συστήματα προγραμματισμού και φόρτωσης, και χρησιμοποιώντας οποιουδήποτε κανόνες προγραμματισμού και συμβάσεις φόρτωσης ισχύουν, δημιουργείται μια ειδική αναφορά φόρτωσης. Αυτή η αναφορά φόρτωσης, όταν συνοψίζεται, αντιπροσωπεύει το προφίλ φόρτωσης του προϊόντος, το οποίο στη συνέχεια αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση. Κατά την ανάπτυξη του προφίλ φορτίου, η επεξεργασία του χρόνου εγκατάστασης θα ποικίλλει ανάλογα με το εάν υπάρχουν πρότυπα εγκατάστασης, δηλαδή εάν η εγκατάσταση θεωρείται άμεση εργασία ή υπερκαταβολή. Όπου οι δρομολογήσεις περιέχουν πρότυπα εγκατάστασης, οι ώρες εγκατάστασης αποτελούν μέρος του αρχείου φόρτωσης που δημιουργήθηκε με τη μέθοδο που μόλις συζητήθηκε. Το φορτίο εγκατάστασης, ωστόσο, αποθηκεύεται χωριστά από το φορτίο χρόνου εκτέλεσης, λόγω της διαφορετικής επεξεργασίας που θα λάβει το καθένα όταν υπολογίζεται το συνολικό φορτίο για μια παρτίδα προϊόντος. Εάν δεν διατηρηθούν τα πρότυπα εγκατάστασης, τα εμπειρικά δεδομένα ωρών εγκατάστασης μπορούν να κατανεμηθούν στους αντίστοιχους χρόνους εκτέλεσης ή αλλιώς οι τελευταίοι μπορούν να αυξηθούν κατά κάποιο ποσοστό για να ληφθεί υπόψη η ρύθμιση. Τα τελικά προφίλ φορτίου όλων των προϊόντων αποθηκεύονται έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν επανειλημμένα στον προγραμματισμό απαιτήσεων πόρων χωρίς να απαιτείται λεπτομερής υπολογισμός (Orlicky, 1973, Ormsby et al., 1990, Ou-Yang & Liu, 2001).

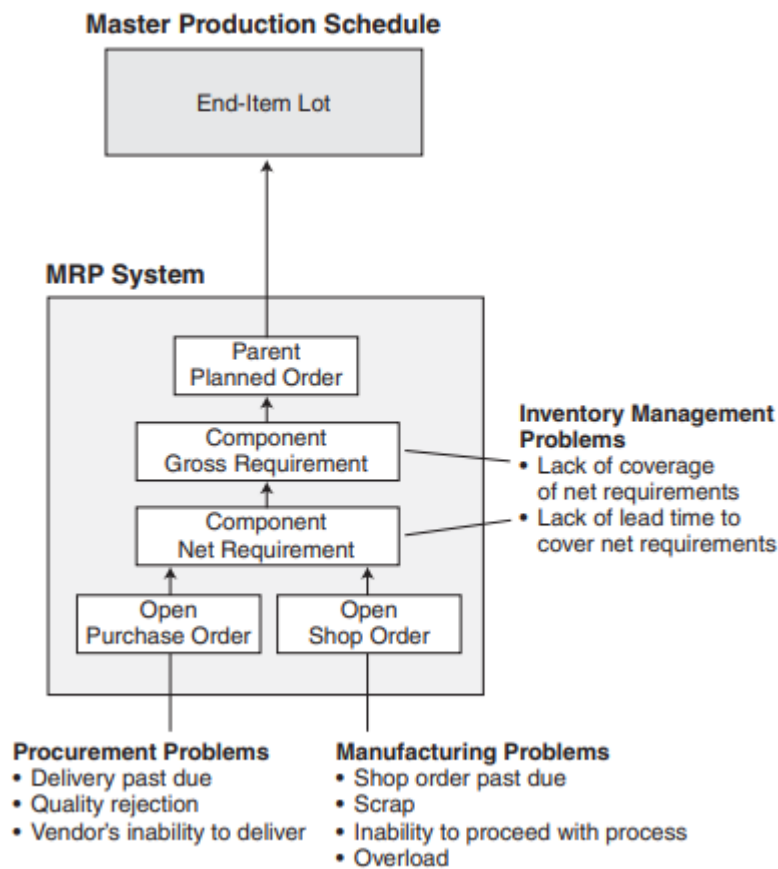
Η ανάπτυξη προφίλ φόρτωσης προϊόντων είναι μια εργασία εφάπαξ. Εκτός εάν το εν λόγω προϊόν επανασχεδιαστεί δραστικά, το προφίλ φορτίου του θα εξυπηρετεί καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, επειδή οι μηχανικές αλλαγές κανονικά θα είχαν μόνο ασήμαντη επίδραση στο φορτίο που εμπλέκεται. Η επέκταση των προφίλ φορτίου κατά τις ποσότητες που απαιτούνται από μια δεδομένη (έκδοση του) MPS και η σύνοψή τους ανά περίοδο είναι απλά θέματα. Πραγματοποιούνται πολύ γρήγορα με έναν υπολογιστή που έχει πρόσβαση στο αρχείο στο οποίο είναι αποθηκευμένα τα προφίλ. Το αποτέλεσμα είναι μια αναφορά (εκτυπωμένη ή μεταδιδόμενη μέσω μιας συσκευής οπτικής απεικόνισης) που δείχνει την επίδραση του MPS σε ολόκληρο τον ορίζοντα σχεδιασμού στους διάφορους πόρους για τους οποίους διατηρούνται τα προφίλ (Ormsby et al., 1990, Ou-Yang & Liu, 2001).

Αυτά ονομάζονται προφίλ απαιτήσεων πόρων. Παρέχουν μια δίκαιη ένδειξη των αναμενόμενων φορτίων. Τα φορτία μπορεί να διαχωρίζονται ανά μεμονωμένες παρτίδες προϊόντων για να δείξουν ποια από αυτά προκαλούν πιθανά προβλήματα χωρητικότητας. Αυτό απεικονίζεται γραφικά στην Εικόνα 12. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το φορτίο που δημιουργείται από τις απαιτήσεις εξαρτημάτων υπηρεσίας και διαφυτευμάτων προστίθεται σε αυτό που προκύπτει από παρτίδες προϊόντων. Αυτό θα μπορούσε να είναι ένα εμπειρικά επαληθευμένο ποσοστό του φορτίου, θα μπορούσε να προβλεφθεί ή θα μπορούσε να υπολογιστεί μέσω χωριστών προφίλ φόρτωσης, εάν το τμήμα εξυπηρέτησης ή/και τα είδη μεταξύ των φυτών είναι μεγάλα και η ζήτηση τους σημαντική (Ormsby et al., 1990, Ou-Yang & Liu, 2001).



Εικόνα 12: Ένα προφίλ απαιτήσεων πόρων (Proud, 2012)

Η προσομοίωση της επίδρασης των εναλλακτικών MPS αποτελεί μέρος της διαδικασίας επιλογής/απόφασης. Εάν το φορτίο που δημιουργείται από ένα προτεινόμενο MPS δεν είναι ικανοποιητικό (λόγω σημαντικής υπερφόρτωσης ή υποφόρτωσης σε μία ή περισσότερες περιόδους), το χρονοδιάγραμμα αλλάζει συνήθως σε βάση δοκιμής και σφάλματος και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Σημειώστε ότι σε μια επιχείρηση με μια σειρά απλών προϊόντων που κατασκευάζονται και αποστέλλονται από το απόθεμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν χρονοδιαγράμματα προγραμματισμένων παραγγελιών ενός συστήματος σημείων παραγγελίας σε χρονική φάση για να αντιπροσωπεύσουν το χρονοδιάγραμμα των εργοστασιακών απαιτήσεων. Το τελευταίο θα μετατραπεί σε MPS μέσω της χρήσης της τεχνικής της σταθερής προγραμματισμένης παραγγελίας, η οποία θα χρησιμοποιηθεί επίσης για την τροποποίηση του χρονοδιαγράμματος. Αυτό φαίνεται στην Εικόνα 13 (Muller, 2019).



**Εικόνα 13: Συσχέτιση προβλημάτων παραγωγής με το MPS (Proud, 2012)**

Ελλείψει τέτοιας διαδικασίας, το σύστημα MRP, φυσικά, θα επεξεργαστεί οποιοδήποτε MPS και το φορτίο θα υπολογιστεί στη συνέχεια. Η αναφορά φόρτωσης (υποθέτοντας ότι βασίζεται τόσο σε ανοιχτές όσο και σε προγραμματισμένες παραγγελίες) χρησιμεύει ως προφίλ απαιτήσεων πόρων, αλλά εάν αποδειχθεί μη ικανοποιητική, το MPS θα πρέπει να αλλάξει και να υποβληθεί σε επανεπεξεργασία - μια δυσκίνητη και δαπανηρή διαδικασία. Χάρη στη διαθεσιμότητα προφίλ φορτίου, ένας μεγάλος αριθμός πιθανών MPS μπορεί να δοκιμαστεί για εφαρμογή σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (Muller, 2019).

Η επιλογή ενός εφικτού MPS είναι το τελευταίο βήμα σε αυτή τη διαδικασία. Αυτό διασφαλίζει ότι το χρονοδιάγραμμα ταιριάζει κατά προσέγγιση στους περιορισμούς χωρητικότητας. Περαιτέρω προσαρμογές χωρητικότητας θα γίνουν στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού απαιτήσεων χωρητικότητας μικρής εμβέλειας, όταν οι υπερωρίες, η μεταφορά εργασίας, η υπεργολαβία κ.λ.π. θα αντισταθμίσουν τη διακύμανση του φορτίου από περίοδο σε περίοδο. Στην τυπική μεταποιητική επιχείρηση, το MPS που αποφασίζεται από τη διοίκηση αντιστοιχεί σε κάποιο συγκεκριμένο ρυθμό ή επίπεδο παραγωγής (π.χ. 60 μηχανές το μήνα, 80 οχήματα την ημέρα) στο οποίο προσανατολίζονται τότε όλες οι δραστηριότητες (Muller, 2019).

Ο σκοπός του σχεδιασμού των απαιτήσεων πόρων είναι διπτός, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Στον σύντομο ορίζοντα, είναι να διατηρείται το φορτίο εντός των ορίων της διαθέσιμης χωρητικότητας. Κατά τη διάρκεια του μακροπρόθεσμου ορίζοντα, θα βοηθήσει να αποφασιστεί ποια πρόσθετη χωρητικότητα, εάν υπάρχει, θα πρέπει να προστεθεί και πότε.

### **3.5. Κλείσιμο του Κύκλου**

Κατά τη διαχείριση του MPS και τη χρήση του για τη διαχείριση αποθεμάτων και παραγωγής, πρέπει πάντα να τηρείται ο εξής βασικός κανόνας (Proud, 2012):

Το MPS πρέπει να αντικατοπτρίζει τις πραγματικές δυνατότητες παραγωγής και όχι απλώς τις επιθυμίες που ενδεχομένως είχε η διοίκηση στο παρελθόν ή εκείνες που θα επιθυμούσε να εκπληρώσει στο μέλλον (Proud, 2012).

Αυτός ο κανόνας, ο οποίος ορίζει ότι το MPS πρέπει να είναι ρεαλιστικό, εξακολουθεί να παραβιάζεται συχνά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, στο παρελθόν - πριν από τους υπολογιστές και πριν από το MRP - ο ρεαλισμός του MPS δεν μπορούσε να ελεγχθεί εύκολα. Το χρονοδιάγραμμα απλώς τέθηκε ως ένας στόχος που όλοι στο εργοστάσιο προσπαθούσαν να εκπληρώσουν. Η πίεση που άσκησε το MPS για να «βγάλει το προϊόν από την πόρτα», διατηρώντας τον κατασκευαστικό οργανισμό υπό πίεση και εκτός ισορροπίας, θεωρήθηκε από ως ωφέλιμη από τη διοίκηση, και συχνά εξακολουθεί να εφαρμόζεται. Αυτή η προσέγγιση στη διαχείριση της παραγωγής ακολουθεί αυτό που ένα παλιό μηχανουργείο αποκαλεί «ωμή βία και άγνοια». Στη συνέχεια, το MPS λειτουργεί σαν ένας εγκέφαλος που μπορεί να μεταδώσει εντολές δράσης σε μέλη που διαθέτουν μυϊκό εξοπλισμό, αλλά στερείται ανατροφοδότησης. Αυτό οδηγεί τον οργανισμό στο να λειτουργεί στα τυφλά, καθώς δεν είναι ευαίσθητο στα εμπόδια. Αυτή η προσέγγιση, φυσικά, είναι αναποτελεσματική και δαπανηρή. Σήμερα είναι επίσης περιττή (Muller, 2019).

### **Το σχέδιο και η πραγματικότητα**

Η σχέση μεταξύ του MPS (το γενικό σχέδιο) και των διάφορων στοιχείων της εκτέλεσής του είναι πλέον ορατή και ακριβής, χάρη στο σύγχρονο σύστημα MRP. Ένα τέτοιο σύστημα μετατρέπει το γενικό σχέδιο σε ένα λεπτομερές σχέδιο εκτέλεσης και βοηθά στη σωστή παρακολούθηση της προόδου της εκτέλεσης. Η σύνδεση μεταξύ του σχεδίου, της εκτέλεσης και της προόδου της εκτέλεσης μπορεί τώρα να διατηρηθεί και η σχέση αυτή είναι ορατή ανά πάσα στιγμή. Αυτό σημαίνει ότι έχει γίνει επιθυμητό και εφικτό να κλείσει ο βρόγχος, κάτι που δεν ήταν ποτέ πρακτικό στο παρελθόν. Η κατάσταση στον πραγματικό κόσμο των προμηθειών και της ανθρώπινης κατασκευής μπορεί και πρέπει να ανατροφοδοτηθεί στο γενικό σχέδιο, ώστε να αντικατοπτρίζει καλύτερα την πραγματική κατάσταση και να λειτουργεί αποτελεσματικά (Muller, 2019).

Σε ένα περιβάλλον παραγωγής, οι περισσότερες δυσκολίες και προβλήματα προκαλούνται είτε από εμπόδια που προκύπτουν κατά την εκτέλεση των εργασιών προμήθειας και κατασκευής είτε από το ίδιο το MPS. Για να λειτουργεί σωστά το συνολικό σύστημα εφοδιαστικής παραγωγής, το MPS πρέπει να είναι ρεαλιστικό με τρεις τρόπους. Πρώτον, πρέπει να προσδιορίζει αυτό που πραγματικά μπορεί να παραχθεί, βάσει της διαθεσιμότητας πόρων και των συνθηκών παραγωγής. Δεύτερον, πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις πραγματικές δυσκολίες και εμπόδια που ενδέχεται να προκύψουν κατά την εκτέλεση των εργασιών. Τρίτον, πρέπει να ανταποκρίνεται στη διαθεσιμότητα των πόρων, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπινων, υλικών και άλλων πόρων, προκειμένου να διασφαλίσει ότι το σύστημα λειτουργεί αποτελεσματικά (Muller, 2019).

Κάθε ένα από αυτά είναι εξίσου σημαντικό στη λειτουργία του συστήματος παραγωγής. Η έλλειψη κρίσιμου υλικού, χρόνου παράδοσης ή χωρητικότητας μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην παραγωγή. Εάν το MPS επιμένει σε παραγωγή που δεν μπορεί να υλοποιηθεί λόγω αυτών των ελλείψεων, το σύστημα MRP μπορεί να αποτύχει στον προγραμματισμό των προτεραιοτήτων, οδηγώντας σε κατάρρευση του συστήματος προτεραιότητας καταστήματος. Στη συνέχεια, ο κατασκευαστικός οργανισμός επανέρχεται στη μορφή: εγκατάσταση, αποθέματα, ελλείψεις συναρμολόγησης, καυτές λίστες, επιτάχυνση, σύγχυση και αύξηση του κόστους παραγωγής. Το άτυπο σύστημα αναλαμβάνει να αντιμετωπίσει αυτές τις καταστάσεις, διότι το επίσημο σύστημα, μέρος του οποίου είναι το MPS, δεν εκτελεί τον ρόλο του όπως θα έπρεπε (Muller, 2019).

Σε ένα εργοστάσιο παραγωγής, πιθανώς το πιο συχνό πρόβλημα που συναντάται/αντιμετωπίζεται είναι η δυσκολία ή η αδυναμία εκπλήρωσης του μηνιαίου προγράμματος αποστολών (προϋπολογισμός αποστολής) που προκαλείται από αδυναμία ολοκλήρωσης της τελικής συναρμολόγησης λόγω έλλειψης εξαρτημάτων. Αυτό το πρόβλημα είναι πολύ ορατό, αλλά δεν είναι πρωτογενούς χαρακτήρα. Μάλλον, είναι σύμπτωμα μιας ποικιλίας συγκεκριμένων προβλημάτων σε προηγούμενα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτά μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Προβλήματα στον προγραμματισμό αποθεμάτων
- Προβλήματα στις προμήθειες
- Τα προβλήματα στην κατασκευή

Τα προβλήματα προγραμματισμού αποθεμάτων μπορούν να προκύψουν είτε λόγω έλλειψης κάλυψης των καθαρών απαιτήσεων, είτε λόγω έλλειψης αρκετού χρόνου για την παράδοση των καθαρών απαιτήσεων. Τα προβλήματα στις προμήθειες μπορεί να περιλαμβάνουν καθυστερημένες παραδόσεις, απορρίψεις αποστολών από τον πωλητή λόγω ποιότητας, και την αδυναμία (συνήθως προσωρινή) του πωλητή να παράγει και να παραδώσει. Τα προβλήματα κατασκευής μπορεί να περιλαμβάνουν παραγγελίες σε καθυστέρηση, δυσκολία (συνήθως προσωρινή) στην προόδου της κατασκευής λόγω έλλειψης εργαλείων, μηχανημάτων, ή άλλων εγκαταστάσεων, καθώς και υπερφορτώσεις. Κάθε ένα από αυτά τα είδη προβλημάτων επηρεάζει την ακεραιότητα των προτεραιοτήτων του καταστήματος, και αυτό είναι κρίσιμο για την αποτελεσματική και ομαλή λειτουργία μιας εγκατάστασης (Silver, 1981).

Όπως επισημάνθηκε προηγουμένως, ο στόχος στη διαχείριση των αποθεμάτων και της παραγωγής μέσω του MPS είναι να δημιουργηθεί και να διατηρηθεί μια ρεαλιστική σχέση μεταξύ του σχεδίου και της εκτέλεσης. Κάθε φορά που αναπτύσσεται διαφορά μεταξύ αυτού που ζητά το MPS και της πιθανότητας να μπορέσει να το κάνει, θα πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια συμφιλίωσης. Το πρώτο βήμα θα πρέπει πάντα να είναι να καθοριστεί ποια, εάν υπάρχει, έκτακτη ενέργεια μπορεί να γίνει για την επίλυση του προβλήματος σε επίπεδο εκτέλεσης, έτσι ώστε το MPS να παραμείνει ανέπαφο. Αυτή η ενέργεια μπορεί να περιλαμβάνει υπεργολαβίες, την αύξηση των ωρών εργασίας του προσωπικού ή την επιτάχυνση της καταχώρησης της παραγγελίας κ.λ.π. (Melnyk & Piper, 1981).

Μια εντελώς διαφορετική περίπτωση είναι η κατάσταση όπου κάποιο μέρος του MPS δεν μπορεί, και στην πραγματικότητα δεν θα εκπληρωθεί. Εδώ, το χρονοδιάγραμμα πρέπει να αλλάξει αμέσως για να παραμείνει ρεαλιστικό. Σε αυτό το σημείο, το ερώτημα είναι ακριβώς τι πρέπει να αλλάξει στο MPS και πώς. Η απάντηση μπορεί να εξακριβωθεί με ακρίβεια μέσω του συστήματος MRP. Η ικανότητα προσαρμοσμένων απαιτήσεων επιτρέπει την ανίχνευση οποιουδήποτε από τα συγκεκριμένα προβλήματα που μόλις απαριθμήθηκαν και σχετίζονται με το MPS.

Ορισμένα προβλήματα ενδέχεται να επιλυθούν κάτω από το επίπεδο MPS με την αναθεώρηση των δεδομένων προγραμματισμένης παραγγελίας στις εγγραφές αποθέματος γονικών αντικειμένων (Kruse & Kruse, 1995) (Krupp, 1993, Kashkoush & EIMaraghy, 2016).

### **Επαναφορά του χρονοδιαγράμματος σε έγκυρη κατάσταση**

Η επίδραση οποιουδήποτε από τα προβλήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, είτε προκαλείται από το ίδιο το MPS είτε από απρόβλεπτες εξελίξεις στη διαδικασία παραγωγής, αντικατοπτρίζεται και μπορεί να εντοπιστεί μέσω των αρχείων απογραφής σε χρονική φάση. Σε ένα περιβάλλον MRP, αυτές οι εγγραφές παρέχουν τις πληροφορίες που ενεργοποιούν όλες τις δραστηριότητες προμήθειας και κατασκευής και τα εμπόδια που συναντώνται κατά τη διάρκεια αυτής της δραστηριότητας μπορούν να συσχετιστούν με τις αντίστοιχες εγγραφές, όπως και τα προβλήματα διαχείρισης αποθεμάτων. Από το εν λόγω αρχείο, οι συνδεδεμένες απαιτήσεις παρέχουν το ίχνος στο MPS. Αυτό απεικονίζεται στην Εικόνα 13 (Kashkoush & EIMaraghy, 2016).

Τα προβλήματα που προκαλούνται από το ίδιο το MPS (σε αντίθεση με τα προβλήματα που προκαλούνται από την κακή απόδοση στην τήρηση αυτού του χρονοδιαγράμματος) είναι αποτέλεσμα υπερεκτίμησης του χρονοδιαγράμματος. Το τελευταίο μπορεί να υπερεκτιμηθεί στο σύνολό του (υπερβαίνοντας τη συνολική χωρητικότητα σε κάθε περίοδο), μπορεί να υπερεκτιμηθεί μόνο σε ορισμένες περιόδους ή μπορεί να υπερεκτιμηθεί ως προς τις συγκεκριμένες χωρητικότητες σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Kashkoush & EIMaraghy, 2016).

Η Εικόνα 14 δείχνει ένα MPS που είναι προφανώς υπερεκτιμημένο στην πρώτη περίοδο, όταν έχουν προγραμματιστεί 6.000 μονάδες, σε σύγκριση με έναν μέσο όρο 3.000 σε επόμενες περιόδους. Ένας δείκτης δυναμικότητας είναι η προηγούμενη παραγωγή, η οποία επίσης ανέρχεται κατά μέσο όρο σε 3.000 ανά περίοδο. Το φαινόμενο των μη υπερεκτιμημένων τρεχουσών περιόδων είναι αρκετά συνηθισμένο στις μεταποιητικές εταιρείες. Μερικές φορές η πρώτη περίοδος φέρει φορτίο ίσο με τη χωρητικότητα πολλών περιόδων (Kashkoush & EIMaraghy, 2016).

End Item	6-Months Average Production per Period	Period			
		1	2	3	4
A	100	180	100	90	100
B	200	480	200	160	180
Total	3000	6000	3000	3100	2900

**Εικόνα 14: Ένα MPS υπερεκτιμημένο στην πρώτη περίοδο (Kashkoush & EIMaraghy, 2016)**

Ένας άλλος τρόπος υπερεκτίμησης του MPS είναι να φέρετε ένα καθυστερημένο χρονοδιάγραμμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15. Εδώ, το ανεκτέλεστο ανέρχεται σε 4.500 μονάδες, που ισοδυναμεί με το 150 τοις εκατό της χωρητικότητας ανά περίοδο. Επιπλέον, εκχωρείται πλήρες φορτίο στην πρώτη περίοδο. Προφανώς το εργοστάσιο υποτίθεται ότι θα επανέλθει στο χρονοδιάγραμμα - παράγοντας το 250 τοις εκατό της παραγωγικής του ικανότητας την τρέχουσα περίοδο. Αυτό το παράδειγμα απεικονίζει μια κατάσταση που είναι ακόμη πιο συνηθισμένη από την προηγούμενη - επικρατεί η συνήθεια να μεταφέρετε κουβάδες πίσω από το πρόγραμμα στο MPS. Στην πραγματικότητα, φυσικά, τίποτα δεν μπορεί να παραχθεί χθες, μόνο σήμερα και αύριο. Το MPS θα πρέπει να αντικατοπτρίζει αυτήν την πραγματικότητα. Η στήλη πίσω από το πρόγραμμα είναι καλύτερα να καταργηθεί εκτός εάν ληφθεί μέριμνα ώστε το σύνολο των καθυστερήσεων και της πρώτης περιόδου να μην υπερβαίνει τη χωρητικότητα για μία περίοδο (Kashkoush & EIMaraghy, 2016).

End Item	6-Months Average Production per Period	Behind Schedule	Period		
			1	2	3
A	100	150	100	100	90
B	200	180	240	200	160
Total	3000	4500	2900	3000	3100

**Εικόνα 15: Ένα MPS υπερεκτιμημένο στο ανεκτέλεστο (Kashkoush & EIMaraghy, 2016)**

Και τα δύο παραδείγματα αντιπροσωπεύουν μια κατάφωρη υπερεκτίμηση του MPS, η οποία είναι καταστροφική για το σύστημα προτεραιότητας καταστημάτων. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι περισσότερες παραγγελίες είναι αναμφίβολα καθυστερημένες και οι περισσότερες εργασίες σε εξέλιξη έχουν καθυστερήσει και φέρουν την ένδειξη "Rush". Οι λίστες επιτάχυνσης είναι μεγάλες και γι' αυτό υπάρχει μια ειδική λίστα επιτάχυνσης στη λίστα επιτάχυνσης. Το απόθεμα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας είναι υπερβολικό. Το κόστος παραγωγής είναι υψηλό. Παρόλο που η εταιρεία έχει τη δυνατότητα να σχεδιάζει προτεραιότητες (υποτίθεται ένα σύστημα MRP), το επίσημο σύστημα προτεραιότητας έχει καταρρεύσει, αν κάποιος το πήρε ποτέ στα σοβαρά εξαρχής. Όταν λοιπόν όλα έχουν υψηλή προτεραιότητα, τίποτα δεν έχει υψηλή προτεραιότητα (Amaranti et al., 2020).

Ανισότητες μεταξύ του MPS και της πραγματικότητας της παραγωγής θα προκύψουν ακόμη και όταν το χρονοδιάγραμμα δεν είναι υπερεκτιμημένο. Αυτό συμβαίνει λόγω διάφορων απρογραμμάτιστων γεγονότων που μπορεί να επηρεάσουν την τυπική κατασκευαστική λειτουργία. Οι καθυστερήσεις στην πρόοδο των εργασιών λόγω της κατάστασης των εργαλείων και των μηχανημάτων δεν είναι ασυνήθιστες. Ούτε είναι μια προσωρινή έλλειψη επαρκούς ειδικής χωρητικότητας. Ούτε σκραπ, ούτε έλλειψη υλικού. Επίσης, μπορεί να υπάρχουν προβλήματα ποιότητας, καθυστερήσεις στις παραδόσεις από τους πωλητές, απώλεια αποστολών interplant κατά τη μεταφορά και άλλα παρόμοια θέματα. Κανένα σύστημα δεν μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση τέτοιων εμποδίων, αλλά μπορούν και πρέπει να προσαρμοστούν και να αντισταθμιστούν (Amaranti et al., 2020).

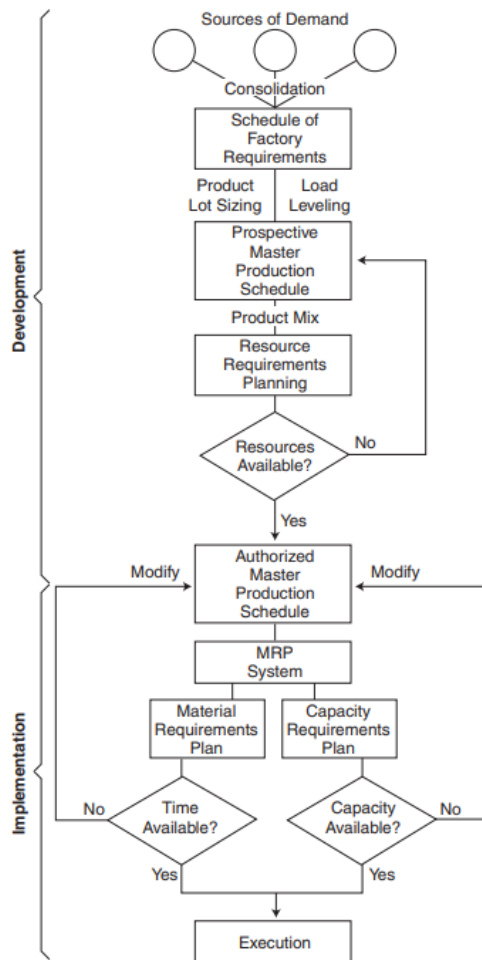
Με τη βοήθεια ενός συστήματος MRP, η διαδικασία είναι απλή. Κάθε φορά που εμφανίζεται μία από τις αναφερόμενες δυσκολίες και γίνεται σαφές ότι μια εργασία, συνήθως μια ανοιχτή παραγγελία, δεν θα ολοκληρωθεί όπως είχε προγραμματιστεί, το σύστημα εντοπίζει αυτό το πρόβλημα στο MPS (υποθέτοντας ότι το πρόβλημα δεν μπορεί να διορθωθεί με τη δέσμευση και την σταθερή προγραμματισμένη παραγγελία σε ενδιάμεσο επίπεδο μητρικής). Στη συνέχεια, το χρονοδιάγραμμα αναθεωρείται και ενημερώνεται για να καθοριστούν ενημερωμένες απαιτήσεις και προτεραιότητες. Σημειώστε ότι δεν αρκεί απλώς να επαναπρογραμματίσετε την εν λόγω παραγγελία λόγω εξαρτώμενων προτεραιοτήτων (Amaranti et al., 2020).

Η αποτυχία επανευθυγράμμισης εξαρτώμενων προτεραιοτήτων αποτελεί τον πιο συνηθισμένο λόγο για τον οποίο το προσωπικό του καταστήματος θεωρεί ένα επίσημο σύστημα προτεραιότητας αναξιόπιστο και μπορεί να αποφασίσει να το αγνοήσει. Εάν, για οποιονδήποτε λόγο, ένα δεδομένο στοιχείο συστατικού δεν θα είναι διαθέσιμο τη στιγμή της ανάγκης, η πραγματική σχετική προτεραιότητα της συνιστώσας του είναι, στην πραγματικότητα, χαμηλότερη από ό,τι θα ήταν διαφορετικά. Η προτεραιότητα αυτών των παραγγελιών εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του συγκεκριμένου είδους, και εάν το επίσημο σύστημα προτεραιότητας το αγνοήσει αυτό, χάνει την αξιοπιστία στα μάτια του προσωπικού του καταστήματος. Πάντα το ανακαλύπτουν. Εάν αυτοί οι άνθρωποι δεν μπορούν να εργαστούν σύμφωνα με τις επίσημες προτεραιότητες και είναι ικανοποιημένοι ότι εργάζονται στις σωστές δουλειές τη σωστή στιγμή, το σύστημα προτεραιότητας πρέπει να θεωρείται σε κατάσταση κατάρρευσης. Η έγκαιρη παράδοση στον πελάτη θα υποφέρει ακόμη και όταν η εταιρεία έχει επαρκή χωρητικότητα. Οι πελάτες στη συνέχεια θα πάνε αλλού (Hastings et al, 1982).



Η διατήρηση του MPS σε αρμονία με την πραγματικότητα της παραγωγής είναι ένα κλασικό πρόβλημα της διαχείρισης της παραγωγής. Με παλαιότερες συμβατικές μεθόδους, είναι δύσκολο ή αδύνατο να προσδιοριστεί η συγκεκριμένη παρτίδα τελικού προϊόντος (ή πολλές παρτίδες που χρησιμοποιούν ένα κοινό στοιχείο) που συνδέεται με κάποια μικρή καταστροφή στον χώρο του καταστήματος ή στην αποβάθρα παραλαβής. Με το MRP, όλα τα εργαλεία είναι εκεί (Hastings et al, 1982).

Η προσέγγιση κλειστού βρόγχου που κατέστη δυνατή από τις δυνατότητες ενός συστήματος MRP ισχύει εξίσου για την ανάπτυξη MPS (που εξετάζεται στη συζήτηση σχετικά με τον προγραμματισμό απαιτήσεων πόρων νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο) και για την υλοποίηση MPS. Αυτό απεικονίζεται στην Εικόνα 16, ένα λογικό διάγραμμα των διαδικασιών που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο μέχρι στιγμής (Hastings et al, 1982).



**Εικόνα 16: Ανάπτυξη και εφαρμογή MPS (Kashkoush & EIMaraghy, 2016)**

## Αλλαγή χρονοδιαγράμματος για λόγους μάρκετινγκ

Οι αλλαγές στο MPS που συζητήθηκαν μέχρι στιγμής σχετίζονται με προβλήματα παραγωγής (μπορεί να επηρεάσουν την ποσότητα ή το χρονοδιάγραμμα της παραγωγής). Αλλαγές θα γίνουν όμως και για λόγους μάρκετινγκ. Είναι σύνηθες φαινόμενο ένας διευθυντής μάρκετινγκ να ζητά και η διοίκηση να εγκρίνει αλλαγές στο MPS ώστε να εξυπηρετήσει έναν πελάτη ή να πραγματοποιήσει μια πώληση. Τέτοιες αλλαγές απαιτούν συνήθως την αύξηση της ποσότητας ή την προώθηση του χρονισμού μιας παρτίδας τελικού είδους. Από την πλευρά της εταιρείας, αυτές είναι επιθυμητές αλλαγές, αλλά εάν γίνουν αυθαίρετα, το MPS μπορεί να γίνει ξανά μη ρεαλιστικό, με όλες τις αρνητικές συνέπειες που συζητήθηκαν προηγουμένως (Amaranti et al., 2020, Bah & Ritzman, 1984, Everdell, 1968, 1972).

Κάθε αλλαγή χρονοδιαγράμματος αυτού του τύπου, είτε απλώς προορίζεται είτε τίθεται σε εφαρμογή, αντιπροσωπεύει την επιθυμία για ευελιξία, δηλαδή ελευθερία στην αλλαγή προηγούμενων αποφάσεων. Ωστόσο, η ευελιξία περιορίζεται από την πραγματικότητα της δέσμευσης. Ένας άλλος τρόπος έκφρασης αυτού είναι να πούμε ότι οι συνέπειες (κόστος) μιας προηγούμενης απόφασης αποτελούν τα πρακτικά όρια της αλλαγής αυτής της απόφασης. Τα όρια ευελιξίας στενεύουν με την πάροδο του χρόνου, καθιστώντας λιγότερο πρακτική την πραγματοποίηση αλλαγών καθώς το τελικό στοιχείο πλησιάζει την προγραμματισμένη ημερομηνία ολοκλήρωσής του. Η πραγματικότητα της δέσμευσης λειτουργεί ως χοάνη με ολοένα και πιο στενούς τοίχους κωπηλασίας που, όσο περνούν οι καιροί, αφήνουν όλο και λιγότερο χώρο για παρέκκλιση από το αρχικό σχέδιο (Amaranti et al., 2020, Bah & Ritzman, 1984, Everdell, 1968, 1972).

Εάν, για παράδειγμα, ο χρόνος παράδοσης είναι τέσσερις μήνες, υπάρχει σημαντική διαφοράς στον αντίκτυπο και το κόστος της αλλαγής στο MPS αν συμβεί κάτι που απέχει τέσσερις μήνες από την ολοκλήρωση σε σύγκριση με κάτι που απέχει τρεις μήνες από την ολοκλήρωση. Στην πρώτη περίπτωση, οι συνέπειες της προηγούμενης απόφασης (με την τοποθέτηση της αρχικής παρτίδας τελικού στοιχείου στον αντίστοιχο κάδο MPS) είναι αμελητέες επειδή δεν έχουν ακόμη αναληφθεί απτές δεσμεύσεις. Στην τελευταία περίπτωση, μόλις ένα μήνα αργότερα, έχουν ήδη επιβαρυνθεί δαπάνες για τη διεκπεραίωση αιτήσεων και παραγγελιών, καθώς και για τις δραστηριότητες αγοράς και κατασκευής. Επιπλέον, η ενέργεια που έχει ήδη ληφθεί συνεπάγεται ένα ορισμένο ποσό δέσμευσης για επένδυση για υλικά που ενδέχεται να μην είναι δυνατή η ακύρωση (Amaranti et al., 2020, Bah & Ritzman, 1984, Everdell, 1968, 1972).

Αυτό σχετίζεται με την έννοια των σταθερών και δοκιμαστικών τμημάτων του MPS που αναφέρθηκε προηγουμένως σε αυτό το κεφάλαιο. Οι ποσότητες τελικού προϊόντος που εμφανίζονται στο σταθερό τμήμα του χρονοδιαγράμματος αντιπροσωπεύουν προϊόντα σε διάφορα στάδια δέσμευσης και αντίστοιχους βαθμούς επιδεκτικότητας σε αλλαγές. Αντίθετα, το προσωρινό τμήμα του χρονοδιαγράμματος απλώς περιέχει ένα σχέδιο για την εκτέλεση του οποίου δεν έχουν δαπανηθεί ή επενδυθεί ακόμη χρήματα ως προς τα υλικά. Το σταθερό τμήμα ενός MPS διατηρεί το ίδιο μήκος κατά μήκος της χρονικής κλίμακας με το πέρασμα του χρόνου, καλύπτοντας προοδευτικά αυτό που προηγουμένως ήταν η δοκιμαστική περιοχή (Amaranti et al., 2020, Bah & Ritzman, 1984, Everdell, 1968, 1972).

Προκειμένου να αποφευχθεί η πραγματοποίηση αλλαγών με κίνητρο το μάρκετινγκ που θα καθιστούσαν το MPS μη ρεαλιστικό, το σύστημα MRP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει η λεγόμενη δοκιμαστική εφαρμογή. Αυτό σημαίνει ότι η προβλεπόμενη αλλαγή γίνεται στο χρονοδιάγραμμα και εκρήγνυται σε λειτουργία προσομοίωσης. Ένα σύστημα MRP έχει την εγγενή ικανότητα να λειτουργεί ως προσομοιωτής, καθώς δέχεται οποιαδήποτε έκδοση ενός MPS και, επεξεργάζοντάς το, θα υποδεικνύει τις συγκεκριμένες συνέπειες - διαθεσιμότητα υλικού, ενέργεια παραγγελίας και διαθεσιμότητα χρόνου παράδοσης (Amaranti et al., 2020, Bah & Ritzman, 1984, Everdell, 1968, 1972).

Ειδικός προγραμματισμός (ή τροποποίηση του κανονικού προγράμματος) κανονικά θα χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό, αλλά ένα σύστημα MRP μπορεί πάντα να χρησιμοποιηθεί (λιγότερο αποτελεσματικά) ως προσομοιωτής χωρίς καμία τροποποίηση. Εάν οι συνέπειες μιας δοκιμαστικής προσαρμογής αποδειχθούν μη ελκυστικές, το σύστημα αποκαθίσταται στην προηγούμενη κατάστασή του απλώς με την αντιστροφή και την επανεπεξεργασία των δοκιμαστικών εγγραφών (Amaranti et al., 2020, Bah & Ritzman, 1984, Everdell, 1968, 1972).

Σε ορισμένες μεταποιητικές επιχειρήσεις όπου είναι εφικτό να αντιστοιχηθούν οι εισερχόμενες παραγγελίες πελατών με το MPS ή να ενσωματωθούν σε αυτό, η δοκιμαστική τοποθέτηση μπορεί να είναι μια τακτική διαδικασία. Στη συνέχεια, μια δοκιμαστική αναφορά υποδεικνύει ποιες παραγγελίες μπορούν να γίνουν δεκτές με το αίτημα του πελάτη για την ημερομηνία παράδοσης και ποιες παραγγελίες θα πρέπει να επαναδιαπραγματευθούν για μεταγενέστερη παράδοση για συγκεκριμένο αριθμό περιόδων. Το σύστημα MRP το καθορίζει με βάση τη διαθεσιμότητα των υλικών των εξαρτημάτων και τον χρόνο παράδοσης (Amaranti et al., 2020, Bah & Ritzman, 1984, Everdell, 1968, 1972).

### **Ο κύριος προγραμματιστής**

Ένα MPS, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, μπορεί να έχει δύο επίπεδα, το χαμηλότερο, πιο λεπτομερές από τα οποία χρησιμεύει ως είσοδος στο σύστημα MRP. Με την εμφάνιση ενός τέτοιου συστήματος, η θέση του κύριου προγραμματιστή στο τμήμα παραγωγής και ελέγχου αποθεμάτων αποκτά ιδιαίτερη σημασία (Proud, 2012).

Ο κύριος προγραμματιστής (και το προσωπικό του/της, εάν υπάρχει) είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία και τη συντήρηση του MPS κατώτερου επιπέδου. Αυτός ή αυτή μετατρέπει μοντέλα προϊόντων σε συγκεκριμένους αριθμούς BOM τελικού είδους, διαιρεί μηνιαίες σε εβδομαδιαίες ποσότητες και προβλέπει επιλογές προϊόντων που δεν καθορίζονται στο MPS (ανώτερου επιπέδου) ή δεν προβλέπονται από το μάρκετινγκ. Παρακολουθεί τη χρήση του αποθέματος ασφαλείας που παρέχεται σε επίπεδο MPS, λαμβάνει υπόψη τις διαφορές μεταξύ των ποσοτήτων τελικών ειδών που παράγονται μέσω του MPS και εκείνων που καταναλώνονται από το τελικό πρόγραμμα συναρμολόγησης και γενικά διατηρεί το MPS ενημερωμένο και έγκυρο (Proud, 2012).

Μια σημαντική λειτουργία του κύριου χρονοπρογραμματιστή είναι να αξιολογεί προβλήματα ακεραιότητας προτεραιότητας, όπως περιγράφηκε προηγουμένως, τα οποία φέρονται στην αντίληψή του από υπεύθυνους σχεδίου απογραφής που έχουν εντοπίσει ένα πρόβλημα στο MPS μέσω δεσμευμένων απαιτήσεων. Αυτός ή αυτή καθορίζει ποια παρτίδα τελικού στοιχείου πρέπει να αλλάξει και πώς, και υποβάλλει μια σύσταση στη διοίκηση να εγκριθεί μια τέτοια αλλαγή. Η θέση του κύριου χρονοπρογραμματιστή μπορεί να είναι νέα, που απαιτείται από την εισαγωγή του MRP. Αποτελεί έναν οργανωτικό σύνδεσμο ζωτικής σημασίας για το κλείσιμο του βρόγχου στο σύστημα σχεδιασμού logistics (Proud, 2012).

### **3.6. Διοικητικές και Οργανωτικές Πτυχές**

Το MPS (ή χρονοδιαγράμματα, εάν υπάρχουν περισσότερες από μία εγκαταστάσεις) τεκμηριώνει το συνολικό πρόγραμμα παραγωγής μιας εταιρείας. Η ανάπτυξη και η διαχείριση ενός τέτοιου προγράμματος, που θεωρείται ευρεία λειτουργία, θα πρέπει να είναι κοινή ευθύνη και των τεσσάρων βασικών λειτουργικών τμημάτων μιας μεταποιητικής επιχείρησης, δηλαδή του μάρκετινγκ, της κατασκευής, των χρηματοοικονομικών και της μηχανικής. Τα τρία πρώτα από αυτά εμπλέκονται σε συνεχή βάση, ενώ η μηχανική μπαίνει στην εικόνα περιστασιακά, όταν ο επανασχεδιασμός ή η εισαγωγή νέων προϊόντων επηρεάζει το πρόγραμμα παραγωγής (Proud, 2012).

#### **Ανάθεση Αρμοδιοτήτων**

Οι γενικές ευθύνες, σε σχέση με το πρόγραμμα παραγωγής, των τριών τμημάτων που εμπλέκονται συνεχώς μπορούν να καθοριστούν ως εξής (Proud, 2012):

##### **Μάρκετινγκ:**

- Η ευθύνη για την πρόβλεψη της ζήτησης των πελατών αφορά βασικά την απάντηση στο ερώτημα τι μπορεί να πωληθεί και πότε
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ευθύνη για τον έλεγχο του αποθέματος τελικών προϊόντων περιλαμβάνει τις μονάδες, το μείγμα μοντέλων και την τοποθεσία αποθήκευσης. Σε άλλες περιπτώσεις, αυτή η ευθύνη ενδέχεται να διατηρείται από την κατασκευή ή να ανατίθεται σε έναν εξειδικευμένο οργανισμό που είναι υπεύθυνος για τη διανομή.

##### **Οικονομικά:**

- Η ευθύνη για τη χρηματοδότηση και τον έλεγχο απογραφή τελικών αγαθών ως προς τις συνολικές επενδύσεις, πιστώσεις και απαιτήσεις αφορά την διαχείριση των οικονομικών πτυχών του προγράμματος παραγωγής.
- Η ευθύνη για τη χρηματοδότηση του προγράμματος παραγωγής αφορά τον τρόπο με τον οποίο το πρόγραμμα παραγωγής χρηματοδοτείται και πώς διαχειρίζονται οι χρηματικοί πόροι που απαιτούνται για την εκτέλεσή του.

##### **Κατασκευή:**

- Η ευθύνη για την ανάπτυξη των MPS εντός των περιορισμών που καθορίστηκαν από τις προηγούμενες λειτουργικές περιοχές (μάρκετινγκ, χρηματοοικονομική διαχείριση)
- Η ευθύνη για την απόδοση των MPS αναφέρεται στον ρόλο που έχει να διασφαλίσει ότι τα MPS εκτελούνται με τρόπο που ανταποκρίνεται στις προκαθορισμένες προδιαγραφές και περιορισμούς που καθορίστηκαν από τις προηγούμενες λειτουργικές περιοχές.

Ενώ τα οικονομικά ασχολούνται με τις γενικές πτυχές της λειτουργίας του και αντιμετωπίζουν τα οικονομικά θέματα σε νομισματικές μονάδες στο πλαίσιο των δημοσιονομικών περιόδων, το μάρκετινγκ και η κατασκευή αντιμετωπίζουν πιο συγκεκριμένες πτυχές. Πρέπει να ασχοληθούν με την παραγωγή και την και την πώληση σε όρους συγκεκριμένων μονάδων προϊόντων και να αντιμετωπίσουν τα καθημερινά προβλήματα που προκύπτουν στη διάρκεια της παραγωγής και της πώλησης. Από τη στιγμή που έχουν καθοριστεί τα γενικά σχέδια για τον όγκο των πωλήσεων, την υποστήριξη της παραγωγής και τη συνολική χρηματοδότηση, η ευθύνη για τη διαχείριση και την εκτέλεσή τους ανήκει στο μάρκετινγκ και την κατασκευή. Για να επιτύχει αυτή η λειτουργία, είναι απαραίτητο να καθοριστούν σωστά ο τρόπος συνεργασίας μεταξύ αυτών των δύο τμημάτων και να καθοριστούν οι ειδικές τους αρμοδιότητες σε τρεις κύριους τομείς (Proud, 2012):

1. Πρόβλεψη έναντι προγραμματισμού
2. Διαχείριση αποθεμάτων εξαρτημάτων έναντι αποθεμάτων τελικού προϊόντος
3. Χρήση συστατικών υλικών για προαιρετικά χαρακτηριστικά του προϊόντος

Η πρόβλεψη της ζήτησης είναι σαφώς ευθύνη του μάρκετινγκ, ενώ το χρονοδιάγραμμα της παραγωγής εξαρτάται (ή θα έπρεπε να είναι) μέχρι την κατασκευή. Μια πρόβλεψη και ένα MPS είναι δύο διαφορετικά πράγματα, αλλά στην πράξη, μερικές φορές συγχέονται στο ότι σε ορισμένους τύπους μεταποιητικών επιχειρήσεων επιτρέπεται η ακατέργαστη πρόβλεψη να λειτουργεί ως MPS αγνοώντας τους λόγους παραγωγής. Σε άλλους τύπους μεταποιητικών επιχειρήσεων, οι στόχοι μάρκετινγκ και όχι η πρόβλεψη της ζήτησης αντικατοπτρίζονται στη σύνθεση του MPS. Οι προηγούμενες παρατηρήσεις αφορούν επίσης αυτούς τους στόχους (Proud, 2012).

Η εξουσιοδότηση για τον καθορισμό και την αλλαγή των περιεχομένων του MPS μερικές φορές εκχωρείται ακατάλληλα ή, ίσως ακόμη πιο τυπικά, παραμένει ακατάλληλη. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το μάρκετινγκ τείνει να επηρεάζει και να αλλάζει άμεσα τα υπάρχοντα MPS, δημιουργώντας πιθανώς έναν αριθμό ανεπιθύμητων συνεπειών στην παραγωγή. Η αρχή του διαχωρισμού της πρόβλεψης από τον προγραμματισμό της παραγωγής σημαίνει ότι το μόνο πράγμα που έχει αλλάξει ποτέ από το μάρκετινγκ θα πρέπει να είναι η πρόβλεψη ή κάποια άλλη έκφραση των απαιτήσεων μάρκετινγκ. Μια τέτοια αλλαγή δεν χρειάζεται απαραίτητα να οδηγήσει πάντα σε αλλαγή προγράμματος (Proud, 2012).

Τα αποθέματα αντιπροσωπεύουν έναν άλλο τομέα ευθύνης που σε πολλές επιχειρήσεις μπορεί να χωριστεί μεταξύ του μάρκετινγκ (ή ενός οργανισμού διανομής) και της κατασκευής. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η κατασκευή ασκεί έλεγχο και είναι υπεύθυνη για τα αποθέματα των εγκαταστάσεων των πρώτων υλών, των εργασιών υπό επεξεργασία και των τελικών εξαρτημάτων που μεταφέρονται για την υποστήριξη των τρεχόντων MPS. Το μάρκετινγκ, από την άλλη πλευρά, αναλαμβάνει την ευθύνη τόσο για τα χωράφια όσο και για τα φυτικά αποθέματα του τελικού προϊόντος (Proud, 2012).

Η ευθύνη για τα υλικά εξαρτημάτων των προαιρετικών χαρακτηριστικών του προϊόντος συχνά μπορεί να κατανεμηθεί μεταξύ της εμπορίας και της κατασκευής. Κατά τον επιμερισμό αυτής της ευθύνης, η διοίκηση προσπαθεί να εφαρμόσει τον κανόνα ότι όποιος είναι σε καλύτερη θέση να προσδιορίσει τις ποσότητες υλικών που θα παραγγελθούν για ένα δεδομένο προαιρετικό χαρακτηριστικό θα πρέπει να αναλάβει την ευθύνη για αυτό. Για να προσδιοριστούν ο τρόπος ανάθεσης αυτής της ευθύνης, οι επιλογές για κάθε προϊόν ταξινομούνται σύμφωνα με το σχετικό βάρος τους, δηλαδή το ποσοστό του συνολικού κόστους του προϊόντος (Proud, 2012).

Οι επιλογές που αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μέρος του συνολικού κόστους προϊόντος προβλέπονται στη συνέχεια μέσω του μάρκετινγκ. Το υπόλοιπο, από την κατασκευή. Το μάρκετινγκ είναι στην καλύτερη θέση για να εκτιμήσει την τάση της μελλοντικής ζήτησης για κύριες επιλογές, ενώ η μεταποίηση έχει συνήθως καλύτερα ιστορικά στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη χρήση μιας σειράς δευτερευουσών επιλογών (Proud, 2012).

Το σύστημα logistics που χρειάζεται μια κατασκευαστική εταιρεία για να ρυθμίσει τη ροή των υλικών σε ολόκληρο τον κύκλο από τον πωλητή έως το απόθεμα τελικών προϊόντων στον πελάτη πρέπει να ενεργεί για να συντονίζει τις δραστηριότητες πολλών λειτουργικών τμημάτων της εταιρείας. Το MPS, το οποίο «οδηγεί» ολόκληρο το σύστημα, χρησιμεύει ως βάση για την επίλυση των αναπόφευκτων συγκρούσεων μεταξύ των λειτουργικών τμημάτων και αντιπροσωπεύει μια σύμβαση μεταξύ τους.

Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα διάφορα βήματα που εμπλέκονται στην ανάπτυξη και την ολοκλήρωση ενός MPS, που εξετάστηκαν νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο, πραγματοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις από μια κύρια επιτροπή προγραμματισμού ή μια ιεραρχία επιτροπών που αποτελείται από εκπροσώπους του ενδιαφερόμενου κλάδου μάρκετινγκ, κατασκευής, και χρηματοοικονομικούς οργανισμούς. Η δημιουργία ενός MPS είναι πολύ σημαντική και κρίσιμη λειτουργία για να ανατεθεί σε οποιοδήποτε λειτουργικό τμήμα της εταιρείας (Proud, 2012).

### **Διοίκηση και το ΠΜΣ**

Κατά καιρούς, έχει προταθεί πως η προετοιμασία και η συντήρησή του MPS θα μπορούσε να αυτοματοποιηθεί και να τεθεί υπό πλήρη έλεγχο υπολογιστή. Αυτό οραματίζεται ως επέκταση της διαδικασίας αυτοματοποίησης συστημάτων και διαδικασιών στον τομέα της εφοδιαστικής βιομηχανίας. Όπου ισχύει η στατιστική πρόβλεψη της ζήτησης, οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες πρόβλεψης θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε ένα πρόγραμμα δημιουργίας MPS, συμπεριλαμβανομένης της προετοιμασίας του χρονοδιαγράμματος των εργοστασιακών απαιτήσεων, του συμψηφισμού, του μεγέθους της παρτίδας προϊόντων κ.λ.π.. Η λογική των διαδικασιών μπορεί να καθοριστεί με σαφήνεια και όλα τα απαιτούμενα δεδομένα είναι διαθέσιμα (Proud, 2012).

Αυτή η ιδέα πρέπει να απορριφθεί. Όλα τα απαιτούμενα δεδομένα, στην πραγματικότητα, δεν είναι διαθέσιμα. Οι πληροφορίες για μια πλειάδα εξωγενών παραγόντων, την τρέχουσα πολιτική της εταιρείας και την έμπειρη κρίση των διευθυντικών στελεχών - όλες αυτές σχετίζονται με το περιεχόμενο ενός MPS - δεν μπορούν να συλληφθούν από ένα σύστημα υπολογιστή. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η διοίκηση θα πρέπει να συμμετέχει στη δημιουργία και τη συντήρηση του MPS σε κάθε βήμα (Proud, 2012).

Το MPS αντιπροσωπεύει το συνολικό σχέδιο παραγωγής στο οποίο είναι προσανατολισμένος όλος ο μετέπειτα λεπτομερής σχεδιασμός. Δράση διαχείρισης αποθέματος, δράση προμήθειας και δράση παραγωγής - όλα αυτά υπαγορεύονται άμεσα ή έμμεσα από το περιεχόμενο του MPS. Η ανάπτυξη και η διατήρηση του καλύτερου δυνατού MPS είναι η προϋπόθεση από την οποία εξαρτάται η επιτυχία του συστήματος εφοδιαστικής παραγωγής. Αυτό, όπως φαίνεται, θα είναι πάντα πολύ σημαντικό για να ανατεθεί σε ένα πρόγραμμα υπολογιστή.

Το MPS αντιπροσωπεύει το κύριο σημείο εισόδου της διοίκησης στο συνολικό σύστημα. Μέσω αυτού του χρονοδιαγράμματος η διοίκηση παρέχει (ή μπορεί να παράσχει) κατεύθυνση, ενεργοποιεί αλλαγές στην παραγωγή, ασκεί έλεγχο στις επενδύσεις αποθεμάτων και ρυθμίζει τις δραστηριότητες παραγωγής και προμηθειών. Όπως έχει προηγουμένως επισημανθεί, δεδομένων των σωστά εφαρμοσμένων και ορθά χρησιμοποιούμενων συστημάτων για τον προγραμματισμό και την εκτέλεση, το MPS είναι ουσιαστικά ο μόνος καθοριστικός παράγοντας για το τι θα συμβεί στους τομείς της χωρητικότητας, της παραγωγής και των υπηρεσιών παράδοσης προς τους πελάτες. Οι αναπόφευκτες συνέπειες απορρέουν από ένα MPS, επειδή στην πραγματικότητα περιέχει μέσα του τα σενάρια που θα γίνουν αργότερα. Η διοίκηση έχει την ευκαιρία και την ευθύνη να τα διαχειριστεί όλα αυτά μέσω του MPS (Proud, 2012).

Σε συνδυασμό με ένα σύγχρονο σύστημα MRP, το MPS αποτελεί ένα νέο εργαλείο για την επίλυση πολλών προβλημάτων που παραδοσιακά έπρεπε να περνούν χωρίς επίβλεψη σε μια κατασκευαστική λειτουργία. Για να επωφεληθείτε από αυτό το εργαλείο, είναι σημαντικό να κατανοήσετε τη σχέση μεταξύ των συντελεστών παραγωγής, ιδιαίτερα των ανοικτών παραγγελιών, και του MPS και την επιθυμητή ικανότητα διατήρησης μιας αντιστοιχίας μεταξύ αυτού του χρονοδιαγράμματος και της πραγματικότητας του χώρου παραγωγής. Το κλειδί σε αυτό είναι η προθυμία της διοίκησης να αλλάξει το MPS.

Αυτό απαιτεί απόκλιση από την παραδοσιακή άποψη ότι το MPS αντιπροσωπεύει έναν στόχο που δεν υπόκειται σε αλλαγές και έναν στόχο που, αν είναι κάπως υπερβολικά φιλόδοξος, ενεργεί για να ωθήσει το εργοστάσιο σε μεγαλύτερες προσπάθειες. Στη σύγχρονη άποψη, ένα MPS θα πρέπει να αντιπροσωπεύει έναν εφικτό στόχο που υπόκειται σε συνεχή αναθεώρηση και προσαρμογή. Το MPS δεν πρέπει πλέον να θεωρείται ιερό έγγραφο. Αντίθετα, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένα ευέλικτο, ζωντανό σχέδιο, προσαρμοσμένο στις πραγματικές εξελίξεις. Ακόμη και με την παρουσία ενός συστήματος MRP, ο σχεδιασμός απογραφής, προτεραιότητας και χωρητικότητας θα ακυρωθεί έναντι ενός άκαμπτου MPS.

Αυτή είναι μια νέα κατάσταση, που προέκυψε ως συνέπεια της εφαρμογής των αρχών και των τεχνικών του MRP σε χρονική φάση. Απαιτεί έναν νέο τρόπο εξέτασης των πραγμάτων σε ένα επιχειρηματικό περιβάλλον ανδρικής κατασκευής. Η διοίκηση έχει λάβει ένα νέο, ισχυρό εργαλείο και θα πρέπει να ανταποκριθεί στην ευθύνη της για τη σωστή χρήση του. Η διοίκηση είναι υπεύθυνη για τη διατήρηση ενός έγκυρου, ρεαλιστικού και ενημερωμένου MPS. Οι αλλαγές, οι προσθήκες και οι προσαρμογές σε αυτό το χρονοδιάγραμμα θα πρέπει να αντιμετωπίζονται λόγω της επίδρασής τους στην επένδυση αποθεμάτων, στο κόστος κατασκευής και στην υπηρεσία παράδοσης στους πελάτες (Proud, 2012).

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> - Συμπεράσματα

Η αμυντική βιομηχανία αποτελεί έναν εξαιρετικά πολύπλοκο και κρίσιμο τομέα που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη, παραγωγή και συντήρηση στρατιωτικού εξοπλισμού, συστημάτων και τεχνολογιών. Η αποτελεσματική διαχείριση των πόρων και ιδιαίτερα των υλικών, είναι υψίστης σημασίας σε αυτή την βιομηχανία λόγω του υψηλού κινδύνου που σχετίζεται με τις στρατιωτικές εφαρμογές και της ανάγκης για ακρίβεια και αξιοπιστία. Ο Σχεδιασμός Υλικών Απαιτήσεων (MRP) διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην υποστήριξη των αμυντικών οργανισμών προκειμένου να επιτύχουν αποτελεσματικά τους στόχους τους. Η παρούσα εργασία διερευνά τη σημασία του Σχεδιασμού Απαιτήσεων Υλικών στην αμυντική βιομηχανία, εξετάζοντας τα οφέλη, τις πιθανές εφαρμογές, τις προκλήσεις και τον πιθανό ρόλο του στη διαμόρφωση του μέλλοντος των αμυντικών επιχειρήσεων.

Κατά γενικότερο τρόπο, τα βασικά οφέλη από την χρήση του MRP στην αμυντική βιομηχανία είναι τα κάτωθι:

**Διασφάλιση έγκαιρης διαθεσιμότητας κρίσιμων στοιχείων.** Στην αμυντική βιομηχανία, η διαθεσιμότητα κρίσιμων εξαρτημάτων και ανταλλακτικών είναι ζωτικής σημασίας για την επιχειρησιακή ετοιμότητα του στρατιωτικού εξοπλισμού. Η καθυστερημένη ή ανεπαρκής διαθεσιμότητα βασικών υλικών μπορεί να επηρεάσει την ετοιμότητα της αποστολής και να θέσει σε κίνδυνο την εθνική ασφάλεια. Το MRP δίνει τη δυνατότητα στους αμυντικούς οργανισμούς να σχεδιάζουν και να διαχειρίζονται την προμήθεια και την παραγωγή κρίσιμων εξαρτημάτων, διασφαλίζοντας ότι είναι διαθέσιμα όταν χρειάζεται, μειώνοντας το χρόνο διακοπής λειτουργίας και βελτιώνοντας τη συνολική επιχειρησιακή απόδοση.

**Εξορθολογισμός σύνθετων αλυσίδων εφοδιασμού.** Η αμυντική βιομηχανία περιλαμβάνει σύνθετες αλυσίδες εφοδιασμού με πολλαπλά επίπεδα προμηθευτών και εργολάβων. Ο συντονισμός και ο συγχρονισμός αυτών των αλυσίδων εφοδιασμού είναι κρίσιμοι για την αποφυγή σημείων συμφόρησης, την ελαχιστοποίηση των χρόνων παράδοσης και τη βελτιστοποίηση των επιπέδων αποθέματος. Το MRP παρέχει μια συστηματική προσέγγιση για τη διαχείριση αυτών των περίπλοκων αλυσίδων εφοδιασμού, βοηθώντας τους αμυντικούς οργανισμούς να αποκτήσουν καλύτερη ορατότητα, να μετριάσουν τους κινδύνους και να ενισχύσουν τη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων.

**Διαχείριση αποθέματος και έλεγχος κόστους.** Η διαχείριση αποθεμάτων είναι μια προκλητική πτυχή των αμυντικών επιχειρήσεων λόγω του μεγάλου κύκλου ζωής και της περιορισμένης ζήτησης για συγκεκριμένο στρατιωτικό εξοπλισμό και εξαρτήματα. Η διατήρηση μιας ισορροπίας μεταξύ της ύπαρξης επαρκούς αποθέματος για την αντιμετώπιση απρόβλεπτων καταστάσεων και της αποφυγής υπερβολικών αποθεμάτων είναι ζωτικής σημασίας. Το MRP βοηθά τους αμυντικούς οργανισμούς να επιτύχουν βέλτιστα επίπεδα αποθεμάτων, μειώνοντας έτσι το κόστος μεταφοράς και αποτρέποντας ελλείψεις ή υπερβολές που θα μπορούσαν να επιβαρύνουν τους προϋπολογισμούς.



**Υποστηρικτικά χρονοδιαγράμματα σύνθετης παραγωγής.** Η αμυντική βιομηχανία συχνά αντιμετωπίζει πολύπλοκα χρονοδιαγράμματα παραγωγής λόγω της ποικιλίας των προϊόντων και των εξειδικευμένων απαιτήσεών τους. Το MRP βοηθά στη δημιουργία λεπτομερών σχεδίων παραγωγής με βάση τις προβλέψεις ζήτησης, τη διαθεσιμότητα πόρων και τους περιορισμούς χωρητικότητας. Διασφαλίζει ότι οι παραγωγικές δραστηριότητες είναι καλά συντονισμένες, συμβάλλοντας στην τήρηση αυστηρών προθεσμιών και διασφαλίζοντας την έγκαιρη παράδοση βασικού στρατιωτικού εξοπλισμού.

**Ενίσχυση της συνεργασίας με τους προμηθευτές.** Ένα ισχυρό σύστημα MRP διευκολύνει την επικοινωνία και τη συνεργασία με τους προμηθευτές, ενισχύοντας ισχυρότερες συνεργασίες και ενθαρρύνοντας μια πιο ολοκληρωμένη αλυσίδα εφοδιασμού. Η διαφανής και ακριβής ανταλλαγή πληροφοριών επιτρέπει στους προμηθευτές να ευθυγραμμίσουν τα χρονοδιαγράμματα παραγωγής τους με τις απαιτήσεις του αμυντικού οργανισμού, μειώνοντας τους χρόνους παράδοσης και αυξάνοντας την ανταπόκριση στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις.

**Ενεργοποίηση λήψης αποφάσεων βάσει δεδομένων.** Στην αμυντική βιομηχανία, οι αποφάσεις πρέπει να βασίζονται σε αξιόπιστα δεδομένα και ακριβείς πληροφορίες. Τα συστήματα MRP παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις απαιτήσεις υλικών, την κατάσταση παραγωγής και τα επίπεδα αποθέματος. Αυτή η προσέγγιση βάσει δεδομένων εξουσιοδοτεί τους λήπτες αποφάσεων με τις απαραίτητες πληροφορίες για να ανταποκρίνονται γρήγορα στις αλλαγές, να κάνουν συνειδητές επιλογές και να κατανέμουν αποτελεσματικά τους πόρους.

**Βελτίωση της ετοιμότητας και της επιτυχίας της αποστολής.** Η βασική αποστολή της αμυντικής βιομηχανίας είναι η διαφύλαξη της εθνικής ασφάλειας και η προστασία των πολιτών. Η ικανότητα του MRP να βελτιστοποιεί τη διαθεσιμότητα υλικών, να εξορθολογίζει τις διαδικασίες παραγωγής και να μειώνει το χρόνο διακοπής λειτουργίας συμβάλλει στην ενίσχυση της επιχειρησιακής ετοιμότητας. Με το MRP, οι αμυντικοί οργανισμοί μπορούν να αυξήσουν το ποσοστό επιτυχίας των αποστολών και να ανταποκριθούν αποτελεσματικά σε απρόβλεπτα γεγονότα.

**Αποφυγή των κινδύνων της εφοδιαστικής αλυσίδας.** Η αμυντική βιομηχανία δεν είναι απρόσβλητη από διαταραχές της εφοδιαστικής αλυσίδας που προκαλούνται από παράγοντες όπως οι γεωπολιτικές εντάσεις, οι φυσικές καταστροφές ή η τεχνολογική απαξίωση. Το MRP βοηθά στον μετριασμό του κινδύνου παρέχοντας εργαλεία για τον εντοπισμό τρωτών σημείων στην αλυσίδα εφοδιασμού, την ανάπτυξη σχεδίων έκτακτης ανάγκης και τη διαφοροποίηση των προμηθευτών για τη μείωση της εξάρτησης από μεμονωμένες πηγές.

**Συμμόρφωση και ιχνηλασιμότητα.** Η αμυντική βιομηχανία υπόκειται σε αυστηρούς κανονισμούς, συμπεριλαμβανομένων των ελέγχων των εξαγωγών και των απαιτήσεων συμμόρφωσης. Τα συστήματα MRP μπορούν να βοηθήσουν στη διασφάλιση της συμμόρφωσης διατηρώντας ακριβή αρχεία, παρέχοντας ιχνηλασιμότητα υλικών και εξαρτημάτων και διευκολύνοντας τις διαδρομές ελέγχου.

Αντίστοιχα, οι προκλήσεις της εφαρμογής του MRP στην αμυντική βιομηχανία, συνίστανται στις κάτωθι:

**Ανησυχίες για την ασφάλεια.** Η αμυντική βιομηχανία χειρίζεται ευαίσθητες και διαβαθμισμένες πληροφορίες. Η εφαρμογή συστημάτων MRP πρέπει να διασφαλίζει ισχυρά μέτρα κυβερνοασφάλειας για την προστασία κρίσιμων δεδομένων από απειλές στον κυβερνοχώρο και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

**Μεγάλοι χρόνοι παράδοσης προμηθειών.** Ο αμυντικός εξοπλισμός συχνά περιλαμβάνει πολύπλοκα και εξειδικευμένα εξαρτήματα, που οδηγούν σε μεγάλους χρόνους παράδοσης προμηθειών. Τα συστήματα MRP πρέπει να λαμβάνουν υπόψη αυτά τα εκτεταμένα χρονοδιαγράμματα για να αποφευχθούν καθυστερήσεις στην παραγωγή.

**Ενοποίηση με συστήματα παλαιού τύπου.** Πολλοί αμυντικοί οργανισμοί εξακολουθούν να βασίζονται σε παλαιού τύπου συστήματα για ορισμένες λειτουργίες. Η ενσωμάτωση του MRP με τα υπάρχοντα συστήματα μπορεί να είναι πολύπλοκη και μπορεί να απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και προσαρμογή.

**Επεκτασιμότητα.** Η αμυντική βιομηχανία ενδέχεται να αντιμετωπίσει διακυμάνσεις στη ζήτηση λόγω γεωπολιτικών γεγονότων ή αλλαγών στους κρατικούς προϋπολογισμούς. Τα συστήματα MRP πρέπει να έχουν την δυνατότητα επέκτασης για να χειρίζονται τις διακυμάνσεις στις απαιτήσεις παραγωγής.

**Εκπαίδευση και υιοθέτηση εργατικού δυναμικού.** Η εκπαίδευση του προσωπικού για την αποτελεσματική χρήση των συστημάτων MRP και η απόκτηση συμμετοχής μπορεί να είναι πρόκληση, καθώς μπορεί να υπάρχει αντίσταση στην αλλαγή και απροθυμία για υιοθέτηση νέων τεχνολογιών.

Ωστόσο, το μέλλον της αξιοποίησης του MRP στην αμυντική βιομηχανία παρέχει πολλές θετικές υποσχέσεις, όπως:

**Προηγμένη ενσωμάτωση αναλυτικών στοιχείων και τεχνητής νοημοσύνης.** Τα συστήματα MRP θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την προηγμένη ενσωμάτωση αναλυτικών στοιχείων και τεχνητής νοημοσύνης για τη βελτίωση της ακρίβειας πρόβλεψης ζήτησης, τη βελτιστοποίηση των χρονοδιαγραμμάτων παραγωγής και τον προληπτικό εντοπισμό πιθανών σημείων συμφόρησης.

**Ενσωμάτωση Additive Manufacturing (3D Printing).** Το MRP μπορεί να ενσωματώσει δυνατότητες κατασκευής πρόσθετων για την παραγωγή ορισμένων εξαρτημάτων επιτόπου, μειώνοντας τους χρόνους παράδοσης και την πολυπλοκότητα της εφοδιαστικής.

**Internet of Things (IoT) για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο.** Οι συσκευές IoT θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε συστήματα MRP για να παρέχουν παρακολούθηση αλλά και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των επιπέδων αποθέματος και της κατάστασης του εξοπλισμού.

**Digital Twins για υπολογιστικές προσομιώσεις.** Η ψηφιακή δίδυμη τεχνολογία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία εικονικών αντιγράφων αμυντικού εξοπλισμού, επιτρέποντας την προσομοίωση και τη δοκιμή διαφορετικών σεναρίων πριν από την πραγματική παραγωγή.

**Ενισχυμένη ανθεκτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας.** Τα συστήματα MRP μπορεί να επικεντρωθούν στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω προγνωστικών αναλύσεων, μοντελοποίησης κινδύνου και σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης.



## Βιβλιογραφία

- Amaranti, R., Muhammad, C. R., & Septandri, M. V. (2020, April). Determining the changes in the Master Production Schedule (MPS) at the company with Make to Stock (MTS) and Make to Order (MTO) strategies. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 830, No. 4, p. 042003). IOP Publishing.
- Bahl, H. C., & Ritzman, L. P. (1984). An integrated model for master scheduling, lot sizing and capacity requirements planning. *Journal of the Operational Research Society*, 35(5), 389-399.
- Bose, D. C. (2006). *Inventory management*. PHI Learning Pvt. Ltd..
- Everdell, R. (1968). Time phasing: The most potent tool yet for slashing inventories. *Modern materials handling*, 23, 53-59.
- Everdell, R. (1972). Master Scheduling: Its New Importance in the Management of Materials. *Modern Materials Handling*.
- Harhen, J. (1988). MRP/MRP II. *Computer-Aided Production Management*, 23-35.
- Hartley, K., & Sandler, T. (Eds.). (1995). *Handbook of Defense Economics: Defense in a globalized world*. Elsevier.
- Hastings, N. A., Marshall, P., & Willis, R. J. (1982). Schedule based MRP: An integrated approach to production scheduling and material requirements planning. *Journal of the Operational Research Society*, 33(11), 1021-1029.
- Kashkoush, M., & ElMaraghy, H. (2016). Product family formation by matching Bill-of-Materials trees. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 12, 1-13.
- Krupp, J. A. (1993). Structuring bills of material for automotive remanufacturing. *Production and Inventory Management Journal*, 34(4), 46.
- Kruse, C. A., & Kruse, G. D. (1995). The master schedule and learning: Improving the quality of education. *Nassp Bulletin*, 79(571), 1-8.
- Mabert, V. A. (2007). The early road to material requirements planning. *Journal of operations management*, 25(2), 346-356
- Melnyk, S. A., & Piper, C. J. (1981). Implementation of material requirements planning: safety lead times. *International Journal of Operations & Production Management*, 2(1), 52-61.
- Muller, M. (2019). *Essentials of inventory management*. HarperCollins Leadership
- Orlicky, J. A. (1973). Net change material requirements planning. *IBM Systems Journal*, 12(1), 2-29.
- Orlicky, J. A., Plossl, G. W., & Wight, O. W. (2003). Structuring the Bill of Material for MRP. *Operations management: critical perspectives on business and management*, 58-81.

- Ormsby, J. G., Ormsby, S. Y., & Ruthstrom, C. R. (1990). MRP-II implementation: a case study. *Production and Inventory Management Journal*, 31(4), 77.
- Ould-Louly, M. A., & Dolgui, A. (2000). The MPS planning under lead time uncertainty. In *Proceeding of the Workshop on Production Planning and Control* (pp. 148-155).
- Ou-Yang, C., & Liu, H. C. (2001). Developing a computer-aided environment to investigate the influences of design schedule changes on material requirement planning. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17, 11-26.
- Plossl, G. W., & Wight, O. W. (1970, October). Designing and Implementing a Material Requirements Planning System. In *APICS Thirteenth Annual International Conference Proceedings*.
- Proud, J. F. (2012). *Master scheduling: A practical guide to competitive manufacturing* (Vol. 16). John Wiley & Sons.
- Ptak, C. A. (1991). MRP, MRP II, OPT, JIT, and CIM-succession, evolution, or necessary combination. *Production and Inventory Management Journal*, 32(2), 7.
- Ptak, C., & Smith, C. (2011). *Orlicky's material requirements planning*. McGraw-Hill Education.
- Ram, B., Naghshineh-Pour, M. R., & Yu, X. (2006). Material requirements planning with flexible bills-of-material. *International journal of production research*, 44(2), 399-415.
- Sandler, T., & Hartley, K. (1995). *The economics of defense*. Cambridge Books.
- Silver, E. A. (1981). Operations research in inventory management: A review and critique. *Operations Research*, 29(4), 628-645.
- Stapic, Z., Orehovacki, T., & Lovrencic, A. (2009, June). In search of an improved BOM and MRP algorithm. In *Proceedings of the ITI 2009 31st International Conference on Information Technology Interfaces* (pp. 665-670). IEEE.
- Techawiboonwong, A., Yenradee, P., & Das, S. K. (2006). A master scheduling model with skilled and unskilled temporary workers. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 798-809.
- Thomas E., Vollmann, William L., Berry, & Whybark, D. C. (1997). *Manufacturing planning and control systems*. Irwin/McGraw-Hill.
- Toomey, J. (1996). *MRP II: planning for manufacturing excellence*. Springer Science & Business Media.
- Toomey, J. W. (2000). *Inventory management: principles, concepts and techniques* (Vol. 12). Springer Science & Business Media.
- Velasco Acosta, A. P., Mascle, C., & Baptiste, P. (2020). Applicability of Demand-Driven MRP in a complex manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 58(14), 4233-4245.

Wacker, J. G., & Miller, M. (2000). Configure-to-order planning bills of material: simplifying a complex product structure for manufacturing planning and control. *Production and inventory management journal*, 41(2), 21.

Watts, B. D. (2008). *The US defense industrial base: Past, present and future*. Washington, DC: Center for Strategic and Budgetary Assessments.

Wight, O. W. (1971). Time Phasing, *Modern Materials Handling*, 36, 25-41.

Wong, C. M., & Kleiner, B. H. (2001). Fundamentals of material requirements planning. *Management Research News*, 24(3/4), 9-12.