

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜ- ΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Προγραμματισμός Απαιτήσεων σε Υλικά

Γιώργος Λυμπερόπουλος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Οι παρούσες διαφάνειες έχουν δημιουργηθεί με οδηγό το Κεφάλαιο 3 (με τίτλο “The MRP Crusade”) του βιβλίου:

Hopp WJ, Spearman ML (2000). *Factory Physics*, 2nd ed. (McGraw-Hill: Boston, MA).

2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ *MRP*

2.1 Προγραμματισμός Απαιτούμενων Υλικών (*Material Requirements Planning* ή *MRP*)

- Ξεκίνησε από τον Joseph Orlicky και άλλους στην IBM στις αρχές της δεκαετίας του '60.
- Έχει γίνει το κυριότερο πρότυπο ελέγχου της παραγωγής τόσο στις ΗΠΑ όσο και αλλού.

2.1.1 Η βασική Διόραση του *MRP*

Η εξαρτημένη ζήτηση είναι διαφορετική από την ανεξάρτητη ζήτηση. Η παραγωγή για την ικανοποίηση της εξαρτημένης ζήτησης θα έπρεπε να προγραμματίζεται με τρόπο που να αναγνωρίζει την σύνδεσή της με την παραγωγή για την ικανοποίηση της ανεξάρτητης ζήτησης.

2.1.2 Περίληψη του *MRP*

Προγραμματίζει *εργασίες (jobs)* και *αγοραστικές παραγγελίες (purchase orders)* για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις για υλικά που δημιουργεί η εξωτερική ζήτηση.

Το *MRP* προσδιορίζει:

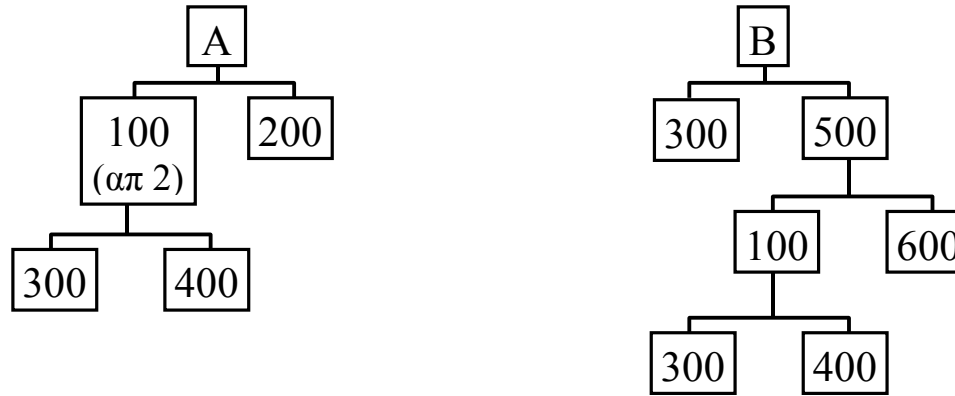
1. Τις **ποσότητες** παραγγελίας για όλους τους τύπους των τεμαχίων.
2. Τον **χρόνο** έκλυσης της παραγωγής για να ικανοποιηθούν οι ημερομηνίες παράδοσης των παραγγελιών.

Κάδοι (*buckets*): Μονάδες διαίρεσης του χρόνου. Σήμερα, τα περισσότερα σύγχρονα συστήματα *MRP* χρησιμοποιούν ημερήσιους κάδους.

Τελικά είδη (*end items*): Τελειωμένα προϊόντα

Είδη χαμηλότερου επιπέδου (*lower-level items*): Συστατικά εξαρτήματα

Κατάλογος Υλικών (*bill of material* ή *BOM*): Περιγράφει την σχέση μεταξύ των τελικών ειδών και των ειδών χαμηλότερου επιπέδου.



Εικόνα 1. Δύο κατάλογοι υλικών

Κωδικός χαμηλού επιπέδου (*low-level code* ή *LLC*): το χαμηλότερο επίπεδο στο *BOM* όπου χρησιμοποιείται ένα συγκεκριμένο τεμάχιο.

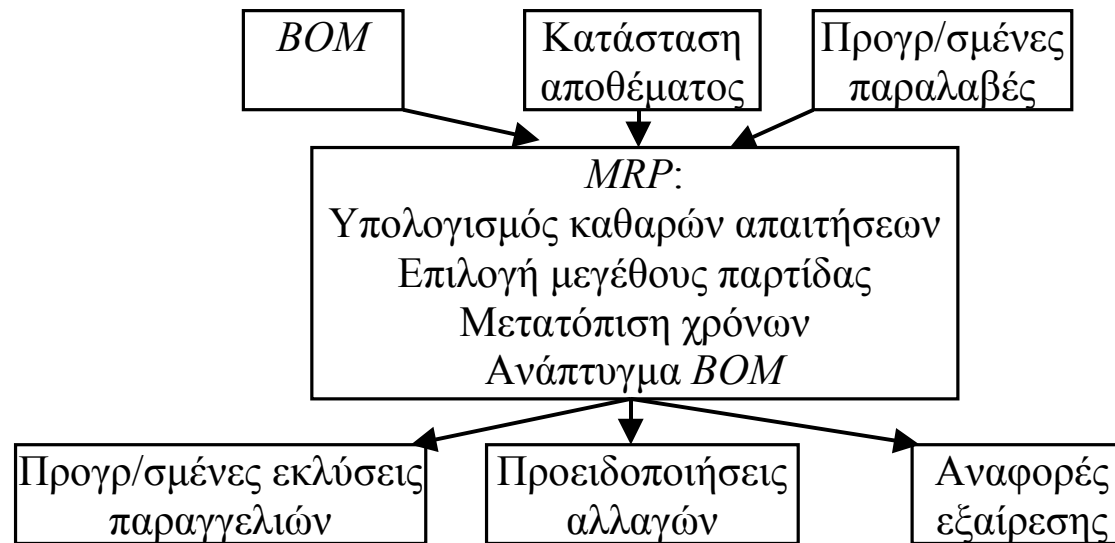
Παράδειγμα: $LLC(A) = LLC(B) = 0$, $LLC(100) = 2$, $LLC(300) = 3$

Κύριο πρόγραμμα παραγωγής (*master production schedule* ή *MPS*): Παρέχει πληροφορίες για την ανεξάρτητη ζήτηση. Περιλαμβάνει:

1. ακαθάριστες απαιτήσεις (*gross requirements*)
2. διαθέσιμο απόθεμα (*on-hand inventory*)
3. προγραμματισμένες παραλαβές (*scheduled receipts*).

Διαδικασία *MRP* για κάθε επίπεδο στον *BOM* για κάθε τεμάχιο:

1. Υπολογισμός καθαρών απαιτήσεων (*netting*)
2. Επιλογή μεγέθους παρτίδας (*lot-sizing*)
3. Μετατόπιση χρόνων (*time phasing*)
4. Ανάπτυγμα του *BOM* (*BOM explosion*)
5. Επανάληψη



Εικόνα 2. Διαδικασία του MRP

Παράδειγμα

MPS για το τεμάχιο A:

Τεμάχιο A	1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις	15	20	50	10	30	30	30	30

- Δεν υπάρχουν προγραμματισμένες παραλαβές
- Υπάρχουν 30 μονάδες διαθέσιμες στο απόθεμα
- Το μέγεθος παρτίδας για το τεμάχιο A είναι 75 μονάδες
- Ο χρόνος υστέρησης είναι μία εβδομάδα

Τεμάχιο Α		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		15	20	50	10	30	30	30	30
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	30	15	-5	-	-	-	-	-	-
Καθαρές απαιτήσεις		0	5	50	10	30	30	30	30
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών			75			75		75	
Προγρ/σμένες εκκλίσεις παραγγελιών		75			75		75		

Αφού υπολογιστούν οι χρόνοι έναρξης και οι ποσότητες για το τεμάχιο Α, είναι απλό να παραχθούν οι απαιτήσεις για όλα τα συστατικά του εξαρτήματα.

2.1.3 Εισαγόμενα και Εξαγόμενα στο/από το *MRP*

Εισαγόμενα στο *MRP*

1. *MPS*: Η πηγή της ζήτησης για το *MRP*. Δίνει την ποσότητα και ημερομηνία παράδοσης για όλα τα τεμάχια με ανεξάρτητη ζήτηση.
2. **Κύριος φάκελος είδους (*master item file*)**: Περιέχει την περιγραφή του τεμαχίου, πληροφορίες του καταλόγου υλικών, τον κανόνα επιλογής του μεγέθους παρτίδας (*lot-sizing rule* ή *LSR*) και τον χρόνο υστέρησης για τον προγραμματισμό (*planning lead time* ή *PLT*).
3. **Φάκελος κατάστασης αποθέματος (*inventory status file*)**: Περιέχει το επίπεδο του αποθέματος.

Ανάλυση κάλυψης (*coverage analysis*): Η διαδικασία του καθορισμού του μέρους της ζήτησης που καλύπτεται από το τρέχον απόθεμα.

τρέχον απόθεμα = διαθέσιμο απόθεμα + προγραμματισμένες παραλαβές

Προγραμματισμένες παραλαβές (*scheduled receipts* ή *SR*): Εργασίες που ξεκίνησαν κατά την διάρκεια προηγούμενων εκτελέσεων του *MRP* και βρίσκονται σε εξέλιξη ή αγοραστικές παραγγελίες που δεν έχουν ακόμα φτάσει από τον προμηθευτή.

Εργασίες σε εξέλιξη (*work in process* ή *WIP*): Εσωτερικές εργασίες που δεν έχουν φτάσει ακόμα σε αποθηκευτικό χώρο.

Εξαγόμενα από το *MRP*

1. **Προγραμματισμένες εκλύσεις παραγγελιών (*planned order releases*):** Περιέχουν τουλάχιστον τρεις πληροφορίες:

- Κωδικό τεμαχίου
- Αριθμό των μονάδων που απαιτούνται
- Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας

2. **Προειδοποιήσεις αλλαγών (*change notices*):** Υποδεικνύουν μεταβολές σε υπάρχουσες εργασίες, όπως αλλαγές σε ημερομηνίες παράδοσης ή σε προτεραιότητες.

- **Επίσπευση (*expediting*):** Η μετατόπιση μιας ημερομηνίας παράδοσης νωρίτερα.
- **Καθυστέρηση (*deferring*):** Η μετατόπιση μιας ημερομηνίας παράδοσης αργότερα

3. **Αναφορές εξαίρεσης (*exception reports*):** Χρησιμοποιούνται για να ειδοποιήσουν τον χρήστη ότι υπάρχουν ασυμφωνίες μεταξύ των αναμενόμενων και των διαδραματιζόμενων.

2.1.4 Η Διαδικασία του *MRP*

1. Υπολογισμός καθαρών απαιτήσεων (*netting*)

Ο υπολογισμών των καθαρών απαιτήσεων παρέχει δύο λειτουργίες:

1. Ρυθμίζει τις προγραμματισμένες παραλαβές επισπεύδοντας εκείνες που είναι προγραμματισμένες να φτάσουν πολύ αργά και καθυστερώντας εκείνες που είναι προγραμματισμένες να φτάσουν πολύ νωρίς και
2. Υπολογίζει την καθαρή ζήτηση.

Η κάλυψη της ζήτησης γίνεται:

1. πρώτα από το διαθέσιμο απόθεμα
2. ύστερα από τις προγραμματισμένες παραλαβές και
3. τελευταία από τις προγραμματισμένες εκλύσεις παραγγελιών.

Παράδειγμα

Πίνακας 2-1. Εισαγόμενα δεδομένα για το παράδειγμα

Τεμάχιο Α		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		15	20	50	10	30	30	30	30
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)		10	10		100				
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ									
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	20								
Καθαρές απαιτήσεις									
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών									
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών									

Πίνακας 2-2 Αναπροσαρμοσμένες προγρ/σμένες παραλαβές, προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα και καθαρές απαιτήσεις

Τεμάχιο Α		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		15	20	50	10	30	30	30	30
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)		10	10		100				
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ			20	100					
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	20	5	5	55	45	15	-15	-	-
Καθαρές απαιτήσεις							15	30	30
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών									
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών									

2. Επιλογή μεγέθους παρτίδας (lot-sizing)

Παρτίδα-προς-παρτίδα (*lot-for-lot*): Θέτει την ποσότητα παραγωγής σε κάθε περίοδο ίση με τις καθαρές απαιτήσεις αυτής της περιόδου.

Σταθερή περίοδος παραγγελίας (*fixed order period* ή *FOP*) ή ποσότητας περιοδικής παραγγελίας (*period order quantity*): Συνδυάζει τις καθαρές απαιτήσεις P περιόδων.

Παράδειγμα

Κανόνες επιλογής μεγέθους παρτίδας:

1. Τεμάχια Α και Β - σταθερή περίοδος παραγγελίας με $P = 2$
2. Όλα τα άλλα τεμάχια - παρτίδα-προς-παρτίδα

Πίνακας 2-3 Προγραμματισμένες παραλαβές και εκλύσεις παραγγελιών

Τεμάχιο Α		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		15	20	50	10	30	30	30	30
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)		10	10		100				
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ			20	100					
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	20	5	5	55	45	15	-15	-	-
Καθαρές απαιτήσεις							15	30	30
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών							45		30
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών					45		30		

3. Μετατόπιση χρόνων (time phasing)

Παράδειγμα

Προγραμματισμένος χρόνος υστέρησης για το τεμάχιο Α = δύο περίοδοι

4. Ανάπτυγμα BOM

MPS για το τεμάχιο B:

Τεμάχιο B	1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις	10	15	10	0	20	15	15	15

Δεδομένα για τα τεμάχια B, 100, 300 και 500 (για συντομία, δεν θα ασχοληθούμε με τα τεμάχια 200, 400 και 600):

Κωδικός Τεμαχίου	Τρέχον διαθέσιμο απόθεμα	Προγρ/σμένες παραλαβές		Κανόνας επιλογής μεγέθους παρτίδας	Χρόνος υστέ- ρησης
		Παράδοση	ποσότητα		
B	40	0		FOP, 2 εβδ.	2 εβδ.
100	40	0		π-π-π	2 εβδ.
300	50	2	100	π-π-π	1 εβδ.
500	40	0		π-π-π	4 εδ.

Πίνακας 2-4 Επεξεργασία MRP για το τεμάχιο B

Τεμάχιο B		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		10	15	10	20	20	15	15	15
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)									
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ									
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	40	30	15	5	-15	-	-	-	-
Καθαρές απαιτήσεις					15	20	15	15	15
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών					35		30		15
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών			35		30		15		

Πίνακας 2-5 Επεξεργασία MRP για το τεμάχιο 500

Τεμάχιο 500		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις			35		30		15		
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)									
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ									
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	40	40	5	5	-25	-	-	-	-
Καθαρές απαιτήσεις					25		15		
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών					25		15		
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών		25*	15						

*υποδεικνύει αργοπορημένη έκλυση

Πίνακας 2-6 Επεξεργασία MRP για το τεμάχιο 100

Τεμάχιο 100		1	2	3	4	5	6
Απαιτήσεις από το Α					90		60
Απαιτήσεις από το 500		25	15				
Ακαθάριστες απαιτήσεις		25	15		90		60
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)							
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ							
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	40	15	0	0	-90	-	-
Καθαρές απαιτήσεις					90		60
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών					90		60
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών			90		60		

Πίνακας 2-7 Επεξεργασία MRP για το τεμάχιο 300

Τεμάχιο 300		1	2	3	4	5	6	7	8
Απαιτήσεις από το Β			35		30		15		
Απαιτήσεις από το 100			90		60				
Ακαθάριστες απαιτήσεις			125		90		15		
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)			100						
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ			100						
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	50	50	25	25	-65	-	-	-	-
Καθαρές απαιτήσεις					65		15		
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών					65		15		
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών				65		15			

2.1.5 Ειδικά Κεφάλαια στο *MRP*

Συχνότητα ενημέρωσης.

- **Πολύ συχνή ενημέρωση:** Το εργοστάσιο θα δέχεται έναν καταιγισμό από αναφορές εξαίρεσης και οι προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών θα αλλάζουν συνέχεια.
- **Πολύ αραιή ενημέρωση:** Θα καταλήγουμε με παλιά προγράμματα που συχνά είναι ξεπερασμένα.

Μέθοδος ενημέρωσης.

- **Ανανεωτική (*regenerative*):** Όλες οι προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών που δεν έχουν ακόμα μετατραπεί σε πραγματικές εργασίες (προγρ/σμένες παραλαβές) απορρίπτονται, και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από την αρχή ξεκινώντας από το *MPS* στο επίπεδο μηδέν.
- **Καθαρές αλλαγές (*net-change*).** Επηρεάζονται μόνο εκείνα τα τεμάχια των οποίων η ζήτηση έχει αλλάξει. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την γρηγορότερη ενημέρωση, αλλά είναι λιγότερο αποτελεσματική γιατί η επιλογή του μεγέθους παρτίδας δεν επωφελείται στο έπακρο από όλες τις καθαρές απαιτήσεις.

Τα περισσότερα σύγχρονα συστήματα *MRP* χρησιμοποιούν την ανανεωτική μέθοδο.

Σταθερές Προγραμματισμένες Παραγγελίες (*firm planned orders*).

Προγραμματισμένες παραγγελίες που κρατούνται σταθερές και προγραμματίζονται να ξεκινήσουν όποιες και να είναι οι αλλαγές στο σύστημα. Σταθεροποιούν το πρόγραμμα παραγωγής και χρησιμεύουν για να μειώνουν την **νευρικότητα** του συστήματος.

Αντιμετώπιση Προβλημάτων στο *MRP*

Σε πολλά συστήματα *MRP* έχουν προστεθεί τεχνικές με σκοπό να βοηθήσουν τον προγραμματιστή της παραγωγής καθώς αλλάζουν οι συνθήκες.

Αναγωγή (pegging): Επιτρέπει στον προγραμματιστή να δει την ζήτηση από όπου πηγάζει μια προγρ/σμένη έκλυση παραγγελίας παρέχοντας έναν σύνδεσμο από τις ακαθάριστες απαιτήσεις ενός τεμαχίου σε όλες της πηγές του της ζήτησης.

Μία από τις χρήσεις της αναγωγής είναι ο **αναπρογραμματισμός από κάτω προς τα πάνω (bottom-up replanning)**.

2.1.6 Επιλογή Μεγέθους Παρτίδας στο MRP

Παρτίδα-προς-παρτίδα (lot-for-lot). Παράγουμε στην περίοδο t για να ικανοποιήσουμε τις απαιτήσεις της περιόδου t .

- Ελαχιστοποιεί (μηδενίζει) το απόθεμα.
- Μεγιστοποιεί το συνολικό κόστος προετοιμασίας.
- Είναι ελκυστική γιατί 1) είναι απλή, 2) συμβαδίζει με την φιλοσοφία *just-in-time* και 3) τείνει να παράγει ένα πιο ομαλό πρόγραμμα παραγωγής, εφόσον δεν στοιβάζει απαιτήσεις από πολλές περιόδους μαζί.
- Είναι μάλλον η καλύτερη πολιτική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν τα κόστη προετοιμασίας είναι ελάχιστα.

Σταθερή ποσότητα παραγγελίας (fixed order quantity) και EOO. Παραγγέλλεται μια προκαθορισμένη ποσότητα κάθε φορά που δίνεται μία παραγγελία. Χρησιμοποιείται:

- Όταν τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά των εργασιών μέσα στο εργοστάσιο έχουν συγκεκριμένο μέγεθος.
- Επειδή σταθεροποίηση του μεγέθους της παρτίδας επηρεάζει τον αριθμό των προετοιμασιών.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το πρότυπο EOQ αντικαθιστώντας την σταθερή ζήτηση D , στον τύπο EOQ , με μια εκτίμηση της μέσης ζήτησης, \bar{D} , δηλαδή

$$Q = \sqrt{\frac{2A\bar{D}}{h}}.$$

- Δεν έχει την ιδιότητα Wagner–Whitin σύμφωνα με την οποία παράγουμε μόνον όταν τα επίπεδα των αποθεμάτων φτάνουν στο μηδέν.
- Μπορεί να οδηγήσει στην διατήρηση αποθέματος που δεν έχει σαν αποτέλεσμα την εξάλειψη κάποιας προετοιμασίας.
- Μπορούμε να μετατρέψουμε λίγο τον κανόνα ώστε να θεωρούμε μόνον μεγέθη εργασιών που είναι ίσα με την ακριβή ζήτηση μιας ή περισσότερων περιόδων και μετά να επιλέξουμε αυτό που είναι πλησιέστερο στο επιθυμητό σταθερό μέγεθος παρτίδας

Παράδειγμα. Έστω ότι το σταθερό μέγεθος παραγγελίας είναι 50 μονάδες και οι ακαθάριστες απαιτήσεις είναι:

Ακαθάριστες απαιτήσεις	15	15	60	65	55	15	20	10
------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

Για να διατηρήσουμε την ιδιότητα Wagner–Whitin, οι προγραμματισμένες παραλαβές παραγγελιών θα έπρεπε να είναι:

Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών	30		60	65	55	45		
------------------------------------	----	--	----	----	----	----	--	--

Σταθερή περίοδος παραγγελίας (*fixed order period*). Αν πρόκειται να παράγουμε την περίοδο t , τότε ας παράγουμε για να ικανοποιήσουμε όλη την ζήτηση των περιόδων $t, t + 1, \dots, t + P - 1$, όπου το P είναι η παράμετρος της πολιτικής.

- Έχει την ιδιότητα Wagner–Whitin.
- Αν υπάρχουν περιόδοι χωρίς ζήτηση, προσπερνιούνται.

Παράδειγμα. Έστω $P = 3$. Τότε, οι περίοδοι 1 και 5 προσπερνιούνται εφόσον δεν έχουν ζήτηση.

Περίοδος	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ακαθάριστες απαιτήσεις		15	45			25	15	20	15
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών		60				60			15

Ένας τρόπος καθορισμού της «βέλτιστης» τιμής του P είναι $P = Q / \bar{D}$. **Παράδειγμα.** Έστω ότι $A = 150$ χ.μ. και $h = 2$ χ.μ. Υπολογίζουμε $\bar{D} = 135 / 9 = 15$ και στην συνέχεια

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{h}} = \sqrt{\frac{2 \times 150 \times 15}{2}} = 47,4 \text{ και } P = Q / \bar{D} = 47,4 / 15 = 3,16 \approx 3.$$

Εξισορρόπηση τεμαχίων-περιόδων (*part-period balancing*). Εξισορροπούμε (δηλαδή εξισώνουμε) το κόστος διατήρησης αποθέματος και το κόστος προετοιμασίας.

Τεμάχια-περίοδοι: Το γινόμενο του αριθμού των τεμαχίων σε μια παρτίδα επί τον αριθμό των περιόδων όπου διατηρούνται στο απόθεμα.

Παράδειγμα.

Ποσότητα για την περίοδο 2	Κόστος προετοιμασίας	Τεμάχια-περίοδοι	Κόστος διατήρησης αποθέματος
15	150	0	0
60	150	$(45)(1) = 45$	90
85	150	$45 + (25)(4) = 145$	290

Εφόσον το 90 είναι κοντύτερα στο 150 από τις άλλες επιλογές, επιλέγουμε να κατασκευάσουμε 60 μονάδες την περίοδο 2.

Ποσότητα για την περίοδο 6	Κόστος προετοιμασίας	Τεμάχια-περίοδοι	Κόστος διατήρησης αποθέματος
25	150	0	0
40	150	$(15)(1) = 15$	30
60	150	$15 + (20)(2) = 55$	110
75	150	$55 + (15)(3) = 100$	200

Το κόστος διατήρησης αποθέματος που είναι κοντύτερα στο 150 επέρχεται αν αποφασίσουμε να κατασκευάσουμε 60 μονάδες. Αυτές καλύπτουν τις περιόδους 6, 7 και 8, αφήνοντας 15 μονάδες για την περίοδο 9.

2.1.7 Απόθεμα Ασφαλείας και Χρόνοι Υστέρησης Ασφαλείας

Πηγές αβεβαιότητας:

Ποσότητα και χρόνος 1) άφιξης της ζήτησης και 2) παραγωγής.

Απόθεμα ασφαλείας (*safety stock*): Συχνά χρησιμοποιείται για προστασία έναντι αβεβαιοτήτων στις ποσότητες της παραγωγής και της ζήτησης.

Χρόνος υστέρησης ασφαλείας (*safety lead time*): Συχνά χρησιμοποιείται για προστασία έναντι αβεβαιοτήτων στους χρόνους της παραγωγής και της ζήτησης.

Παράδειγμα (απόθεμα ασφαλείας). Έστω απόθεμα ασφαλείας 10 μονάδες για το τεμάχιο Β.

Πίνακας 2-8 Υπολογισμοί *MRP* για το τεμάχιο Β με απόθεμα ασφαλείας

Τεμάχιο Β		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		10	15	10	20	20	15	15	15
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)									
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ									
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	40	30	15	5	-	-	-	-	-
Προβαλλόμενο διαθέσιμο – απόθ. ασφ.	30	20	5	-5	-	-	-	-	-
Καθαρές απαιτήσεις				5	20	20	15	15	15
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών				25		35		30	
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών		25		35		30			

Παράδειγμα (χρόνος υστέρησης ασφαλείας). Έστω χρόνος υστέρησης ασφαλείας μίας εβδομάδας για το τεμ. Β.

Πίνακας 2-9 Υπολογισμοί *MRP* για το τεμάχιο Β με χρόνο υστέρησης ασφαλείας

Τεμάχιο Β		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		10	15	10	20	20	15	15	15
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)									
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ									
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	40	30	15	5	-15	-	-	-	-
Καθαρές απαιτήσεις					15	20	15	15	15
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών					35		30		15
Αναπροσαρμοσμένες προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών				35		30		15	
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών		35		30		15			

Η επίδραση του χρόνου υστέρησης ασφαλείας σε ένα μόνο προϊόν είναι απλή. Όμως, τα πράγματα είναι πιο λεπτά, όταν υπάρχουν περισσότερα προϊόντα.

Αν θέλουμε να εξασφαλίσουμε ένα επίπεδο εξυπηρέτησης για ένα συναρμολογημένο προϊόν, η εξυπηρέτηση για τα συστατικά εξαρτήματα πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερη.

2.1.8 Διευθέτηση Απωλειών Απόδοσης Παραγωγής

Απώλεια απόδοσης παραγωγής (*yield loss*): Η τυχαία απόρριψη τεμαχίων κατά την διάρκεια της παραγωγής.

N_t = η μέση ζήτηση (τεμάχια)

y = απώλεια απόδοσης παραγωγής

Αν ξεκινήσουμε με $N_t(1/y)$ μονάδες, θα καταλήξουμε στον μέσο όρο με N_t μονάδες.

Στην πραγματικότητα θα καταλήξουμε, περίπου με ίση πιθανότητα, είτε με περισσότερες είτε με λιγότερες μονάδες.

Στην πρώτη περίπτωση τις επιπλέον μονάδες θα τις διατηρήσουμε σαν απόθεμα.

Στην δεύτερη περίπτωση θα απαιτηθεί να δημιουργήσουμε μια νέα εργασία για να καλύψουμε την διαφορά, πράγμα που πολύ δύσκολα θα επιτευχθεί στην ώρα του.

Πιθανές λύσεις:

1. Διογκώνουμε το μέγεθος της εργασίας σε $N_t(1/y)$, και διατηρούμε ένα απόθεμα ασφαλείας για να προστατεύσουμε το σύστημα σε περιπτώσεις όπου η παραγωγή είναι μικρότερη από την μέση απόδοση.
2. Διογκώνουμε το μέγεθος της εργασίας περισσότερο από $(1/y)$ και δεν διατηρούμε απόθεμα ασφαλείας.

Η αποτελεσματικότητα οποιασδήποτε στρατηγικής για την διευθέτηση απωλειών απόδοσης παραγωγής εξαρτάται από την *μεταβλητότητα* της ίδιας της απόδοσης

2.1.9 Προβλήματα του *MRP*

Μη εφικτό πρόγραμμα ως προς την παραγωγική ικανότητα.

Η βασική υπόθεση του *MRP* είναι ότι οι χρόνοι υστέρησης είναι σταθεροί και δεν εξαρτώνται από τον φόρτο εργασιών του συστήματος παραγωγής. Αυτό έμμεσα υποθέτει ότι το σύστημα πάντα θα έχει αρκετή παραγωγική ικανότητα άσχετα από τον φόρτο εργασιών, με άλλα λόγια θα έχει άπειρη παραγωγική ικανότητα.

Ένας τρόπος αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος είναι να εξασφαλισθεί ότι το *MPS*, που παρέχει την ζήτηση στο σύστημα, είναι εφικτό ως προς την παραγωγική ικανότητα. Ένας τρόπος ελέγχου αυτού είναι μέσα από μια προσεγγιστική διαδικασία που ονομάζεται χονδρικός **προγραμματισμός παραγωγικής ικανότητας** (*rough-cut capacity planning* ή *RCCP*), ή μέσα από μια πιο λεπτομερή διαδικασία που ονομάζεται **προγραμματισμός απαιτούμενης παραγωγικής ικανότητας** (*capacity requirements planning* ή *CRP*).

Μακροί προγραμματισμένοι χρόνοι υστέρησης. Όπως είδαμε στην προηγούμενη συζήτησή μας για τους χρόνους υστέρησης ασφάλειας, υπάρχει μεγάλη πίεση να αυξήσουμε τους προγραμματισμένους χρόνους υστέρησης σε ένα σύστημα *MRP*.

Τα προβλήματα που δημιουργούν οι μακροί προγραμματισμένοι χρόνοι υστέρησης επιδεινώνονται από το γεγονός ότι το *MRP* χρησιμοποιεί *σταθερούς* χρόνους υστέρησης, όταν στην πραγματικότητα οι χρόνοι υστέρησης μεταβάλλονται συνέχεια.

Νευρικότητα του συστήματος. Νευρικότητα σε ένα σύστημα *MRP* εκδηλώνεται όταν μια μικρή αλλαγή στο *MPS* έχει σαν αποτέλεσμα μια μεγάλη αλλαγή στις προγραμματισμένες εκλύσεις παραγγελιών.

Στο παράδειγμα, θεωρούμε δύο είδη. Το είδος A έχει χρόνο υστέρησης δύο εβδομάδες και χρησιμοποιεί τον κανόνα επιλογής μεγέθους παρτίδας σταθερής περιόδου παραγγελίας με περίοδο παραγγελίας πέντε εβδομάδων. Κάθε μονάδα του είδους A απαιτεί μία μονάδα του είδους B, που έχει χρόνο υστέρησης τέσσερις εβδομάδες και χρησιμοποιεί τον κανόνα επιλογής μεγέθους παρτίδας σταθερής περιόδου παραγγελίας με περίοδο παραγγελίας πέντε εβδομάδων.

Πίνακας 2-10. Υπολογισμοί για το είδος A πριν την αλλαγή στην ζήτηση

Τεμάχιο A		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		2	24	3	5	1	3	4	50
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)									
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ									
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	28	26	2	-1	-	-	-	-	-
Καθαρές απαιτήσεις				1	5	1	3	4	50
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών				14					50
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών		14					50		

Πίνακας 2-11. Υπολογισμοί για το είδος Β πριν την αλλαγή στην ζήτηση

Τεμάχιο Β		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		14					50		
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)		14							
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ		14							
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	2	2	2	2	2	2	-48	-	-
Καθαρές απαιτήσεις							48		
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών							48		
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών			48						

Στην συνέχεια μειώνουμε την ζήτηση στην περίοδο από 24 σε 23 μονάδες.

Πίνακας 2-12. Υπολογισμοί για το είδος Α μετά την αλλαγή στην ζήτηση

Τεμάχιο Α		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		2	23	3	5	1	3	4	50
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)									
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ									
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	28	26	3	0	-5	-	-	-	-
Καθαρές απαιτήσεις					5	1	3	4	50
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών					63				
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών			63						

Πίνακας 2-13. Υπολογισμοί για το είδος Β μετά την αλλαγή στην ζήτηση

Τεμάχιο Β		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις			63						
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)		14							
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ			14						
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	2	2	-47	-	-	-	-	-	-
Καθαρές απαιτήσεις			47						
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών			47						
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών		47*							

*υποδεικνύει αργοπορημένη έκλυση

Προτεινόμενες λύσεις:

1. Χρήση διαφορετικών κανόνων επιλογής μεγέθους παρτίδας για διαφορετικά επίπεδα στο BOM, με σταθερή ποσότητα παραγγελίας για τελικά είδη, σταθερή ποσότητα παραγγελίας ή παρτίδα-προς-παρτίδα για ενδιάμεσα είδη, και σταθερή περίοδο παραγγελίας για τα χαμηλότερα επίπεδα. Η λογική είναι ότι εφόσον το μέγεθος παρτίδας δεν μεταβάλλεται στα ανώτερα επίπεδα, η νευρική εξαιτίας των αλλαγών στο μέγεθος παρτίδας τείνει να ελαττωθεί.
2. Μείωση όσο γίνεται των αλλαγών στα ίδια τα εισαγόμενα. Αυτό μπορεί να γίνει παγιώνοντας τις αρχικές περιόδους του *MPS*, πράγμα που μειώνει την ποσότητα των αλλαγών που μπορούν να συμβούν στο *MPS*, και κατά συνέπεια μειώνει τις αλλαγές στις προγραμματισμένες εκλύσεις παραγγελιών.
3. Χρήση **παγιωμένων προγραμματισμένων παραγγελιών**, που έγκειται στην παγίωση των προγραμματισμένων εκλύσεων παραγγελιών.

Πίνακας 2-14. Υπολογισμοί για το είδος Α με παγιωμένες προγρ/σμένες παραγγελίες

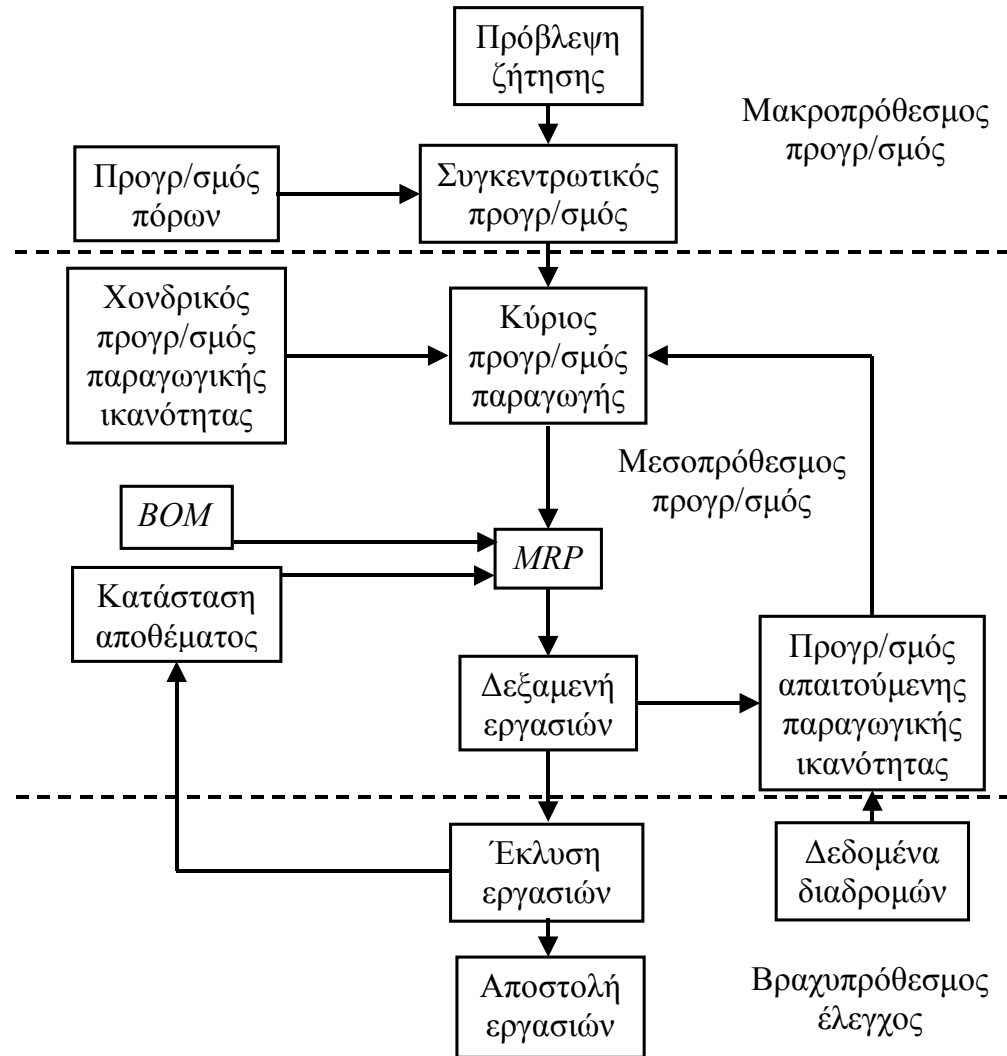
Τεμάχιο Α		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		2	23	3	5	1	3	4	50
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)									
Παγιωμένες προγρ/σμένες παραγγελίες				14					
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	28	26	3	14	9	8	5	1	-49
Καθαρές απαιτήσεις									49
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών				[14]					49
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών		[14]	63				49		

Πίνακας 2-15. Υπολογισμοί για το είδος Β με παγιωμένες προγρ/σμένες παραγγελίες

Τεμάχιο Β		1	2	3	4	5	6	7	8
Ακαθάριστες απαιτήσεις		14					49		
Προγρ/σμένες παραλαβές (ΠΠ)		14							
Αναπροσαρμοσμένες ΠΠ									
Προβαλλόμενο διαθέσιμο απόθεμα	2	2	2	2	2	2	-47	-	-
Καθαρές απαιτήσεις							47		
Προγρ/σμένες παραλαβές παραγγελιών							47		
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών			47						

2.2 Προγραμματισμός Παραγωγικών Πόρων (*Manufacturing Resources Planning* ή *MRP II*)

2.2.1 Η Ιεραρχία του *MRP II*



Εικόνα 3. Ιεραρχία του *MRP II*

2.2.2 Μακροπρόθεσμος προγραμματισμός

Μήκος χρονικού ορίζοντα: έξι μήνες - πέντε έτη

Συχνότητα αναπρογραμματισμού: μια φορά ανά μήνα - μια φορά ανά έτος.

Βαθμός λεπτομέρειας είναι συνήθως στο επίπεδο οικογένειας τεμαχίων

Πρόβλεψη (forecasting): Επιδιώκει να προβλέπει ζητήσεις στο μέλλον. Οι μακροπρόθεσμες προβλέψεις είναι σημαντικές για τον καθορισμό των αναγκών σε παραγωγική ικανότητα, εργαλεία και ανθρώπινο δυναμικό. Οι βραχυπρόθεσμες προβλέψεις μετατρέπουν τις μακροπρόθεσμες προβλέψεις οικογενειών τεμαχίων σε βραχυπρόθεσμες προβλέψεις μεμονωμένων τελικών ειδών.

Προγραμματισμός πόρων (resource planning): Η διαδικασία του καθορισμού της απαιτούμενης παραγωγικής ικανότητας μακροπρόθεσμα. **Συγκεντρωτικός προγραμματισμός (aggregate planning)**: Χρησιμοποιείται για να καθοριστούν επίπεδα παραγωγής, επάνδρωσης, αποθεμάτων, υπερωριών, κοκ, σε μακροχρόνια βάση. Το επίπεδο λεπτομέρειας είναι τυπικά ανά μήνα και για οικογένειες τεμαχίων.

2.2.3 Μεσοπρόθεσμος Προγραμματισμός

Κύριος προγραμματισμός παραγωγής (master production scheduling): Παράγει το *MPS*, ένα θεμελιώδες εισαγόμενο του *MRP*. Η λειτουργία αυτή συνεργάζεται με τον χονδρικό προγραμματισμό παραγωγικής ικανότητας για να εξασφαλίσει ότι το *MPS* είναι εφικτό ως προς την παραγωγική ικανότητα.

Χονδρικός προγραμματισμός παραγωγικής ικανότητας (rough-cut capacity planning ή RCCP): Χρησιμοποιείται για να παράσχει έναν γρήγορο έλεγχο της παραγωγικής ικανότητας μερικών κρίσιμων πόρων με στόχο να εξασφαλιστεί ότι το *MPS* είναι εφικτό.

Πίνακας πόρων (bill of resources): Δίνει τον αριθμό των ωρών που απαιτούνται σε κάθε κρίσιμο πόρο για την κατασκευή ενός τελικού είδους.

Παράδειγμα. Έστω τεμάχιο A που αποτελείται από τα A_1 και A_2 . Το A χρειάζεται 1 ώρα επεξεργασίας στο κέντρο επεξεργασίας 21, ενώ τα A_1 και A_2 χρειάζονται $\frac{1}{2}$ ώρα και 1 ώρα, αντίστοιχα. Έστω τεμάχιο B που δεν έχει συστατικά εξαρτήματα και απαιτεί 2 ώρες στο κέντρο επεξεργασίας 21. Το *MPS* και ο πίνακας πόρων για τα τεμάχια A & B είναι:

Εβδομάδα	1	2	3	4	5	6	7	8
Τεμάχιο A	10	10	10	20	20	20	20	10
Τεμάχιο B	5	25	5	15	10	25	15	10

Κέντρο επεξεργασίας	Τεμάχιο A	Τεμάχιο B
21	2,5	2,0

Οι υπολογισμοί του *RCCP* για τα τεμάχια A και B στο κέντρο επεξεργασίας 21 δίνονται από τον παρακάτω πίνακα:

Εβδομάδα	1	2	3	4	5	6	7	8
Τεμάχιο A (ώρες)	25	25	25	50	50	50	50	25
Τεμάχιο B (ώρες)	10	50	10	30	20	50	30	10
Σύνολο (ώρες)	35	75	35	80	70	100	80	35
Διαθέσιμες ώρες	65	65	65	65	65	65	65	65
Πλεόνασμα/έλλειμμα ωρών	30	-10	30	-15	-5	-35	-15	30

Μερικές περιόδους έχουν ανεπαρκή παραγωγική ικανότητα ενώ άλλες έχουν πλεόνασμα. Πιθανές λύσεις:

1. Να προσαρμόσουμε το *MPS* αλλάζοντας τις ημερομηνίες παράδοσης, ή
2. Να προσαρμόσουμε την παραγωγική ικανότητα προσθέτοντας ή αφαιρώντας πόρους, με την χρήση υπερωριών ή υπεργολαβιών για την κάλυψη μέρους των εργασιών.

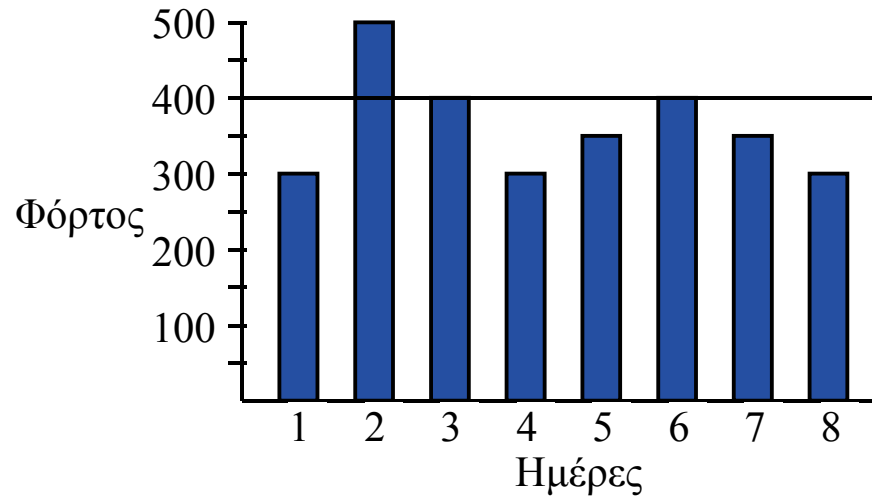
MRP: Ίδιο με την διαδικασία *MRP* που περιγράφηκε πρωτύτερα. Το εξαγόμενο του *MRP* είναι η **δεξαμενή εργασιών (*job pool*)**, που αποτελείται από προγραμματισμένες εκλύσεις παραγγελιών. Αυτές εκλύονται στο δάπεδο του εργοστασίου με την λειτουργία της **έκλυσης εργασιών (*job release*)**.

Προγραμματισμός απαιτούμενης παραγωγικής ικανότητας (*capacity requirements planning* ή *CRP*): Παρέχει έναν πιο λεπτομερή έλεγχο των παραγόμενων από το *MRP* προγραμμάτων παραγωγής ως προς την παραγωγική ικανότητα από ότι το *RCCP*. Το *CRP* εκτελεί την λεγόμενη **πρόσθια ανάθεση φόρτου με άπειρη παραγωγική ικανότητα (*infinite forward loading*)**. Το *CRP* προβλέπει τους χρόνους ολοκλήρωσης για *κάθε κέντρο επεξεργασίας* χρησιμοποιώντας *σταθερούς* χρόνους υστέρησης και στην συνέχεια υπολογίζει έναν προβλεπόμενο φόρτο εργασίας κατά την διάρκεια του χρόνου. Οι φόρτοι συγκρίνονται με την διαθέσιμη παραγωγική ικανότητα, αλλά δεν γίνεται καμία διόρθωση για καταστάσεις υπερφόρτωσης.

Παράδειγμα. Έστω ότι ένα κέντρο επεξεργασίας έχει χρόνο υστέρησης τρεις ημέρες και παραγωγική ικανότητα 400 τεμάχια ανά ημέρα. Στην αρχή της τρέχουσας ημέρας, 400 μονάδες έχουν μόλις εκλυθεί στο κέντρο επεξεργασίας, 500 μονάδες βρίσκονται εκεί για μια ημέρα, και 300 μονάδες βρίσκονται εκεί για δύο ημέρες. Οι προγραμματισμένες εκλύσεις παραγγελιών για τις επόμενες πέντε ημέρες έχουν ως εξής:

Ημέρα	1	2	3	4	5
Προγρ/σμένες εκλύσεις παραγγελιών	300	350	400	350	300

Χρησιμοποιώντας τον χρόνο υστέρησης των τριών ημερών, μπορούμε να υπολογίσουμε πότε θα αναχωρήσουν τα τεμάχια από το κέντρο επεξεργασίας. Αν ποτέ προβλέψουμε περισσότερες από 400 μονάδες την ημέρα, το κέντρο επεξεργασίας θεωρείται υπερφορτωμένο. Το επακόλουθο **περίγραμμα φόρτου (*load profile*)** φαίνεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Περίγραμμα φόρτου *CRP*

Ας σημειωθεί ότι ακόμα και όταν ο φόρτος ξεπερνάει την παραγωγική ικανότητα, το *CRP* υποθέτει ότι ο χρόνος διέλευσης μέσα από το κέντρο επεξεργασίας δεν αλλάζει. Συνεπώς, το *CRP* δεν είναι καλό όργανο πρόβλεψης συνθηκών φόρτου παρά μόνο στον πολύ κοντινό ορίζοντα.

Ένα άλλο πρόβλημα με το *CRP* είναι ότι το μόνο που κάνει είναι να βρίσκει που είναι το πρόβλημα, αλλά δεν προσφέρει τίποτα που να υποδεικνύει τι το προκάλεσε ή τι μπορεί να γίνει για να επιλυθεί.

Ένα βασικό μειονέκτημα του *CRP* είναι ότι, όπως και το *MRP*, έμμεσα υποθέτει ότι υπάρχει απεριόριστη παραγωγική ικανότητα. Αυτό προέρχεται από την υπόθεση των σταθερών χρόνων υστέρησης που δεν εξαρτώνται από τον φόρτο του κέντρου επεξεργασίας.

Συμπερασματικά, λόγω των σοβαρών μειονεκτημάτων του *CRP* όλο και λιγότερες εταιρείες το χρησιμοποιούν.

2.2.4 Βραχυπρόθεσμος Έλεγχος

Από την στιγμή που εκλύεται μια εργασία ή μια παραγγελία αγοράς, πρέπει να υπάρχει κάποιος έλεγχος για να εξασφαλιστεί ότι θα ολοκληρωθεί στην ώρα της και στην σωστή ποσότητα. Αν πρόκειται για εξαρτήματα που αγοράζονται, η παραγγελία αγοράς πρέπει να παρακολουθείται. Αν πρόκειται για εσωτερική κατασκευή, ο έλεγχος γίνεται κάτω από μια λειτουργία που ονομάζεται **έλεγχος δαπέδου εργοστασίου** (*shop floor control* ή *SFC*) ή **έλεγχος παραγωγικής δραστηριότητας** (*production activity control* ή *PAC*). Μέσα στο SFC υπάρχουν δύο λειτουργίες: η **αποστολή εργασιών** και ο **έλεγχος εισαγόμενων/εξαγόμενων**.

Αποστολή εργασιών (*job dispatching*). Η βασική ιδέα πίσω από την αποστολή εργασιών είναι η ανάπτυξη ενός κανόνα για την παράταξη των εργασιών που βρίσκονται στην ουρά πίσω από κάθε σταθμό εργασίας με στόχο να τηρηθούν οι ημερομηνίες παράδοσης επιτυγχάνοντας υψηλούς ρυθμούς απασχόλησης των μηχανών και χαμηλούς χρόνους κατασκευής. Πολλοί τέτοιοι κανόνες έχουν προταθεί.

Ένας από τους απλούστερους κανόνες είναι γνωστός με το όνομα **βραχύτερος χρόνος επεξεργασίας** (*shortest processing time* ή *SPT*). Κάτω από τον κανόνα αυτόν, οι εργασίες που περιμένουν επεξεργασία στην ουρά κάθε σταθμού εργασίας διατάσσονται κατά αύξοντα χρόνο επεξεργασίας. Η χρήση του *SPT* συνήθως μειώνει τους μέσους χρόνους κατασκευής και αυξάνει την απασχόληση των μηχανών. Η μέση τήρηση των ημερομηνιών παράδοσης είναι γενικά αρκετά καλή αν και οι ημερομηνίες παράδοσης δεν λαμβάνονται υπόψη στην διάταξη.

Προβλήματα με τον κανόνα *SPT* απαντώνται οποτεδήποτε υπάρχουν ιδιαίτερα μακριές εργασίες γιατί τέτοιες εργασίες μπορεί να περιμένουν στην ουρά πολύ καιρό πριν καν ξεκινήσουν. Ένας τρόπος για να αποφευχθεί αυτό είναι να χρησιμοποιηθεί ένας κανόνας που είναι γνωστός ως *SPT^x*, όπου το *x* είναι μία παράμετρος. Κάτω από αυτόν τον κανόνα, η επόμενη εργασία που θα επιλεγεί είναι αυτή με τον βραχύτερο χρόνο επεξεργασίας, εκτός αν υπάρχει κάποια εργασία που περιμένει *x* χρονικές μονάδες ή περισσότερο, οπότε επιλέγεται αυτή η εργασία.

Αν οι εργασίες έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος και οι διαδρομές είναι αρκετά συνεπείς, ένας καλός κανόνας αποστολής εργασιών είναι η λεγόμενη **νωρίτερη ημερομηνία παράδοσης** (*earliest due date* ή *EDD*) κάτω από την οποία η επόμενη εργασία που επιλέγεται είναι αυτή με την κοντινότερη ημερομηνία παράδοσης.

Τρεις άλλοι κοινοί κανόνες αποστολής εργασιών είναι οι εξής.

Ελάχιστος μπόσικος χρόνος (*least slack*). Ο μπόσικος χρόνος μιας εργασίας είναι η ημερομηνία παράδοσής της μείον τον υπόλοιπο χρόνο επεξεργασίας (συμπεριλαμβανομένων των χρόνων προετοιμασίας) μείον τον τρέχοντα χρόνο. Επιλέγεται η εργασία με τον ελάχιστο μπόσικο χρόνο.

Ελάχιστος μπόσικος χρόνος ανά κατεργασία (*least slack per remaining operation*). Αυτός ο κανόνας είναι παρεμφερής με τον κανόνα του ελάχιστου μπόσικου χρόνου, με την διαφορά ότι ο μπόσικος χρόνος κάθε εργασίας διαιρείται με τον αριθμό των κατεργασιών που υπολείπονται μέχρι το τέλος της διαδρομής της εργασίας.

Ελάχιστος κρίσιμος λόγος (*smallest critical ratio*). Οι εργασίες διατάσσονται σύμφωνα με έναν δείκτη που υπολογίζεται διαιρώντας τον υπολειπόμενο χρόνο (δηλαδή, την ημερομηνία παράδοσης μείον τον τρέχοντα χρόνο) με τον αριθμό των ωρών εργασίας που υπολείπονται. Αν ο δείκτης μεγαλύτερος από ένα, η εργασία θα έπρεπε να τελειώσει χωρίς καθυστέρηση. Αν είναι μικρότερος από ένα, τότε η εργασία θα τελειώσει με καθυστέρηση, ενώ αν είναι αρνητικός, η εργασία είναι ήδη καθυστερημένη.

Υπάρχουν τουλάχιστον 100 διαφορετικοί κανόνες αποστολής εργασιών που έχουν προταθεί στην βιβλιογραφία. Φυσικά κανένας κανόνας δεν μπορεί να δουλεύει καλά πάντοτε γιατί όλοι οι κανόνες, από την φύση τους, είναι μυωπικοί.

Έλεγχος εισαγόμενων/εξαγόμενων (*Input/output control*). Ο έλεγχος εισαγόμενων/εξαγόμενων προτάθηκε αρχικά από τον Wight (1970) ως τρόπος για να κρατηθούν οι χρόνοι υστέρησης υπό έλεγχο και λειτουργεί ως εξής:

1. Παρακολουθείται το επίπεδο *WIP* σε κάθε κέντρο επεξεργασίας.
2. Αν το *WIP* ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο ανώτατο επίπεδο, τότε ο τρέχων ρυθμός έκλυσης είναι πολύ μεγάλος, συνεπώς μειώνεται.
3. Αν το *WIP* πέσει κάτω από ένα συγκεκριμένο κατώτατο επίπεδο, τότε ο τρέχων ρυθμός έκλυσης είναι πολύ μικρός, συνεπώς αυξάνεται.

4. Αν το επίπεδο *WIP* παραμείνει ανάμεσα στα δύο αυτά επίπεδα, τότε ο τρέχων ρυθμός έκλυσης είναι σωστές για τις τρέχουσες συνθήκες.

Οι δράσεις αύξησης και μείωσης πραγματοποιούνται μετατρέποντας το *MPS*.

Ο έλεγχος εισαγόμενων/εξαγόμενων παρέχει έναν εύκολο τρόπο να ελεγχθούν οι εκλύσεις έναντι της διαθέσιμης παραγωγικής ικανότητας. Όμως, περιμένοντας μέχρι το επίπεδο *WIP* να ανέβει υπερβολικά, το σύστημα έχει κατά κάποιο τρόπο ήδη περιέλθει εκτός ελέγχου.