

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΤΑΚΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Περιεχόμενα

8.1. Εισαγωγή	2
8.2. Συγκεντρωτικός Προγραμματισμός Παραγωγής	5
8.3. Κύριος Προγραμματισμός Παραγωγής.....	11
8.4. Ο Προγραμματισμός Απαιτήσεων σε Υλικά.....	14
8.4.1 Γενικά.....	14
8.4.2 Διάγραμμα Ροής Πληροφοριών για Λειτουργία Συστήματος MRP	16
8.4.3 Πίνακας Υλικών (BOM).....	17
8.4.4 Αρχείο κατάστασης αποθεμάτων	19
8.4.5 Μεθοδολογία και Εφαρμογή MRP	20
8.4.6 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα MRP	27
8.5. Προγραμματισμός Πόρων Παραγωγής.....	29
8.6. Ερωτήσεις	30
8.7. Παραδείγματα	31

8.1. Εισαγωγή

Μία από τις πιο σημαντικές διαστάσεις που χρησιμοποιούνται για την τμηματοποίηση ενός συστήματος Προγραμματισμού και Ελέγχου Παραγωγής είναι ο χρόνος. Η κύρια αιτία είναι το γεγονός πως ο τρόπος λήψης μιας απόφασης από ένα τέτοιο σύστημα, εξαρτάται σημαντικά από τη διάρκεια του χρόνου μέσα στον οποίο οι συνέπειες της απόφασης αυτής παραμένουν αισθητές. Για παράδειγμα, η απόφαση για την κατασκευή ενός νέου εργοστασίου θα επηρεάσει μια εταιρεία για χρόνια. Αντίθετα, η επίδραση της απόφασης για την επιλογή μιας παραγγελίας ως επόμενης προς κατεργασία σε έναν σταθμό εργασίας, συνήθως χάνεται μετά από μερικές ώρες, ή ακόμα και λεπτά.

Οι αποφάσεις των οποίων η επίδραση παραμένει αισθητή για χρόνια, χαρακτηρίζονται στρατηγικές. Τέτοιες αποφάσεις αφορούν τις στρατηγικές marketing, τον σχεδιασμό νέων προϊόντων, την επιλογή προμηθευτών ή την επιλογή των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν στην παραγωγική διαδικασία.

Οι αποφάσεις των οποίων η επίδραση παραμένει αισθητή για εβδομάδες ή μήνες, χαρακτηρίζονται τακτικές. Τέτοιες αποφάσεις αφορούν τον προγραμματισμό της παραγωγής (*production planning*), την προληπτική συντήρηση του εξοπλισμού ή τον τρόπο προώθησης των προϊόντων.

Τέλος, οι αποφάσεις των οποίων η επίδραση παραμένει αισθητή για ώρες ή μέρες, χαρακτηρίζονται αποφάσεις ελέγχου. Τέτοιες αποφάσεις σχετίζονται με τον έλεγχο της ροής των υλικών μέσα στην παραγωγή (*material flow control*) ή τον χρονοπρογραμματισμό της παραγωγής (*production scheduling*).

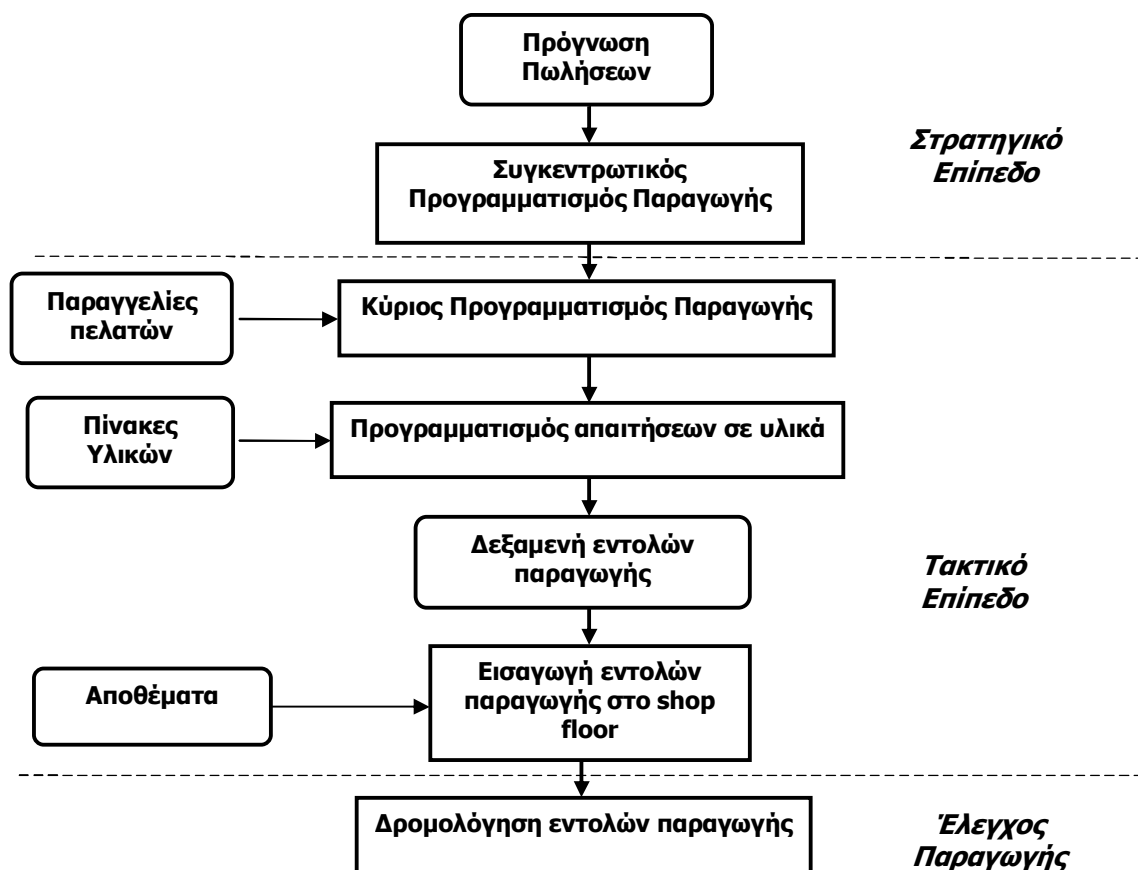
Από την παραπάνω κατηγοριοποίηση, προκύπτει η ανάγκη της χρήσης διαφορετικού μήκους περιόδων προγραμματισμού (*planning horizons*) κατά τη διαδικασία της λήψης αποφάσεων. Αφού, για παράδειγμα, η απόφαση για την κατασκευή ενός νέου εργοστασίου θα επηρεάσει τη λειτουργία της εταιρείας για χρόνια, θα πρέπει να προηγηθεί της απόφασης η πρόγνωση της επίδρασής της σε πολλά χρόνια από τώρα. Ως εκ τούτου, για την εν λόγω περίπτωση, η περίοδος προγραμματισμού θα πρέπει να έχει μήκος πολλών ετών. Αντίθετα, δεν χρειάζεται να δει κανείς πολύ μακριά στο μέλλον για να αξιολογήσει την απόφαση για την επόμενη παραγγελία που θα κατεργαστεί ένας σταθμός, άρα το πρόβλημα αυτό απαιτεί μια μικρού μήκους περίοδο προγραμματισμού.

Η παραπάνω διάκριση των κατηγοριών προγραμματισμού και των αποφάσεων που σχετίζονται με αυτές αποτυπώνεται στον πίνακα 8.1.

Χρονικός Ορίζοντας	Διάρκεια	Αντιπροσωπευτικές Αποφάσεις
Μακροπρόθεσμος (Στρατηγικό επίπεδο)	Έτος - Δεκαετία	Αποφάσεις χρηματοδότησης Στρατηγικές Marketing Σχεδιασμός προϊόντων Επιλογή τεχνολογίας παραγωγής Αποφάσεις για δυναμικότητα (αγορά, outsourcing, κ.λπ.) Συμφωνίες με προμηθευτές Προγράμματα εκπαίδευσης προσωπικού Πολιτικές διασφάλισης ποιότητας
Μεσοπρόθεσμος (Τακτικό Επίπεδο)	Εβδομάδα - Έτος	Προσλήψεις προσωπικού Προληπτική συντήρηση εξοπλισμού Πρώθηση πωλήσεων Προμήθειες Α' υλών
Βραχυπρόθεσμος (Επίπεδο Ελέγχου)	Ώρα - Εβδομάδα	Έλεγχος ροής υλικών Κατανομή εργασιών σε προσωπικό Έλεγχος διεργασιών Δρομολόγηση παραγγελιών / εντολών παραγωγής Έκτακτες επιδιορθώσεις βλαβών εξοπλισμού

Πίνακας 8.1 – Οι κατηγορίες αποφάσεων του Προγραμματισμού Παραγωγής

Η αλληλουχία των αποφάσεων για τον προγραμματισμό της παραγωγής, καθώς και οι διακριτές τεχνικές για την υλοποίηση των επιμέρους σταδίων αποτυπώνονται στο ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 8.1).



Σχήμα 8.1 – Τα στάδια του Προγραμματισμού Παραγωγής

Η Πρόγνωση Πωλήσεων παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 6, ενώ η Διαχείριση Αποθεμάτων παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 7.

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι τεχνικές: α) του Συγκεντρωτικού Προγραμματισμού Παραγωγής, β) του Κύριου Προγραμματισμού Παραγωγής και γ) του Προγραμματισμού Απαιτήσεων σε Υλικά.

Η είσοδος των εντολών παραγωγής στο shop floor, καθώς και η δρομολόγηση αυτών αποτελούν αντικείμενο του επόμενου κεφαλαίου (Κεφάλαιο 9).

8.2. Συγκεντρωτικός Προγραμματισμός Παραγωγής

Με δεδομένη την πρόγνωση των πωλήσεων, ο Συγκεντρωτικός Προγραμματισμός Παραγωγής (*Aggregate Production Planning*) αποσκοπεί στον προσδιορισμό των ακόλουθων στοιχείων:

- Αναμενόμενη κερδοφορία/κόστος κάλυψης της ζήτησης και βέλτιστο μίγμα προϊόντων προς παραγωγή.
- Απαιτήσεις σε προσωπικό.
- Απαιτήσεις σε Α' ύλες.
- Ελλείψεις σε δυναμικότητα και ανάγκες αγοράς εξοπλισμού ή σύναψης συμφωνιών υπεργολαβίας (*subcontracting*) με τρίτους.
- Αναμενόμενα οφέλη από ενέργειες διαχείρισης της ζήτησης για τα προϊόντα (π.χ. εκπτώσεις και τιμολογιακή πολιτική).

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι για να προσδιοριστούν τα παραπάνω, ο Συγκεντρωτικός Προγραμματισμός Παραγωγής πρέπει να ορίσει ένα **πλάνο για την παραγωγή των προϊόντων** (π.χ. πόσα και ποια προϊόντα θα παραχθούν ανά μήνα). Ωστόσο, το πλάνο αυτό δεν είναι δεσμευτικό. Όσο πιο κοντά βρεθεί το πλάνο του Συγκεντρωτικού Προγραμματισμού Παραγωγής με τις πραγματικά παραχθείσες ποσότητες, τόσο καλύτερη θα είναι η τελική επίδοση των αποφάσεων που ελήφθησαν βάσει των αποτελεσμάτων του Συγκεντρωτικού Προγραμματισμού.

Κύριο εργαλείο για την κατάστρωση και επίλυση προβλημάτων Συγκεντρωτικού Προγραμματισμού Παραγωγής αποτελεί ο Γραμμικός Προγραμματισμός, όπως φαίνεται στο ακόλουθο παράδειγμα (πρόβλημα εύρεσης βέλτιστου μίγματος προϊόντων).

Έστω παραγωγική μονάδα που παράγει 2 τύπους προϊόντων Α και Β, με τα ακόλουθα στοιχεία:

	A	B
Κόστος παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος σε κανονικό χρόνο λειτουργίας (€)	5	7
Κόστος παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος σε υπερωριακό χρόνο λειτουργίας (€)	6,5	9
Κόστος διατήρησης σε απόθεμα μιας μονάδας προϊόντος για μία περίοδο (€)	2	3
Απαιτούμενη δυναμικότητα (σε ώρες εργασίας ανά μονάδα προϊόντος)	0,75	1,5
Απαιτούμενη δυναμικότητα (σε μηχανο-ώρες)	1,5	0,8

ανά μονάδα προϊόντος)		
-----------------------	--	--

Στη μονάδα απασχολούνται 4 εργαζόμενοι, που δουλεύουν 40 ώρες ανά εβδομάδα ο καθένας. Επιπλέον, κάθε εργαζόμενος μπορεί να δουλέψει υπερωριακά για χρόνο ίσο μέχρι και το 30% του κανονικού. Υπάρχουν συνολικά 600 μηχανο-ώρες ανά μήνα και για τους 2 τύπους, ενώ σε περίπτωση υπερωριακής λειτουργίας οι ώρες μπορούν να προσ αυξηθούν κατά 25% το μέγιστο.

Η ζήτηση για το προϊόν A εκτιμάται σε 240 τεμάχια για τον πρώτο μήνα του ορίζοντα προγραμματισμού, με μηνιαίο ρυθμό αύξησης 5%. Η ζήτηση για το προϊόν B εκτιμάται σε 320 τεμάχια για τον πρώτο μήνα του ορίζοντα προγραμματισμού, με μηνιαίο ρυθμό αύξησης 10%. Η τιμή πώλησης μιας μονάδας του προϊόντος A είναι 50€, ενώ του B 70€.

Θεωρείστε ότι στην αρχή του ορίζοντα προγραμματισμού το απόθεμα έτοιμου προϊόντος τόσο για το προϊόν A όσο και για το B είναι μηδενικό.

Ερώτημα:

Υπολογίστε τις βέλτιστες ποσότητες που πρέπει να παραχθούν από τους δύο τύπους προϊόντων, για τους επόμενους 6 μήνες. Ποιο είναι το αντίστοιχο κέρδος από την παραγωγή;

Δεδομένα:

N: ο αριθμός των προϊόντων

T: ο αριθμός των διακριτών περιόδων που απαρτίζουν τον ορίζοντα προγραμματισμού

p_i : τιμή πώλησης μιας μονάδας του προϊόντος i

c_i^r : το κόστος παραγωγής μιας μονάδας του προϊόντος i στον κανονικό χρόνο λειτουργίας του εργοστασίου (χωρίς υπερωρίες)

c_i^o : το κόστος παραγωγής μιας μονάδας του προϊόντος i στον υπερωριακό χρόνο λειτουργίας του εργοστασίου

h_i : το κόστος διατήρησης σε απόθεμα μιας μονάδας του προϊόντος i για μία περίοδο

l_i : ο χρόνος ανθρώπινης εργασίας που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας του προϊόντος i

m_i : ο χρόνος λειτουργίας των μηχανημάτων που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας του προϊόντος i

L^r : ο συνολικός διαθέσιμος χρόνος ανθρώπινης εργασίας χωρίς υπερωρίες

L^o : ο συνολικός διαθέσιμος υπερωριακός χρόνος ανθρώπινης εργασίας (ως ποσοστό του συνολικού διαθέσιμου χρόνου χωρίς υπερωρίες)

M^r : ο συνολικός διαθέσιμος χρόνος λειτουργίας των μηχανημάτων χωρίς υπερωρίες

M^o : ο συνολικός διαθέσιμος υπερωριακός χρόνος λειτουργίας των μηχανημάτων (ως ποσοστό του συνολικού διαθέσιμου χρόνου χωρίς υπερωρίες)

$I_{i,0}$: το επίπεδο αποθεμάτων του προϊόντος i στην αρχή του ορίζοντα προγραμματισμού

$d_{i,t}$: η ζήτηση για το προϊόν i κατά τη χρονική περίοδο t .

Μεταβλητές απόφασης:

$X_{i,t}^r$: Η ποσότητα του προϊόντος i που θα παραχθεί στον κανονικό χρόνο λειτουργίας του εργοστασίου, τη χρονική περίοδο t .

$X_{i,t}^o$: Η ποσότητα του προϊόντος i που θα παραχθεί στον υπερωριακό χρόνο λειτουργίας του εργοστασίου, τη χρονική περίοδο t .

$S_{i,t}$: Η ποσότητα του προϊόντος i που θα πουληθεί τη χρονική περίοδο t .

$I_{i,t}$: το επίπεδο αποθεμάτων του προϊόντος i στο τέλος της χρονικής περιόδου t .

Πρόβλημα βελτιστοποίησης:

Μεγιστοποιείστε τη σχέση (καθαρό κέρδος παραγωγής):

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \left\{ p_i \cdot S_{i,t} - c_i^r \cdot X_{i,t}^r - c_i^o \cdot X_{i,t}^o - h_i \cdot I_{i,t} \right\}$$

υπό τους περιορισμούς:

$$S_{i,t} \leq d_{i,t} \quad \forall i,t$$

$$X_{i,t}^r + X_{i,t}^o + I_{i,t-1} - S_{i,t} = I_{i,t} \quad \forall i,t$$

$$\sum_{i=1}^N l_i \cdot X_{i,t}^r \leq L^r \quad \forall t$$

$$\sum_{i=1}^N l_i \cdot X_{i,t}^o \leq L^o \cdot L^r \quad \forall t$$

$$\sum_{i=1}^N m_i \cdot X_{i,t}^r \leq M^r \quad \forall t$$

$$\sum_{i=1}^N m_i \cdot X_{i,t}^o \leq M^o \cdot M^r \quad \forall t$$

$$X_{i,t}^r, X_{i,t}^o, I_{i,t}, S_{i,t} \geq 0$$

Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επιλυθεί με διάφορα εργαλεία που επιτρέπουν τη μοντελοποίηση και επίλυση προβλημάτων Γραμμικού Προγραμματισμού, όπως είναι το MS EXCEL, το GAMS κ.α.

Προκειμένου για το GAMS, ο τρόπος μοντελοποίησης του προβλήματος αποτυπώνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Sets						
i products /A, B/						
t month /1, 2, 3, 4, 5, 6/						
Parameters						
p(i) sale price of product i						
/ A = 50, B = 70 /						
cr(i) regular work cost						
/ A = 5, B = 7 /						
co(i) overtime work cost						
/ A = 6.5, B = 9 /						
h(i) inventory cost						
/ A = 2, B = 3 /						
l(i) labor work needed						
/ A = 0.75, B = 1.5 /						
m(i) machine work needed						
/ A = 1.5, B = 0.8 / ;						
Table d(i,t) product demand						
	1	2	3	4	5	6
A	240	252	265	278	292	306
B	320	352	387	426	469	515
Scalars						
Lr max regular labor work in hours /320/						
Lo max overtime labor work as percentage of regular /0.30/						
Mr max regular machine work in hours /600/						


```

Mo max overtime machine work as percentage of regular /0.25/

Variables
  Xr(i,t) quantity of product i to be produced in period t with regular work
  Xo(i,t) quantity of product i to be produced in period t with overtime work
  Inv(i,t) inventory of product i at the end of period t
  Sales(i,t) sales of product i at the end of period t
  z profits

Positive variable Xr, Xo, Inv, Sales

Equations
  profit objective function
  fsales(i,t) sales - demand balance
  inventory(i,t) inventory balance
  laborr(t) used labor in regular time
  laboro(t) used labor in overtime
  machiner(t) used machines in regular time
  machineo(t) used machines in overtime ;

profit .. z = e= sum((t,i), p(i)*Sales(i,t)-cr(i)*Xr(i,t)-co(i)*Xo(i,t)-h(i)*Inv(i,t)) ;
fsales(i,t) .. Sales(i,t) =l= d(i,t) ;
inventory(i,t) .. Xr(i,t)+ Xo(i,t)+ Inv(i,t-1)- Sales(i,t) =e= Inv(i,t) ;
laborr(t) .. sum(i, l(i)* Xr(i,t)) =l= Lr ;
laboro(t) .. sum(i, l(i)* Xo(i,t)) =l= Lr*Lo ;
machiner(t) .. sum(i, m(i)* Xr(i,t)) =l= Mr ;
machineo(t) .. sum(i, m(i)* Xo(i,t)) =l= Mr*Mo ;

Model aggregate /all/
Solve aggregate using lp maximizing z ;
Display Xr.l, Xo.l, Inv.l, Sales.l ;

```

Πίνακας 8.2 – Μοντελοποίηση προβλήματος σε GAMS

Το αποτέλεσμα της επίλυσης του προβλήματος αποτυπώνεται στον ακόλουθο πίνακα:

OBJECTIVE VALUE	126.109,50					
VARIABLE Xr: quantity of product i to be produced in period t with regular work						
	1	2	3	4	5	6
A	240.000	252.000	265.000	278.000	292.000	306.000
B	93.333	87.333	80.833	74.333	67.333	60.333
VARIABLE Xo: quantity of product i to be produced in period t with overtime work						
	1	2	3	4	5	6
B	64.000	64.000	64.000	64.000	64.000	64.000
VARIABLE Inv: inventory of product i at the end of period t (ALL 0.000)						
VARIABLE Sales: sales of product i at the end of period t						
	1	2	3	4	5	6
A	240.000	252.000	265.000	278.000	292.000	306.000
B	157.333	151.333	144.833	138.333	131.333	124.333

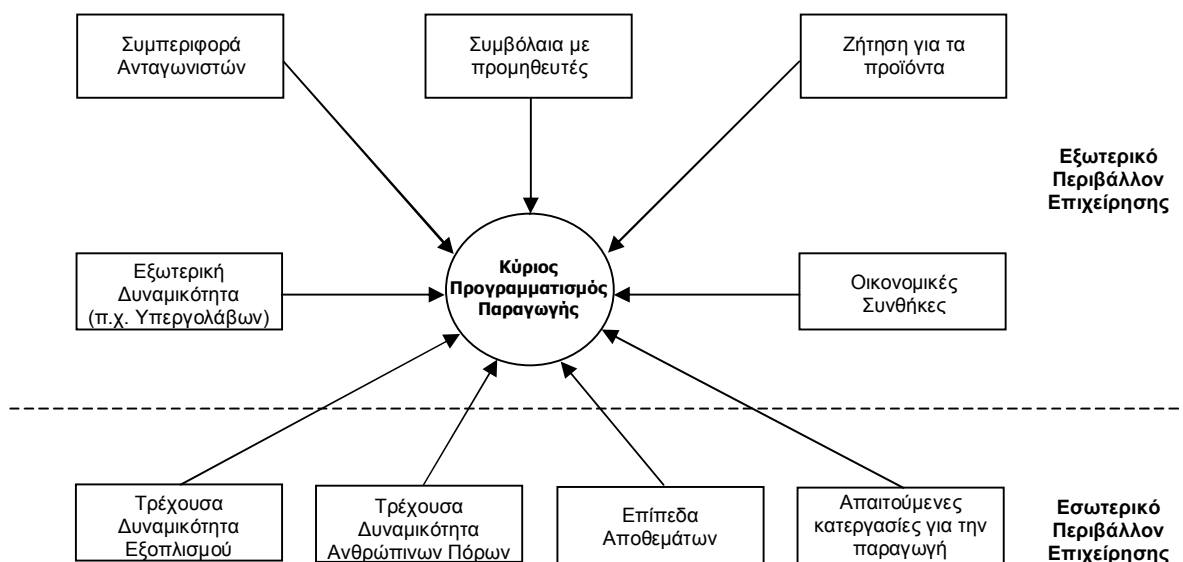
Πίνακας 8.3 – Λύση προβλήματος σε GAMS

8.3. Κύριος Προγραμματισμός Παραγωγής

Ο Κύριος Προγραμματισμός Παραγωγής (*Master Production Scheduling*) αποτελεί εξειδίκευση του Συγκεντρωτικού Προγραμματισμού και έχει ως στόχους:

- Την κατάστρωση των προγραμμάτων παραγωγής των τελικών προϊόντων ή σημαντικών τμημάτων (*modules*) αυτών.
- Τον υπολογισμό του φόρτου εργασίας των βασικών τμημάτων του εργοστασίου.
- Τον έλεγχο της εφικτότητας των υπό κατάστρωση πλάνων πωλήσεων / παραγωγής.

Τα στοιχεία που πρέπει να συνοπολογίσει ο Κύριος Προγραμματισμός Παραγωγής για την επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων αποτυπώνονται στο ακόλουθο διάγραμμα:



Σχήμα 8.2 – Οι εισοδοι του Κύριου Προγραμματισμού Παραγωγής

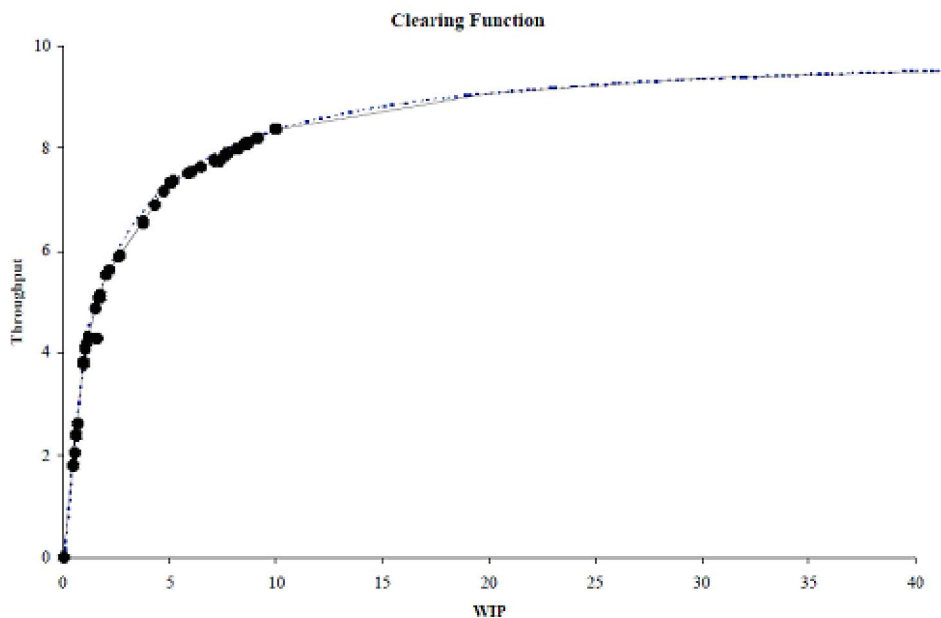
Το αποτέλεσμα του Κύριου Προγραμματισμού Παραγωγής είναι το Βασικό Πρόγραμμα Παραγωγής (*Master Production Schedule – MPS*) που προσδιορίζει: (α) τα τελικά προϊόντα που θα παραχθούν και τις αντίστοιχες ποσότητες ανά βήμα χρονικής περιόδου, (β) τη ροή των εντολών παραγωγής ανά σταθμό εργασίας και γ) το βαθμό απασχόλησης / αξιοποίησης των παραγωγικών πόρων.

Συνηθέστερα, τα βασικά προγράμματα παραγωγής καταρτίζονται για συνολικές χρονικές περιόδους που κυμαίνονται από 26 έως 104 εβδομάδες, με επανεκδόσεις και αναθεωρήσεις κάθε μία ή δύο εβδομάδες. Το χρονικό βήμα που διαιρεί τη συνολική περίοδο είναι ίσο με

το μικρότερο χρόνο που απαιτεί μια εντολή παραγωγής για να μεταβεί από έναν σταθμό εργασίας στον επόμενο.

Η κατάρτιση του Βασικού Προγράμματος Παραγωγής πραγματοποιείται με τη δημιουργία και επίλυση μοντέλων μαθηματικού προγραμματισμού που ενώ έχουν αρκετές ομοιότητες με τα αντίστοιχα του Συγκεντρωτικού Προγραμματισμού, διαφέρουν στα ακόλουθα σημαντικά σημεία:

- 1) Οι μεταβλητές απόφασης στο πρόβλημα του Κύριου Προγραμματισμού Παραγωγής αφορούν στον αριθμό των τεμαχίων που θα παραχθούν σε κάθε χρονικό βήμα από κάθε προϊόν και σε κάθε σταθμό εργασίας.
- 2) Συνυπολογίζεται ρητά η δυναμικότητα κάθε ξεχωριστού κέντρου εργασίας.
- 3) Συνυπολογίζεται η διαδρομή που θα ακολουθήσει μια εντολή παραγωγής μέσα στο shop-floor, δηλαδή η αλληλουχία των κατεργασιών και επακόλουθα η αλληλουχία των κέντρων εργασίας για την παραγωγή κάθε τύπου τελικού προϊόντος.
- 4) Συνυπολογίζεται η επίδραση του μέσου φόρτου εργασίας που περιμένει μπροστά από κάθε σταθμό (*Work in Progress – WIP*) στην παραγωγικότητά του (*throughput*) μετρούμενη σε τεμάχια ανά ώρα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση των καμπύλων που ονομάζονται στη βιβλιογραφία Καμπύλες Εκκαθάρισης (*Clearing Functions*). Μια τέτοια καμπύλη απεικονίζεται στο Σχήμα 8.3.



Σχήμα 8.3 – Καμπύλη Εκκαθάρισης

Πηγή: Jakob Asmundsson, 2004, *Tractable Nonlinear Capacity Models for Production Planning*

Η Καμπύλη Εκκαθάρισης ενός συστήματος μπορεί να προσδιοριστεί με 3 εναλλακτικούς τρόπους:

- Δοκιμές διαφορετικών παραμετροποιήσεων στο πραγματικό σύστημα παραγωγής.
- Επίλυση ενός μαθηματικού μοντέλου του πραγματικού συστήματος παραγωγής χρησιμοποιώντας τη θεωρία των Ουρών Αναμονής (*Processing Networks Analysis*).
- Δοκιμές διαφορετικών παραμετροποιήσεων σε ένα μοντέλο προσομοίωσης του πραγματικού συστήματος παραγωγής. Υπάρχουν εξειδικευμένα πακέτα λογισμικού που επιτρέπουν την προσομοίωση σε Η/Υ πραγματικών συστημάτων, όπως ενδεικτικά τα Arena, Extend, ProModel κ.α.

8.4. Ο Προγραμματισμός Απαιτήσεων σε Υλικά

8.4.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται ο προγραμματισμός απαιτήσεων σε υλικά (*Material Requirements Planning - MRP*). Η μέθοδος αυτή αφορά στη διαχείριση των πρώτων υλών, εξαρτημάτων και ημιετοιμών υλικών που αποτελούν τμήματα των τελικών προϊόντων ενός παραγωγικού συστήματος. Ο προγραμματισμός απαιτήσεων σε υλικά είναι ένα σύστημα ελέγχου ροής που διασφαλίζει ότι οι πρώτες ύλες και τα εξαρτήματα του τελικού προϊόντος είναι διαθέσιμα την περίοδο κατά την οποία απαιτούνται.

Τα τελικά προϊόντα χαρακτηρίζονται από **ανεξάρτητη** ζήτηση, δηλαδή ζήτηση που δεν επηρεάζεται από τις αποφάσεις της διοίκησης της παραγωγής αλλά προκύπτει απευθείας από την αγορά στην οποία δραστηριοποιείται μια παραγωγική επιχείρηση. Στην περίπτωση αυτή, η ζήτηση είναι τυχαία και συνεχής. Καθορίζεται από τους πελάτες της επιχείρησης, που τοποθετούν παραγγελίες με ρυθμό, του οποίου η πρόβλεψη μπορεί να στηριχθεί είτε στην ανάλυση της αγοράς είτε σε δεδομένα ζήτησης του παρελθόντος. Οι τεχνικές διαχείρισης των αποθεμάτων των τελικών προϊόντων παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 7 του παρόντος βιβλίου.

Αντίθετα, τα ημιέτοιμα υλικά και οι πρώτες ύλες χαρακτηρίζονται από **εξαρτημένη** ζήτηση, δηλαδή ζήτηση που εξαρτάται από το πρόγραμμα παραγωγής που εφαρμόζεται για την κάλυψη της ζήτησης των τελικών προϊόντων. Η εξαρτημένη ζήτηση είναι εσωτερική, προέρχεται δηλαδή από το ίδιο το σύστημα, και είναι ασυνεχής. Τα υλικά που την αφορούν είναι απαραίτητα για την εκτέλεση του προγράμματος παραγωγής και είτε παραγγέλλονται σε εξωτερικούς προμηθευτές είτε κατασκευάζονται από το ίδιο το παραγωγικό σύστημα. Το MRP αποτελεί τεχνική διαχείρισης και προγραμματισμού της εξαρτημένης ζήτησης.

Στόχος ενός συστήματος MRP είναι να διασφαλίσει τη διαθεσιμότητα των υλικών, εξαρτημάτων και προϊόντων, να διατηρήσει το χαμηλότερο δυνατό επίπεδο αποθέματος και να προγραμματίσει τις δραστηριότητες της παραγωγής, τα χρονοδιαγράμματα αποστολών και τις διαδικασίες προμηθειών. Ειδικότερα, ο προγραμματισμός απαιτήσεων σε υλικά επιχειρεί να απαντήσει στα ερωτήματα: α) ποιες πρώτες ύλες απαιτούνται, β) πότε απαιτούνται, γ) σε ποια ποσότητα απαιτούνται και δ) πότε πρέπει να γίνει η παραγγελία τους ή η παραγωγή τους.

Εάν χρησιμοποιηθεί σωστά, ο προγραμματισμός απαιτήσεων σε υλικά μπορεί να χρησιμεύσει τόσο ως μέθοδος επικοινωνίας όσο και ως εργαλείο σχεδιασμού, επιτρέποντας στα εμπλεκόμενα τμήματα της επιχείρησης να λειτουργούν στο πλαίσιο ενός κοινού, ενιαίου σχεδίου.

Το MRP χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε συστήματα παραγωγής job-shop. Σε αυτά τα συστήματα, τα οποία θα αναλυθούν διεξοδικότερα σε επόμενα κεφάλαια, κάθε πελάτης αναθέτει στην επιχείρηση την παραγωγή ενός αριθμού προϊόντων, των οποίων οι προδιαγραφές έχουν καθοριστεί από τον ίδιο ή σε συνεργασία με την επιχείρηση. Το παραγωγικό σύστημα της επιχείρησης διαθέτει έναν αριθμό μηχανών, στις οποίες ανατίθεται η εκτέλεση των παραγγελιών.

Στον πίνακα 8.4, παρουσιάζονται διάφορα παραδείγματα τέτοιων επιχειρήσεων κάνοντας παράλληλα μία κρίση για το κατά πόσο ένα MRP σύστημα θα προσδώσει οφέλη με την εφαρμογή του. Στον πίνακα περιλαμβάνονται και επιχειρήσεις με παραγωγή ροής (εκτός από job-shop), οι οποίες όμως περιορίζονται σε αυτές που εναλλάσσουν το τελικό τους προϊόν χωρίς να ακολουθούν δηλαδή μεθόδους συνεχούς ροής (flow-shop).

Όπως φαίνεται, το MRP είναι περισσότερο χρήσιμο σε επιχειρήσεις που εμπλέκονται σε συναρμολόγηση τελικών προϊόντων από τα εξαρτήματά τους και λιγότερο σε αυτές που κατασκευάζουν τα τελικά προϊόντα. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή του MRP δεν ταιριάζει καλά σε επιχειρήσεις που παράγουν μικρό αριθμό προϊόντων ετησίως. Ακόμη, έχει αποδειχθεί ότι, σε επιχειρήσεις που παράγουν πολύπλοκα και ακριβά προϊόντα που απαιτούν εξειδικευμένη έρευνα και σχεδιασμό, οι χρόνοι επεξεργασίας των προϊόντων μπορεί να γίνουν πολύ μεγάλοι και τα τελικά χαρακτηριστικά των προϊόντων πολύ πολύπλοκα, με αποτέλεσμα το MRP να μην μπορεί να προσαρμοστεί σωστά σε τέτοια δεδομένα.

Είδος Επιχείρησης	Παράδειγμα	Κέρδη
Συναρμολόγηση προς αποθήκευση	Συναρμολόγηση πολλαπλών εξαρτημάτων σε ένα τελικό προϊόν, το οποίο στη συνέχεια αποθηκεύεται για να ικανοποιήσει τη ζήτηση πελατών. π.χ. ρολόγια.	Υψηλά
Κατασκευή προς αποθήκευση	Αντικείμενα που κατασκευάζονται από μηχανές (παρά να συναρμολογούνται από εξαρτήματα) και στη συνέχεια αποθηκεύονται για να ικανοποιήσουν την προβλεπόμενη ζήτηση πελατών. π.χ. δακτύλιοι εμβόλων.	Χαμηλά
Συναρμολόγηση προς παραγγελία	Τελική συναρμολόγηση μετά από επιλογή standard από τον πελάτη. π.χ. αυτοκίνητα.	Υψηλά
Κατασκευή προς παραγγελία	Αντικείμενα που πάνε προς τελική κατασκευή μετά από επιλογή standard από τον πελάτη. Κυρίως βιομηχανικές παραγγελίες. π.χ. γρανάζια.	Χαμηλά
Παραγωγή προς παραγγελία	Αντικείμενα που είτε κατασκευάζονται είτε συναρμολογούνται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πελάτη ολοκληρωτικά. π.χ. εξαρτήματα βαριών μηχανών	Υψηλά
Ροής	Βιομηχανίες όπως χυτήρια, πλαστικών, χαρτιού, χημικών, επεξεργασίας φαγητού.	Μέτρια

Πίνακας 8.4 – Εφαρμοσιμότητα MRP

8.4.2 Διάγραμμα Ροής Πληροφοριών για Λειτουργία Συστήματος MRP

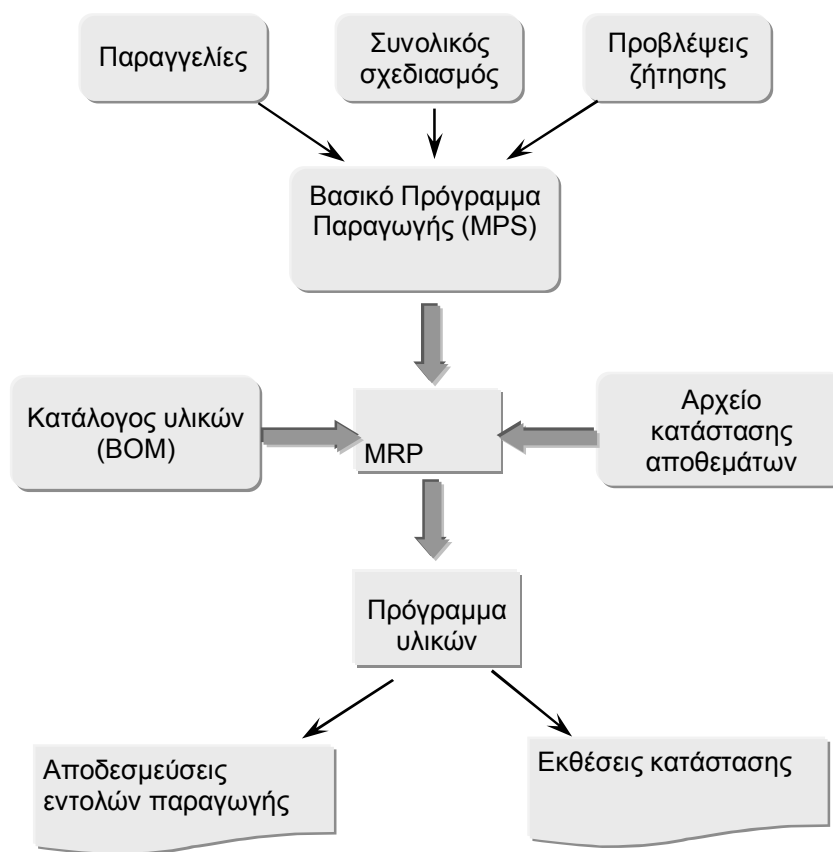
Οι είσοδοι ενός συστήματος MRP είναι:

- α) Το Κύριο Πρόγραμμα Παραγωγής (Master Production Schedule – MPS) , τα συστατικά και η μέθοδος κατάρτισης του οποίου παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 8 του παρόντος βιβλίου.
- β) Ο πίνακας των πρώτων υλών και εξαρτημάτων που απαιτούνται για την παραγωγή μιας μονάδας τελικού προϊόντος (Bill-of-Materials – BOM).
- γ) Το υπάρχον απόθεμα των πρώτων υλών και εξαρτημάτων.
- δ) Οι εν εξελίξει παραγγελίες προς τους προμηθευτές των πρώτων υλών και οι υπό επεξεργασία παραγγελίες των πελατών για τα έτοιμα προϊόντα.

Οι έξοδοι ενός συστήματος MRP είναι:

- α) Οι εντολές αποδέσμευσης των παραγγελιών ώστε να ξεκινήσει η παραγωγή τους (Planned Order Releases – POR).
- β) Εκθέσεις για την κατάσταση των αποθεμάτων και τις αναμενόμενες ημερομηνίες ολοκλήρωσης της παραγωγής κάθε παραγγελίας.

Στο σχήμα 8.4 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής των πληροφοριών, που είναι απαραίτητες για να εκτελεστεί λειτουργία του MRP.



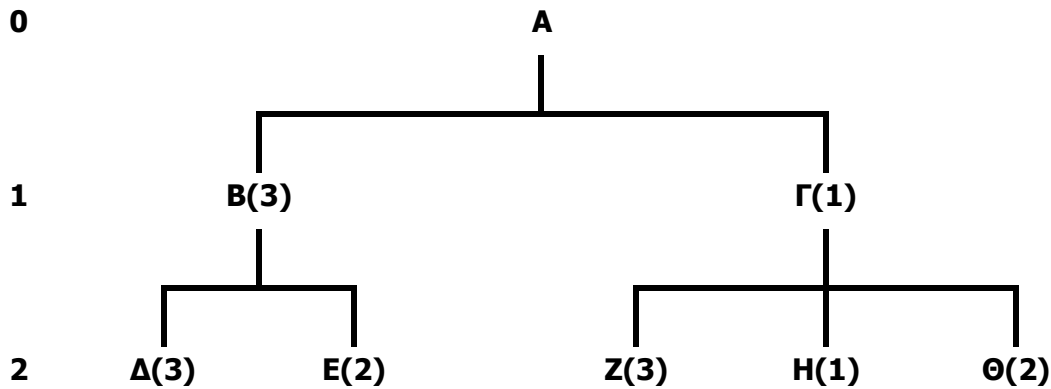
Σχήμα 8.4 – Σύστημα MRP

8.4.3 Πίνακας Υλικών (BOM)

Ο πίνακας υλικών (BOM) περιέχει την πλήρη περιγραφή του προϊόντος, περιγράφοντας όχι μόνο τα υλικά, τα υποσύνολα και τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται το προϊόν, αλλά επίσης και τη σειρά με την οποία το προϊόν συναρμολογείται (φασεολόγιο). Το αρχείο κατάστασης υλικών συχνά αποκαλείται και αρχείο δομής προϊόντος ή δέντρο προϊόντος. Περιέχει πληροφορίες που καθορίζουν τα τμήματα που αποτελούν το τελικό προϊόν, καθώς και την ποσότητα που απαιτείται για κάθε ένα από αυτά για τη δημιουργία ενός κομματιού από το προϊόν αυτό.

Ένα παράδειγμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.5, όπου το τελικό προϊόν Α αποτελείται από τρία κομμάτια του τμήματος Β και ένα κομμάτι του τμήματος Γ. Με τη σειρά του, το τμήμα Β αποτελείται από 3 κομμάτια του τμήματος Δ και 2 κομμάτια του τμήματος Ε και το τμήμα Γ αποτελείται από τρία κομμάτια του τμήματος Ζ, ένα κομμάτι του τμήματος Η και δύο κομμάτια του τμήματος Θ. Στο τελικό προϊόν δίνεται ένας προσδιορισμός επιπέδου 0, ενώ τα επίπεδα 1, 2,... αναφέρονται στα τμήματα, εξαρτήματα που αποτελείται το τελικό προϊόν.

Επίπεδο

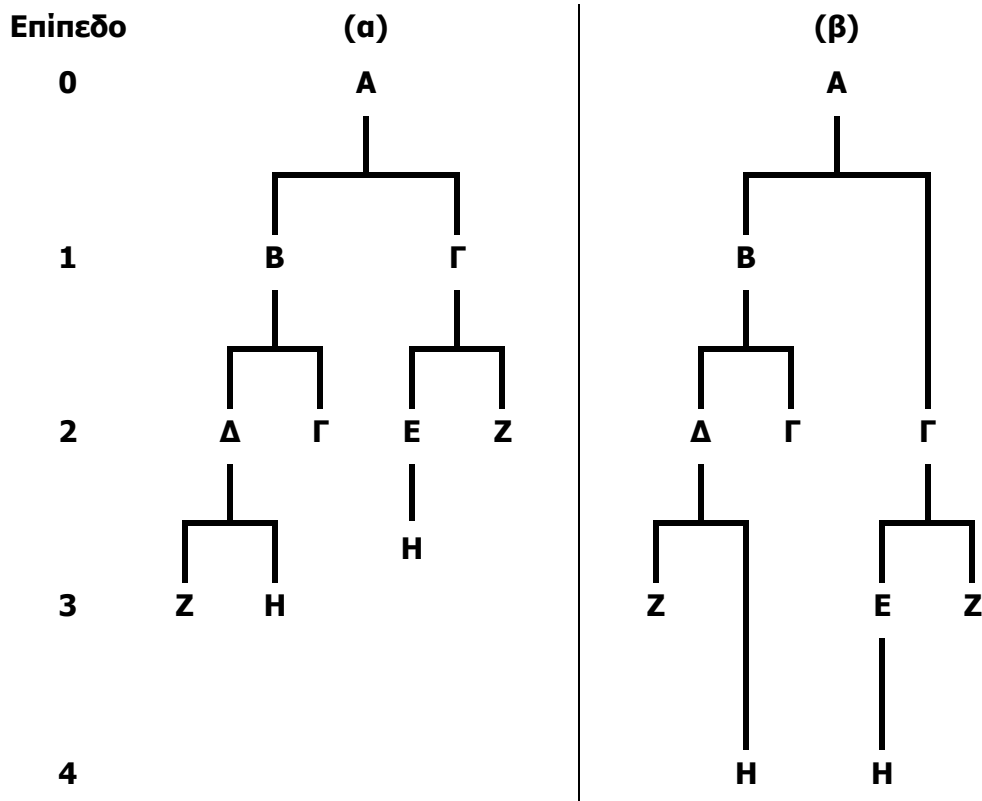


Σχήμα 8.5 – Δομή Συναρμολόγησης προϊόντος Α

Εκτός από την ύπαρξη του πίνακα υλικών που αναφέρεται στη δομή του τελικού προϊόντος, έτσι όπως μόλις αναφέρθηκε παραπάνω, χρησιμοποιούνται και πίνακες υλικών για υποσύνολα προϊόντα, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να συναρμολογηθούν από μικρότερα από αυτά εξαρτήματά τους και να αποθηκευτούν ως υποσύνολα προϊόντων. Εάν το τελικό προϊόν είναι μεγάλο και ακριβό, τότε μπορεί να ελεγχθεί και να προγραμματιστεί η παραγωγή του καλύτερα εάν χρησιμοποιηθούν πίνακες υλικών των διαφόρων υποσυνόλων του.

Επιπλέον, είναι πολύ χρήσιμο να χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους αρχεία όταν ένα δεδομένο υποσύνολο χρησιμοποιείται για την κατασκευή διαφορετικών τελικών προϊόντων. Στην περίπτωση αυτή, είναι προτιμότερο κάθε υποσύνολο να ανήκει πάντα στο ίδιο επίπεδο στους πίνακες υλικών. Εφαρμόζοντας τον κανόνα αυτό είναι εφικτός ο καλύτερος έλεγχος και η σωστότερη διαχείριση των υλικών.

Για την καλύτερη κατανόηση του κανόνα, ακολουθεί ένα παράδειγμα που περιλαμβάνει τον πίνακα υλικών του προϊόντος Α, όπως αυτό παρουσιάζεται στο μέρος α του Σχήματος 8.6. Παρατηρείται, ότι το υποσύνολο Γ είναι τμήμα του Α αλλά και του Β. Στην πρώτη περίπτωση βρίσκεται στο επίπεδο 1, ενώ στη δεύτερη στο επίπεδο 2. Με εφαρμογή του προαναφερθέντος κανόνα, το τμήμα Γ πρέπει να μετατεθεί στο χαμηλότερο επίπεδο 2. Το ίδιο πρέπει να ισχύει σε όλα τα όμοια τμήματα τοποθετώντας τα κάθε φορά στο μικρότερο επίπεδο. Με αυτόν τον τρόπο, για τον έλεγχο ενός τμήματος απαιτείται η εξέταση ενός μόνο επιπέδου. Η τροποποίηση του πίνακα υλικών του προϊόντος Α σύμφωνα με τον κανόνα αυτό, φαίνεται στο μέρος β του σχήματος.



Σχήμα 8.6 – Κανονικοποιημένη δομή συναρμολόγησης προϊόντος A

8.4.4 Αρχείο κατάστασης αποθεμάτων

Το αρχείο κατάστασης αποθεμάτων περιέχει πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα σε αποθέματα ενός υλικού που είναι διαθέσιμα ή έχουν παραγγελθεί σε προμηθευτές. Περιέχει πληροφορίες όπως τις μικτές απαιτήσεις, τις προγραμματισμένες παραλαβές και την αναμενόμενη διαθέσιμη ποσότητα. Επίσης, μπορεί να περιέχει τον προμηθευτή, το μέγεθος της παρτίδας και τους ανεκτούς χρόνους παράδοσης για την απόκτηση των αγοραζόμενων εξαρτημάτων καθώς και τις εσωτερικές λειτουργίες σε αυτά τα μέρη όπως και το χρόνο αναμονής ανάμεσα στις λειτουργίες. Μέσα σε ένα υπολογιστικό σύστημα το αρχείο κατάστασης αποθεμάτων μπορεί να είναι πολύ μεγάλο. Κάθε υλικό στα αποθέματα διαθέτει ένα δικό του αρχείο, του οποίου το εύρος των πληροφοριών που περιλαμβάνει είναι χωρίς όρια.

8.4.5 Μεθοδολογία και Εφαρμογή MRP

Η υπολογιστική διαδικασία ενός συστήματος MRP βασίζεται σε πίνακες που έχουν την ακόλουθη δομή:

Παραγόμενο Προϊόν												
Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
Μικτές απαιτήσεις												
Απόθεμα	(Αρχικό απόθεμα)											
Καθαρές απαιτήσεις												
Προγραμματισμένη ολοκλήρωση εντολών παραγωγής												
Προγραμματισμένες αποδεσμεύσεις εντολών παραγωγής												

Για να γίνει κατανοητή η μεθοδολογία λειτουργίας ενός συστήματος MRP πρέπει να οριστούν τα ακόλουθα για κάθε προϊόν ή υλικό:

D_t οι μικτές απαιτήσεις τη χρονική περίοδο t (π.χ. εβδομάδα). Οι μικτές απαιτήσεις του τελικού προϊόντος προέρχονται από την εκτιμώμενη ζήτηση ή τις ήδη υπάρχουσες παραγγελίες για αυτό, ενώ οι μικτές απαιτήσεις ενός υλικού από τη ζήτηση για το τελικό προϊόν επί την ποσότητα υλικού που απαιτείται για την παραγωγή μίας μονάδας τελικού προϊόντος.

I_t το απόθεμα στο τέλος της χρονικής περιόδου t .

N_t οι καθαρές απαιτήσεις τη χρονική περίοδο t .

Ο στόχος του MRP είναι να προγραμματίσει (προσδιορισμός ποσότητας και ημερομηνίας) τις παραγγελίες πρώτων υλών ή τις εντολές παραγωγής των τμημάτων που απαιτούνται για την κάλυψη της ζήτησης των τελικών προϊόντων. Προς την κατεύθυνση αυτή, ακολουθείται η ακόλουθη διαδικασία:

Βήμα 1^ο – Υπολογισμός προγράμματος παραγωγής τελικού προϊόντος

Η διαδικασία ξεκινά από τις απαιτήσεις παραγωγής για το **τελικό προϊόν**.

Αρχικά υπολογίζονται οι μικτές απαιτήσεις D_t του τελικού προϊόντος.

Έστω, για παράδειγμα, ότι οι μικτές απαιτήσεις σύμφωνα με το Κύριο Πρόγραμμα Παραγωγής είναι οι ακόλουθες:

Τελικό προϊόν A1								
Περίοδος (εβδομάδες)	1	2	3	4	5	6	7	8
Μικτές απαιτήσεις	15	20	50	10	30	30	30	30

Στη συνέχεια, εισάγονται τα στοιχεία για το υφιστάμενο απόθεμα I_0 :

Τελικό προϊόν A1								
Περίοδος (εβδομάδες)	1	2	3	4	5	6	7	8
Μικτές απαιτήσεις	15	20	50	10	30	30	30	30
Απόθεμα	20							

Ισχύει ότι $I_t = I_{t-1} - D_t$.

Τελικό προϊόν A1									
Περίοδος (εβδομάδες)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Μικτές απαιτήσεις	15	20	50	10	30	30	30	30	
Απόθεμα	20	5	-15	-65	-75	-105	-135	-165	-195

Οι καθαρές απαιτήσεις προκύπτουν ως ακολούθως:

$$N_i = \begin{cases} 0, & \text{για } t < t^* \\ -I_i & \text{για } t = t^* \\ D_i & \text{για } t > t^* \end{cases}$$

όπου t^* η περίοδος μέχρι την οποία το απόθεμα παραμένει μεγαλύτερο ή ίσο του μηδενός (στο παράδειγμα $t^* = 1$).

Τελικό προϊόν A1									
Περίοδος (εβδομάδες)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Μικτές απαιτήσεις	15	20	50	10	30	30	30	30	
Απόθεμα	20	5	-15	-65	-75	-105	-135	-165	-195
Καθαρές απαιτήσεις	0	15	50	10	30	30	30	30	

Συχνά, στο απόθεμα περιλαμβάνεται και το απόθεμα ασφαλείας. Το απόθεμα ασφαλείας αποτελεί εφεδρεία και δε διατίθεται για τρέχουσα χρήση. Σε αυτήν την περίπτωση, ο παραπάνω πίνακας θα γινόταν:

Τελικό προϊόν A1									
Περίοδος (εβδομάδες)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Μικτές απαιτήσεις	15	20	50	10	30	30	30	30	
Απόθεμα	20	5	-15	-65	-75	-105	-135	-165	-195
Απόθεμα ασφαλείας	20	20	20	20	20	20	20	20	
Καθαρές απαιτήσεις	20 - 5 = 15	15	50	10	30	30	30	30	

Η συμπλήρωση του στοιχείου των προγραμματισμένων εντολών παραγωγής προϋποθέτει τη λήψη απόφασης για τον τρόπο καθορισμού του μεγέθους κάθε εντολής (lot size). Οι συνηθέστεροι τέτοιοι τρόποι είναι οι ακόλουθοι:

- 1) Σύστημα Παρτίδα προς Παρτίδα
- 2) Σύστημα Παρτίδας για Σταθερό Αριθμό Περιόδων
- 3) Σύστημα Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας

Ειδικότερα, το σύστημα Παρτίδα προς Παρτίδα ορίζει ότι το ποσό που θα πρέπει να παραχθεί σε κάθε περίοδο ισούται με τις καθαρές απαιτήσεις. Σε αυτή την περίπτωση, ο πίνακας γίνεται:

Τελικό προϊόν A1									
Περίοδος (εβδομάδες)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Μικτές απαιτήσεις	15	20	50	10	30	30	30	30	
Απόθεμα	20	5	-15	-65	-75	-105	-135	-165	-195
Καθαρές απαιτήσεις	0	15	50	10	30	30	30	30	
Προγραμματισμένη ολοκλήρωση εντολών παραγωγής		15	50	10	30	30	30	30	

Το σύστημα Παρτίδας για Σταθερό Αριθμό Περιόδων ορίζει ότι τη συγκέντρωση των εντολών παραγωγής σε ένα μικρότερο αριθμό από αυτόν που προκύπτει από το σύστημα Παρτίδα προς Παρτίδα. Στην πραγματικότητα, το σύστημα Παρτίδα προς Παρτίδα είναι μια ειδική περίπτωση του συστήματος Παρτίδας για Σταθερό Αριθμό Περιόδων όταν ο αριθμός περιόδων ισούται με τη μονάδα.

Στο παράδειγμα που παρουσιάστηκε, αν ο αριθμός των περιόδων είναι 3, ο πίνακας γίνεται:

Τελικό προϊόν A1									
Περίοδος (εβδομάδες)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Μικτές απαιτήσεις	15	20	50	10	30	30	30	30	
Απόθεμα	20	5	-15	-65	-75	-105	-135	-165	-195
Καθαρές απαιτήσεις	0	15	50	10	30	30	30	30	
Προγραμματισμένη ολοκλήρωση εντολών παραγωγής		75			90				30

Το σύστημα Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας ορίζει ότι το μέγεθος της παρτίδας παραγωγής ισούται με την οικονομική ποσότητα παραγγελίας. Η ποσότητα αυτή, σύμφωνα με το βασικό μοντέλο αποθεμάτων ορίζεται από τη σχέση:

$$\sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot c_p}{c_h}}$$

όπου c_p είναι το κόστος προετοιμασίας παραγωγής παρτίδας, c_h είναι το κόστος αποθεματοποίησης και R είναι η μέση μικτή απαίτηση.

Οι προγραμματισμένες αποδεσμεύσεις εντολών παραγωγής προκύπτουν από το συνυπολογισμό του χρόνου που απαιτείται για την παραγωγή της παρτίδας (lead time). Κατά κύριο λόγο, τα συστήματα MRP υποθέτουν ότι ο χρόνος που απαιτείται είναι σταθερός και ανεξάρτητος τόσο από το μέγεθος της παρτίδας όσο, και το κυριότερο, από το φόρτο εργασίας μέσα στο παραγωγικό σύστημα. Αν στο παράδειγμα ο χρόνος είναι 1 περίοδος, ο πίνακας για σύστημα Παρτίδας για Σταθερό Αριθμό Περιόδων γίνεται:

Τελικό προϊόν A1									
Περίοδος (εβδομάδες)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Μικτές απαιτήσεις	15	20	50	10	30	30	30	30	
Απόθεμα	20	5	-15	-65	-75	-105	-135	-165	-195
Καθαρές απαιτήσεις	0	15	50	10	30	30	30	30	
Προγραμματισμένη ολοκλήρωση εντολών παραγωγής		75			90				30
Προγραμματισμένες αποδεσμεύσεις εντολών παραγωγής	75			90			30		

Βήμα 2^ο – Υπολογισμός προγράμματος παραγωγής ενδιάμεσων προϊόντων

Το MRP χρησιμοποιεί τα δεδομένα που προσδιορίζονται στο βασικό χρονοδιάγραμμα για την παραγωγή του τελικού προϊόντος και δημιουργεί τις απαιτήσεις κατά χρονικές περιόδους για τα διάφορα εξαρτήματα βάσει του πίνακα υλικών. Η δημιουργία των σχετικών πινάκων του MRP ακολουθούν την κατάτμηση των τελικών προϊόντων σε εξαρτήματα και μπορούν να σχεδιαστούν και να προγραμματιστούν μεμονωμένα.

Έστω ότι το τελικό προϊόν A1 του παραδείγματος απαιτεί την ύπαρξη των εξαρτημάτων B και Γ.

Επίπεδο

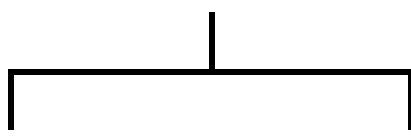
0

A1

1

B(1)

Γ(2)



Τα δεδομένα για τα 2 εξαρτήματα είναι τα ακόλουθα:

Εξάρτημα	Διαθέσιμο απόθεμα	Κανόνας μεγέθους παρτίδας	Χρόνος παραγωγής
B	150	Οικονομική Ποσότητα Παραγγελίας ίση με 100	3 περίοδοι
Γ	200	Παρτίδα προς Παρτίδα	1 περίοδος

Το εξάρτημα B χρησιμοποιείται και από άλλα προϊόντα της επιχείρησης (έστω A2 και A3), οπότε παράγεται σύμφωνα με την πολιτική αποθεμάτων (Q,R). Επιπλέον, βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη η παραγωγή μιας παρτίδας του εξαρτήματος B, ποσότητας 100 και προγραμματισμένης ολοκλήρωσης στην 3^η περίοδο.

Αν S_t οι προγραμματισμένες παραλαβές, τότε ισχύει $I_t = I_{t-1} + S_t - D_t$.

Το εξάρτημα Γ παράγεται σύμφωνα με τις ανάγκες του Α.

Οι πίνακες των εξαρτημάτων συμπληρώνονται με τις μικτές απαιτήσεις αυτών να είναι ίσες με το πρόγραμμα παραγωγής του τελικού προϊόντος. Οι μικτές απαιτήσεις από τα προϊόντα A2 και A3 έχουν προκύψει από υπολογισμούς αντίστοιχους αυτών του 1^{ου} βήματος της παρούσας ενότητας.

Εξάρτημα B									
Περίοδος (εβδομάδες)	1	2	3	4	5	6	7	8	
Μικτές απαιτήσεις από προϊόν A1	75			90			30		
Μικτές απαιτήσεις από προϊόν A2		30		50		30		30	
Μικτές απαιτήσεις από προϊόν A3	20			25			25		
Προγραμματισμένες παραλαβές			100						
Απόθεμα	150	55	25	125	-40	-40	-70	-125	-155
Καθαρές απαιτήσεις	0	0	0	40	0	30	55	30	
Προγραμματισμένη ολοκλήρωση εντολών παραγωγής				100			100		
Προγραμματισμένες αποδεσμεύσεις εντολών παραγωγής	100			100					

Εξάρτημα Γ									
Περίοδος (εβδομάδες)		1	2	3	4	5	6	7	8
Μικτές απαιτήσεις από προϊόν Α1		150			180			60	
Απόθεμα	200	50	50	50	-130	-130	-130	-190	-190
Καθαρές απαιτήσεις		0	0	0	130	0	0	60	0
Προγραμματισμένη ολοκλήρωση εντολών παραγωγής					130			60	
Προγραμματισμένες αποδεσμεύσεις εντολών παραγωγής				130			60		

8.4.6 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα MRP

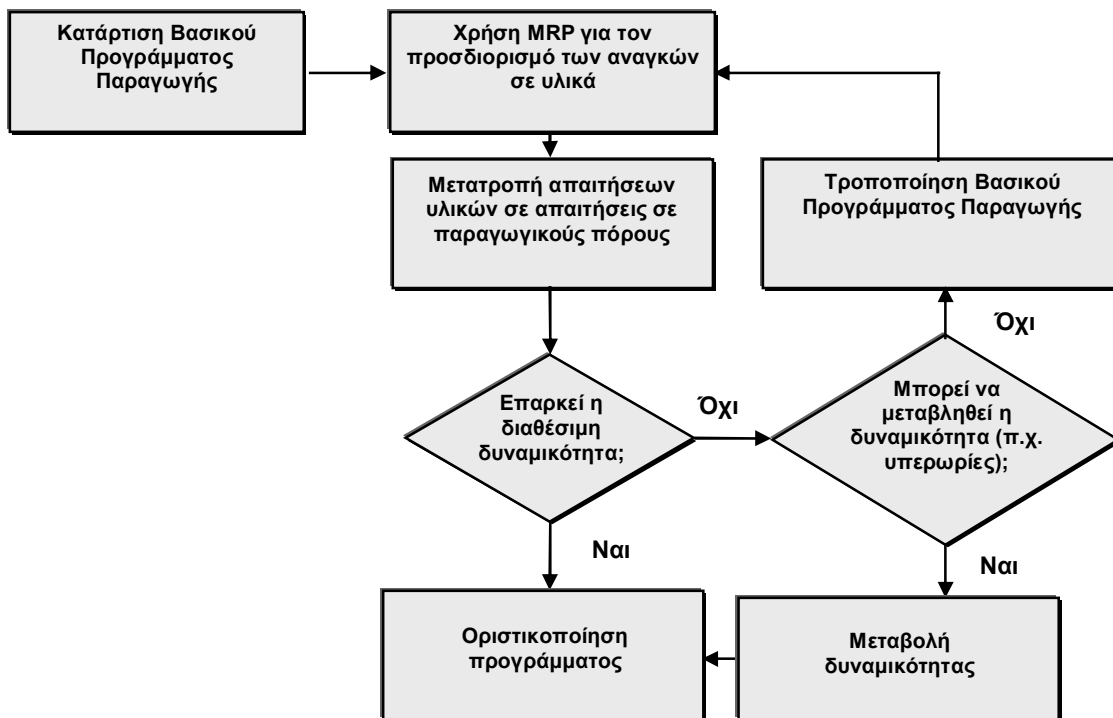
Η εφαρμογή συστήματος MRP σε μία επιχείρηση μπορεί να αποφέρει μια σειρά από θετικά αποτελέσματα, όπως τα ακόλουθα:

- ❑ Καλύτερος έλεγχος παραγωγής
- ❑ Πιο ακριβής και πιο έγκαιρη πληροφόρηση
- ❑ Λιγότερα αποθέματα
- ❑ Παραγγελιοδοσία σε χρονικές φάσεις
- ❑ Μικρότερη απαξίωση αποθεμάτων
- ❑ Μεγαλύτερη αξιοπιστία
- ❑ Μεγαλύτερη ανταπόκριση στις απαιτήσεις της αγοράς
- ❑ Καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών
- ❑ Ευχέρεια για πιο ανταγωνιστικές τιμές
- ❑ Μείωση του κόστους παραγωγής
- ❑ Ικανότητα τροποποίησης του βασικού χρονοδιαγράμματος
- ❑ Μείωση έργου χρόνου στην παραγωγή

Ταυτόχρονα, έχουν παρατηρηθεί κάποια προβλήματα κατά τη λειτουργία του συστήματος. Συγκεκριμένα, για τη σωστή του λειτουργία απαιτείται συνεχής ενημέρωση των αρχείων κατάστασης αποθεμάτων καθώς και του Κύριου Προγράμματος Παραγωγής. Ελλιπής ενημέρωση των αρχείων αυτών μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα το σύστημα. Επίσης, έχει παρατηρηθεί μία δυσλειτουργία όσον αφορά την ευελιξία του συστήματος. Όταν το σύστημα δημιουργήσει ένα συγκεκριμένο διάγραμμα παραγγελιών, είναι πολύ δύσκολο να προσαρμοστεί σε κάποια πιθανή αλλαγή στα δεδομένα εισόδου του.

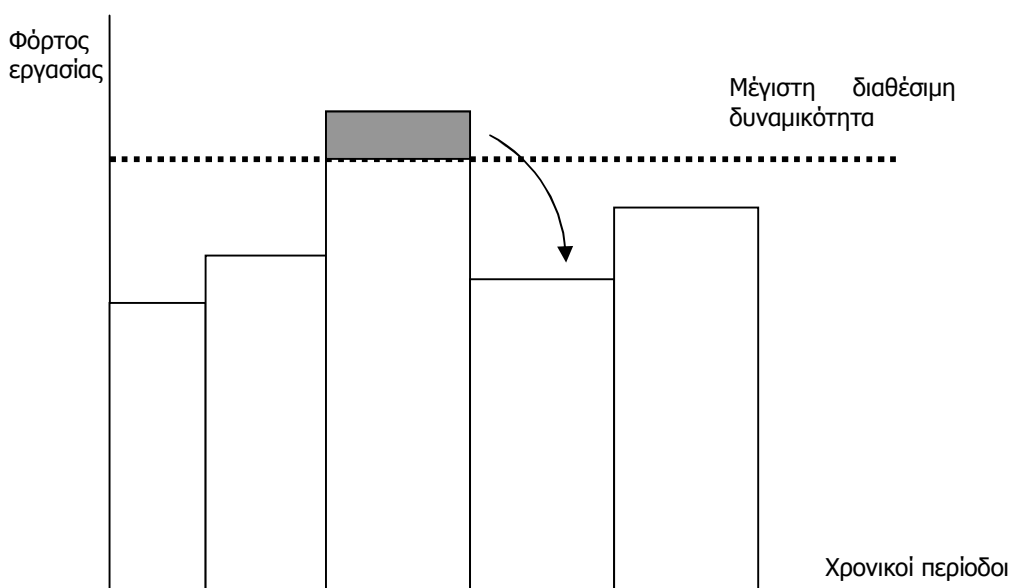
Το κυριότερο, ωστόσο, μειονέκτημα των συστημάτων MRP είναι η παραδοχή πως ο χρόνος που απαιτείται για την παραγωγή μιας παρτίδας είναι σταθερός και ανεξάρτητος τόσο από το μέγεθος της παρτίδας όσο και από το φόρτο εργασίας μέσα στο παραγωγικό σύστημα. Η παραδοχή αυτή ισχύει **μόνο** όταν όλες οι μηχανές μέσα στο σύστημα παραγωγής υπολειπουργούν, δηλαδή δεν λειτουργούν στο μέγιστο της διαθεσιμότητάς τους. Στην πράξη και για λόγους οικονομικής αποδοτικότητας της επένδυσης σε παραγωγική δυναμικότητα, κανένα σύστημα δεν λειτουργεί με χαμηλή διαθεσιμότητα. Το αποτέλεσμα είναι πως το πρόγραμμα παραγωγής που προκύπτει από ένα σύστημα MRP θεωρεί ότι η υπάρχουσα δυναμικότητα είναι μεγαλύτερη από την πραγματική.

Για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος, τα σύγχρονα συστήματα MRP περιλαμβάνουν την ακόλουθη λογική ελέγχου τήρησης των περιορισμών της υφιστάμενης δυναμικότητας ενός παραγωγικού συστήματος:



Σχήμα 8.7 – Έλεγχος δυναμικότητας στα σύγχρονα συστήματα MRP

Η τροποποίηση του Βασικού Προγράμματος Παραγωγής αποσκοπεί στην καλύτερη κατανομή του φόρτου εργασίας στις μηχανές όπου παρατηρείται υπέρβαση της απαιτούμενης δυναμικότητας. Η ιδέα της εξομάλυνσης του φόρτου εργασίας (*workload smoothing*) αποτυπώνεται στο επόμενο σχήμα.



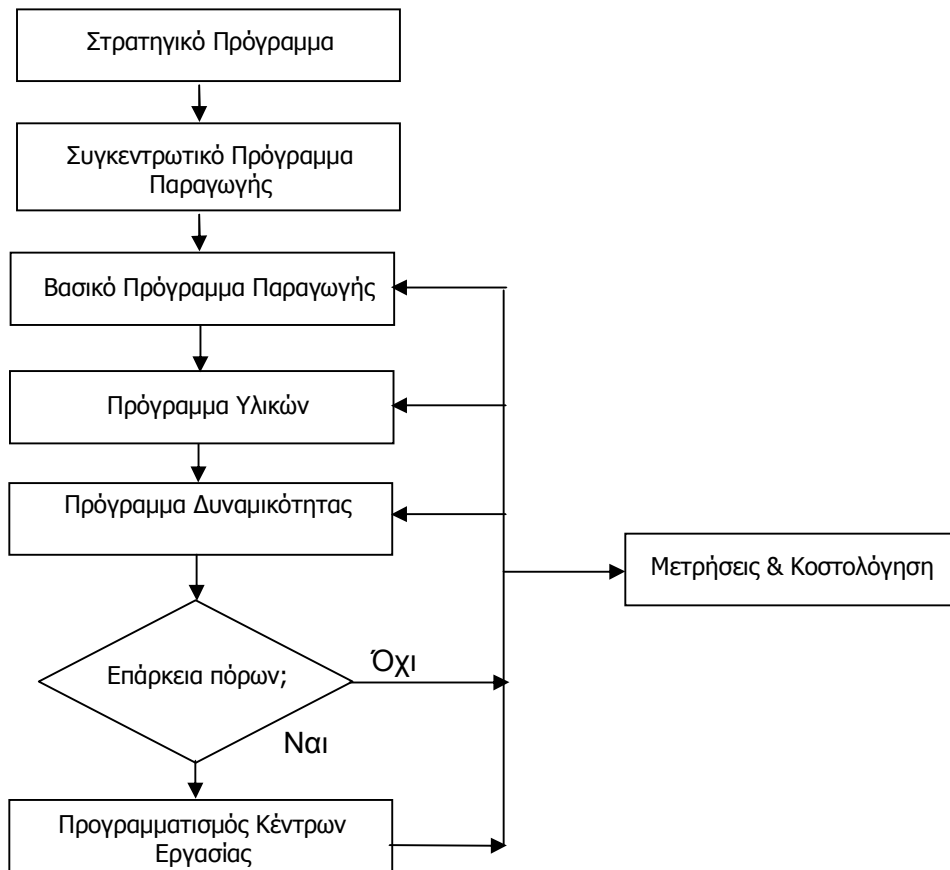
Σχήμα 8.8 – Εξομάλυνση του φόρτου εργασίας

8.5. Προγραμματισμός Πόρων Παραγωγής

Ο προγραμματισμός πόρων παραγωγής (*Manufacturing Resources Planning* ή *MRP II*) είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα πληροφοριών που ξεπερνά το MRP πρώτης γενιάς. Το σύστημα MRP II επιτρέπει σε μια επιχείρηση να αξιολογήσει πλάνα δράσης (*action plans*) για την παραγωγή, από την οπτική γωνία των παραγωγικών πόρων, να ελέγξει ποιοτικά τα πλάνα αυτά και να μελετήσει τις οικονομικές επιπτώσεις τους.

Η διοίκηση μπορεί να προβλέπει τη χρηματική αξία των αποστολών εμπορευμάτων, το κόστος των προϊόντων, την κατανομή γενικών εξόδων, τα αποθέματα, τις ανεκτέλεστες παραγγελίες και τα κέρδη. Οι αναφορές του συστήματος μπορούν να βοηθήσουν τα τμήματα της παραγωγής, των αγορών, το μάρκετινγκ, τα οικονομικά και τις τεχνικές μελέτες για την εφαρμογή και παρακολούθηση του γενικού επιχειρησιακού σχεδίου και την αναγνώριση των στόχων για τις πωλήσεις, των δυνατοτήτων της παραγωγής και των περιορισμών ως προς τις ταμειακές ροές.

Η ιεραρχική λογική του MRP II αποτυπώνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 8.9 – Η ιεραρχία του MRP II

8.6. Ερωτήσεις

1. Με τι ασχολείται το MRP σύστημα και που χρησιμοποιείται; Δώστε παραδείγματα.
2. Ποιοι είναι οι στόχοι του MRP συστήματος;
3. Ποια είναι η λογική λειτουργίας του MRP συστήματος;
4. Ποια είναι τα βασικά δεδομένα που απαιτεί ένα MRP σύστημα;
5. Να περιγραφεί το αρχείο κατάστασης υλικών (BOM) και να δοθεί ένα παράδειγμα.
6. Ποια η λειτουργία του Βασικού Χρονοδιαγράμματος Παραγωγής (MPS); Να δοθεί σχετικό παράδειγμα.
7. Τι πληροφορίες δίνει το αρχείο κατάστασης αποθεμάτων;
8. Πως ορίζονται η καθαρή απαίτηση υλικού και το διαθέσιμο απόθεμα;
9. Να περιγραφεί η λειτουργία των συστημάτων «παρτίδα προς παρτίδα», οικονομικής ποσότητας παραγγελίας, καθώς και παρτίδας για σταθερό αριθμό περιόδων.
10. Ποιες οι βασικές και ποιες οι δευτερεύουσες έξοδοι του συστήματος MRP;
11. Να αναφερθούν τα πλεονεκτήματα της χρήσης του συστήματος MRP.
12. Να περιγραφούν τα κυριότερα μειονεκτήματα του συστήματος MRP.
13. Τι είναι ο προγραμματισμός πόρων παραγωγής και τι δυνατότητες δίνει στην επιχείρηση;

8.7. Παραδείγματα

Παράδειγμα 8.1 Προγραμματισμός Απαιτήσεων σε Υλικά

Οι προβλεπόμενες συνολικές απαιτούμενες ποσότητες μιας πρώτης ύλης για την εκτέλεση ενός προγράμματος παραγωγής είναι:

Μήνας	Ποσότητα
1	230
2	120
3	430
4	100
5	870
6	280
7	100
8	460
9	980
10	130
11	270
12	860

A) Να καταρτιστεί πρόγραμμα παραγγελιών της πρώτης ύλης, θεωρώντας την περίπτωση συστήματος παρτίδα προς παρτίδα.

B) Να βρεθεί η οικονομική ποσότητα παραγγελίας (βέλτιστο μέγεθος παρτίδας) και να καταρτιστεί πρόγραμμα παραγγελιών της πρώτης ύλης θεωρώντας ότι γίνεται συμφωνία με τον προμηθευτή να παραγγέλνονται μόνο ακέραιες παρτίδες αυτού του μεγέθους.

Δίνονται:

- Αρχικό απόθεμα 1.200 μονάδες
- Καμία προγραμματισμένη παραλαβή
- Χρόνος υστέρησης (*lead time*) 2 περίοδοι
- Κόστος τοποθέτησης μιας παραγγελίας 8.000 €
- Κόστος αποθήκευσης 24 € ανά τεμάχιο ανά μήνα.

A) Παρτίδα προς παρτίδα

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Μικτές απαιτήσεις	230	120	430	100	870	280	100	460	980	130	270	860	
Απόθεμα	1200	970	850	420	320	-550	-280	-100	-460	-980	-130	-270	-860
Καθαρές ανάγκες	-	-	-	-	550	280	100	460	980	130	270	860	
Πρόγραμμα παραλαβών	-	-	-	-	550	280	100	460	980	130	270	860	
Πρόγραμμα παραγγελιών			550	280	100	460	980	130	270	860			

Ισχύουν:

Κόστος τοποθέτησης παραγγελιών = 8 παρτίδες x 8.000 = 64.000 €

Κόστος αποθήκευσης = (970+850+420+320)x24=2.560x24=61.440 €

Συνολικό κόστος = 64.000 + 61.440 =125.440 €

B) Σύστημα οικονομικής ποσότητας παραγγελίας.

Το σύνολο των μικτών απαιτήσεων είναι 4.830 άρα η μέση ανάλωση ανά περίοδο είναι:

$R = 4.830/12 = 402,5$ τεμάχια.

Άρα το μέγεθος της βέλτιστης παρτίδας είναι:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot R \cdot c_p}{c_h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 402,5 \cdot 8.000}{24}} = 518$$

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Μικτές απαιτήσεις	230	120	430	100	870	280	100	460	980	130	270	860	
Απόθεμα	1200	970	850	420	320	-550	-280	-100	-460	-980	-130	-270	-860
Καθαρές ανάγκες	-	-	-	-	550	280	100	460	980	130	270	860	
Πρόγραμμα παραλαβών					1036			518	1036		518	1036	
Πρόγραμμα παραγγελιών			1036			518	1036		518	1036			

Η ποσότητα 518 δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της 5^{ης} περιόδου, οπότε τη διπλασιάζω (ανάλογα συμβαίνει και παρακάτω). Με εξαίρεση το σύστημα παρτίδα προς

παρτίδα, το πρόγραμμα παραγγελιών μεταβάλλει το απόθεμα ανά περίοδο. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ο πίνακας γίνεται:

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Μικτές απαιτήσεις	230	120	430	100	870	280	100	460	980	130	270	860
Απόθεμα 1200	970	850	420	320	486	206	106	164	220	90	338	514
Καθαρές ανάγκες	-	-	-	-	550	280	100	460	980	130	270	860
Πρόγραμμα παραλαβών					1036			518	1036		518	1036
Πρόγραμμα παραγγελιών			1036			518	1036		518	1036		

Το τελικό απόθεμα μιας περιόδου (π.χ. 486) προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ: α) του αποθέματος της προηγούμενης περιόδου (320) μαζί με τις προγραμματισμένες παραλαβές (1036) και β) των μικτών απαιτήσεων (870).

Ισχύουν:

Κόστος τοποθέτησης παραγγελιών = 5 παραγγελίες x 8.000€ = 40.000 €.

Κόστος αποθήκευσης=(970+850+420+320+486+206+106+164+220+90+338+514) x 24 = 112.416€

Συνολικό κόστος = 40.000 + 112.416 = 152.416€