

Δ. Π. ΨΩΙΝΟΥ

Καθηγητή Πανεπιστημίου

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ

ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΤΟΜΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

 **ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΖΗΤΗ**
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα εργοστάσια, δηλαδή οι χώροι στους οποίους συγκεντρώνουμε τους συντελεστές της παραγωγής, τους συνδυάζουμε κατάλληλα και τους κατευθύνουμε προς κάποιο συγκεκριμένο παραγωγικό αποτέλεσμα, είναι κοινωνικά, τεχνολογικά, οικονομικά και οργανωτικά ιδιαίτερα πολύπλοκοι σχηματισμοί. Η σύνθετη φύση τους από τη μια και η έντονη κοινωνική ανάγκη να λειτουργούν σωστά από την άλλη προκάλεσαν το ενδιαφέρον των επιστημόνων από παλιά. Έτσι, στο πέρασμα του χρόνου, μόνο σχετικά με τον τρόπο με τον οποίον πρέπει να τα οργανώνουμε και να τα διοικούμε, δημιουργήθηκε ένας τεράστιος όγκος επιστημονικής γνώσεως. Αυτή τη γνώση είναι πρακτικά αδύνατο να τη συμπεριλάβουμε σ' ένα διδακτικό σύγγραμμα και παράλληλα να διατηρούμε όση αφαίρεση δικαιολογεί η πραγματική φύση των θεμάτων που εξετάζουμε· αναγκαστικά λοιπόν έχουμε κάνει ορισμένες επιλογές. Τις επιλογές αυτές τις κάναμε στη διάρκεια της πολυετούς διδασκαλίας των σχετικών θεμάτων στους φοιτητές του Δ' έτους των τμημάτων Μηχανολόγων, Χημικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ. και τις στηρίζουμε σε ορισμένα κριτήρια που είναι χρήσιμο να τα γνωρίζει ο αναγνώστης. Το πρώτο κριτήριο είναι η επίδραση των αποφάσεων, που προκύπτουν από τη σωστή ή μη αντιμετώπιση των προβλημάτων οργανώσεως και διοικήσεως, στη συνολική και μακρόχρονη παραγωγικότητα του εργοστασίου. Το δεύτερο είναι η δυνατότητά μας, από άποψη επιστημονικής γνώσεως, να λύνουμε πραγματικά το σχετικό πρόβλημα.

Η επίδραση των αποφάσεων στη συνολική και μακρόχρονη παραγωγικότητα του εργοστασίου μας οδήγησε στην απόφαση να γράψουμε τον πρώτο τόμο που αναφέρεται στη σχεδίαση του εργοστασίου. Σ' αυτόν εξετάζουμε

πως μπορούμε να αποφασίζουμε πού θα τοποθετήσουμε ένα εργοστάσιο και πως θα το οργανώσουμε τόσο από άποψη μέσων και μεθόδων παραγωγής, όσο και διοικητικής δομής. Η πρόταξη αυτών των θεμάτων —έστω κι αν μπορεί να θεωρηθεί κάπως πρόωρη— παρουσιάζει ορισμένα βασικά πλεονεκτήματα. Το πρώτο είναι ότι αποκαλύπτει την καθοριστική σημασία των σχετικών αποφάσεων για ολόκληρη τη ζωή του εργοστασίου —επειδή πρακτικά δεν είναι αναστρέψιμες— και δημιουργεί τη χρήσιμη πεποίθηση ότι είναι αδύνατο να λειτουργήσει σωστά ένα κακώς σχεδιασμένο εργοστάσιο. Το δεύτερο είναι ότι ο αναγνώστης διευκολύνεται πραγματικά όταν αρχίζει από την «οικοδόμηση» του εργοστασίου και δεν αναγκάζεται να «λειτουργήσει» κάτι που δεν ξέρει γιατί δημιουργήθηκε έτσι και όχι κάπως αλλιώς. Το τρίτο και τελευταίο πλεονέκτημα είναι ότι ο αναγνώστης επίσης εξοικειώνεται εξαρχής με τα μακρόχρονα προβλήματα του εργοστασίου και έτσι στη συνέχεια μπορεί τα λειτουργικά προβλήματα, που εξετάζουμε στο δεύτερο τόμο του βιβλίου, από τη μια να τα εντάσσει στο πραγματικό τους πλαίσιο κι από την άλλη να τα αξιολογεί σωστά.

Η ύπαρξη επιστημονικής γνώσεως πάνω στην οποία να μπορούμε να στηρίζουμε τη λύση που αναζητούμε μας οδήγησε στην απόφαση να παραλείψουμε ό,τι συνεχίζεται να γίνεται ακόμη και σήμερα εμπειρικά, αφού η σχετική γνώση μπορεί να αποκτηθεί, ίσως και πιο εύκολα, στην πράξη και έτσι μπορούμε να είμαστε εξαντλητικοί σε προβλήματα επαναληπτικής φύσεως που έχουμε τη δυνατότητα να τα λύνουμε με δόκιμες αναλυτικές και μη μεθόδους. Τις μεθόδους αυτές —που μας ενδιαφέρουν κυρίως ως εργαλεία— προσπαθούμε να τις τοποθετούμε όσο πιο καλά μπορούμε μέσα στο πραγματικό πρόβλημα που πρέπει να λύσουμε. Αυτό το κάνουμε με τις κατάλληλες υποθέσεις, εφόσον η πραγματική φύση των προβλημάτων οργανώσεως και διοικήσεως ενός εργοστασίου είναι τόσο πολύπλοκη που δεν μπορούμε να έχουμε ακριβή μαθηματικά τους ανάλογα. Αν οι υποθέσεις αυτές είναι ρεαλιστικές, οι λύσεις που βρίσκουμε είναι πραγματικά βέλτιστες. Αν όμως, είτε οι υποθέσεις που κάνουμε δεν είναι ρεαλιστικές, είτε οι μέθοδοι που χρησιμοποιούμε δεν μπορούν να δεχθούν το σύνολο των παραμέτρων του προβλήματος που πρέπει να λύσουμε, οι λύσεις δεν είναι βέλτιστες ως προς το πραγματικό πρόβλημά μας. Έστω όμως κι αν δεν είναι βέλτιστες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες. Και είναι ιδιαίτερα χρήσιμες γιατί από τη μια μας βοηθούν να κατανοήσουμε καλύτερα το πρόβλημα, κι από την άλλη μπορούμε να τις τροποποιούμε κατάλληλα παίρνοντας υπόψη μας ό,τι δεν μπορέσαμε να συμπεριλάβουμε στην αρχική μαθηματική διαμόρφωση του προβλήματος. Αυτό που συνήθως δεν μπορούμε να εντάξουμε στις μεθόδους που χρησιμοποιούμε είναι διάφοροι ποιοτικοί παράγοντες.

Με βάση τα παραπάνω, από τα οποία προκύπτει ότι δεν ασχολούμαστε

με την απειρία των προβλημάτων που παρουσιάζονται κατά την οργάνωση και διοίκηση ενός εργοστασίου, αλλά μόνο με εκείνα που από τη μια η σωστή λύση τους έχει μεγάλη σημασία στην αποτελεσματικότητα του εργοστασίου, κι από την άλλη μπορούμε να τα λύσουμε με συγκεκριμένες μεθόδους, τη βασική ύλη τη διαιρούμε σε δυο τόμους.

Στον πρώτο τόμο εξετάζουμε τα προβλήματα που σχετίζονται με τη σχεδίαση του εργοστασίου. Τα προβλήματα αυτά είναι: η εκλογή της θέσεως του εργοστασίου, η σχεδίαση της παραγωγής, η σχεδίαση της διακινήσεως των υλικών, η οργάνωση της εργασίας και η διοικητική του οργάνωση. Οι αποφάσεις που θα προκύψουν από τη λύση αυτών των προβλημάτων έχουν τεράστια επίδραση στην αποτελεσματικότητα του εργοστασίου σ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, γιατί ξέρουμε ότι οσοδήποτε καλές κι αν είναι οι αποφάσεις που αφορούν τη λειτουργία του εργοστασίου, δεν πρόκειται να έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα σ' ένα κακώς σχεδιασμένο εξαρχής εργοστάσιο. Και λέμε ότι θα έχουν επίδραση σ' όλη τη διάρκεια της ζωής του γιατί οι πιο πολλές από αυτές δεν είναι ούτε τεχνικά εύκολο, ούτε οικονομικά συμφέρον να αναθεωρούνται μετά την υλοποίησή τους. Όλα αυτά μας υποχρεώνουν να καταβάλουμε κάθε δυνατή προσπάθεια και να χρησιμοποιούμε όλα τα μεθοδολογικά εργαλεία που έχουμε στη διάθεσή μας για να τις προετοιμάζουμε όσο πιο καλά μπορούμε. Όσο όμως κι αν προσπαθήσουμε και οποιαδήποτε σύγχρονη γνώση κι αν χρησιμοποιήσουμε είμαστε αναγκασμένοι πάρα πολλές από τις αποφάσεις που αναφέρονται στη σχεδίαση του εργοστασίου να τις προσεγγίζουμε διαδοχικά. Αυτό σημαίνει ότι καθώς προχωρεί η σχεδιάσή μας και αποκτούμε νέα στοιχεία επανερχόμαστε, αν χρειάζεται, διορθωτικά σε προηγούμενα αποτελέσματα. Αυτός είναι ο λόγος που ορισμένες φορές μοιάζει να είναι αντιφατικές ορισμένες αναλύσεις που κάνουμε· δεν είναι όμως αντιφατικές. Απλούστατα είμαστε υποχρεωμένοι να χρησιμοποιήσουμε σε κάποια φάση της σχεδιάσεως κάποιες εκτιμήσεις, υποθέσεις, κτλ., που στη συνέχεια μπορεί να πρέπει να τις αναθεωρήσουμε. Με αυτό τον τρόπο εξάλλου παίρνουμε και την πιο θεμελιώδη απόφαση που αφορά τη δημιουργία του εργοστασίου. Κι αυτή την τόσο σημαντική απόφαση τη στηρίζουμε σε κάποιες αρχικές εκτιμήσεις, που φροντίζουμε βέβαια να είναι όσο γίνεται πιο ρεαλιστικές, και την ελέγχουμε καθώς αποκτούμε νέα στοιχεία. Πως ακριβώς πρέπει να το κάνουμε αυτό μας απασχολεί αναλυτικά στα παραρτήματα του πρώτου τόμου. Την τοποθέτηση αυτής της ύλης στα παραρτήματα δεν την κάνουμε για τη σημασία τους αλλά επειδή από τη μια έχει μια γενικότερη χρησιμότητα και από την άλλη δεν ανήκει οργανικά στη σχεδίαση του εργοστασίου στην οποία αφιερώνεται αυτός ο τόμος.

Στο δεύτερο τόμο, που αρχίζει από το έκτο κεφάλαιο, εξετάζουμε πως πρέπει να προετοιμάζουμε τις βασικές αποφάσεις, που καθορίζουν τη λειτουργία

γία ενός εργοστασίου στον τομέα της παραγωγής. Συγκεκριμένα, στο έκτο κεφάλαιο μας απασχολεί ο τρόπος με τον οποίον μπορούμε να εκπονούμε μεσοπρόθεσμα προγράμματα. Με τα προγράμματα αυτά, που αναφέρονται στη συνολική παραγωγική δραστηριότητα του εργοστασίου, διαμορφώνουμε στην πραγματικότητα τα λειτουργικά θεμέλιά του. Μερικές από τις αναλύσεις με τις οποίες εκπονούμε αυτά τα προγράμματα είναι υπολογιστικά κοπιαστικές. Παρόλα αυτά όμως, τέτοια προγράμματα πρέπει να εκπονούμε οπωσδήποτε σε κάθε εργοστάσιο γιατί αποτελούν το πλαίσιο αναφοράς όλης της δραστηριότητας της παραγωγής. Χωρίς τη βοήθεια ενός τέτοιου πλαισίου, οι αποφάσεις που συνδέονται με τα λεπτομερειακά θέματα, που μας απασχολούν στα επόμενα κεφάλαια, δεν μπορούν να έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα οσοδήποτε καλές κι αν είναι αυτές καθ' εαυτές. Στο έβδομο κεφάλαιο, εξετάζουμε τις διαδικασίες με τις οποίες μπορούμε να διαμορφώνουμε τα λεπτομερειακά προγράμματα παραγωγής. Στα προγράμματα αυτά φροντίζουμε να περιλάβουμε ό,τι πρέπει να έχει καθοριστεί από πριν για να φορτίζονται σύμμετρα και μέσα στις ικανότητές τους όλα τα μέρη της παραγωγής, και για να πετυχαίνουμε έτσι τη μεγαλύτερη δυνατή παραγωγικότητα σε κάθε παραγωγική θέση. Στο όγδοο και ένατο κεφάλαιο εξετάζουμε δυο βασικά θέματα στη λειτουργία των εργοστασίων: τον προγραμματισμό της διακινήσεως των αποθεμάτων και τον ποιοτικό έλεγχο. Τέλος, στο δέκατο κεφάλαιο εξετάζουμε τη συντήρηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Ο τελευταίος, στον οποίον στηρίζεται η καλή λειτουργία ενός εργοστασίου, δεν μπορεί να λειτουργεί αδιάκοπα και να αποδίδει ικανοποιητικά. Μετά από μικρή ή μεγάλη χρονική περίοδο θα υποστεί βλάβες και φθορές, που η μεθοδευμένη αντιμετώπισή τους έχει πρωταρχική σημασία στην αποτελεσματική λειτουργία του εργοστασίου.

Η οργανωτική δομή όλων των κεφαλαίων είναι ίδια. Συγκεκριμένα, στην αρχή περιγράφουμε και οριοθετούμε με τα πραγματικά χαρακτηριστικά του κάθε πρόβλημα που θέλουμε να λύσουμε, στη συνέχεια εξετάζουμε λεπτομερώς τον τρόπο με τον οποίον μπορούμε να το λύσουμε στην πράξη και τέλος επεξεργαζόμαστε χαρακτηριστικά παραδείγματα. Το σύνολο των παραδειγμάτων αναφέρονται σε πραγματικά προβλήματα. Βιβλιογραφικές παραπομπές στο εσωτερικό των κεφαλαίων κάνουμε μόνο στις περιπτώσεις που θεωρείται χρήσιμη η παραπομπή του αναγνώστη σε ειδικές βιβλιογραφικές πηγές. Στο τέλος κάθε κεφαλαίου μνημονεύουμε αντιπροσωπευτικά συγγράμματα στην αντίστοιχη περιοχή και δίνουμε υποδειγματικές ασκήσεις. Τις ασκήσεις αυτές τις έχουμε επιλέξει κυρίως από θέματα που έχουμε δώσει τα τελευταία χρόνια σε τμηματικές εξετάσεις της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ. Ανάλογη είναι η οργάνωση και των παραρτημάτων.

Στη μακρόχρονη προσπάθεια διαμορφώσεως αυτού του κειμένου είναι

φυσικό να έχω βοηθηθεί τόσο από τους συνεργάτες μου στον Τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής, όσο και από τους φοιτητές μου με διάφορα σχόλια και παρατηρήσεις. Όλους τους ευχαριστώ θερμά. Επώνυμα όμως θέλω να ευχαριστήσω την κ. Κατερίνα Ιωαννίδου-Τάτσιου, για την πολύτιμη συμβολή της σ' αυτήν την έκδοση.

Τέλος, όχι για την σημασία αλλά για τη σειρά του, θέλω να ευχαριστήσω την κυρία και τον κύριο Ζήτη που με μεγάλη φροντίδα επιμελήθηκαν και αυτήν την έκδοση.

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 1986

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Π. ΨΩΙΝΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

6. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

	Σελίδα
6.1. Γενικά	2
6.2. Εναλλακτικές δυνατότητες με γραμμικές σχέσεις κόστους	2
6.2.1. Γενικά	2
6.2.2. Μαθηματική διαμόρφωση	3
6.2.3. Παραλλαγές στη διαμόρφωση	6
6.2.4. Επίλυση του μαθηματικού προτύπου	7
6.3. Εναλλακτικές δυνατότητες με μη γραμμικές σχέσεις κόστους	13
6.3.1. Γενικά	13
6.3.2. Μέγεθος παραγωγής και αποθεμάτων	13
6.3.3. Μέγεθος παραγωγής και αποθεμάτων με πρόσθετο κόστος από τη μεταβολή του ρυθμού παραγωγής	18
6.4. Σχεδίαση παραγωγής, αποθεμάτων και ανθρώπινου δυναμικού	27
6.4.1. Γενικά	27
6.4.2. Στοιχεία κόστους	29
6.4.3. Συνάρτηση συνολικού κόστους	34
6.4.4. Εκτίμηση σχέσεων κόστους	35
6.4.5. Ελαχιστοποίηση συναρτήσεως κόστους	36
6.4.6. Λύση των γραμμικών εξισώσεων	41
Βιβλιογραφία	48
Ασκήσεις	48

7. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

7.1. Γενικά	55
7.2. Μέγεθος παρτίδας παραγωγής	56
7.2.1. Γενικά	56
7.2.2. Τμηματική παραγωγή - Συνεχής κατανάλωση	57
7.2.3. Τμηματική παραγωγή - Τμηματική κατανάλωση	59
7.2.4. Πολλά προϊόντα με περιορισμούς	60
7.2.5. Παρτίδες παραγωγής και χρονικοί κύκλοι	65
7.3. Κατανομή εργασιών σε μέσα παραγωγής	68
7.3.1. Γενικά	68
7.3.2. Μαθηματική διαμόρφωση	69
7.3.3. Μέθοδος επιλύσεως	70
7.3.4. Παραλλαγές του προβλήματος της κατανομής	76
7.4. Προγραμματισμός εκτελέσεως εργασιών	77
7.4.1. Γενικά	77
7.4.2. Προγραμματισμός εκτελέσεως n εργασιών σε 1 μηχανή	78
7.4.3. Προγραμματισμός εκτελέσεως n εργασιών σε 2 μηχανές	80
7.4.4. Προγραμματισμός εκτελέσεως n εργασιών σε 3 μηχανές	83
7.4.5. Προγραμματισμός εκτελέσεως n εργασιών σε m μηχανές	92
7.5. Εξισορρόπηση γραμμής παραγωγής	97
Βιβλιογραφία	101
Ασκήσεις	102

8. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

8.1. Γενικά	107
8.2. Κόστος στον προγραμματισμό και τον έλεγχο των αποθεμάτων	109
8.2.1. Γενικά	109
8.2.2. Κόστος παραγγελίας	110
8.2.3. Κόστος διατήρησης του αποθέματος	111
8.2.4. Κόστος ελλείψεως του αποθέματος	113
8.3. Καθοριστικά συστήματα	114
8.3.1. Γενικά	114

8.3.2. Η ζήτηση ικανοποιείται χωρίς καθυστέρηση	114
8.3.3. Μέρος της ζήτησεως ικανοποιείται με καθυστέρηση	119
8.3.4. Η ζήτηση ικανοποιείται από παραγωγή	123
8.4. Στοχαστικά συστήματα	127
8.4.1. Γενικά	127
8.4.2. Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας	128
8.4.3. Σύστημα σταθερού χρόνου επιθεωρήσεως	136
Βιβλιογραφία	139
Ασκήσεις	139
9. ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	
9.1. Γενικά	141
9.2. Βασικές έννοιες στατιστικής	143
9.2.1. Γενικά	143
9.2.2. Στατιστικός πληθυσμός	144
9.2.3. Δείγμα	151
9.2.4. Στατιστικές εκτιμήσεις	152
9.2.5. Στατιστικός έλεγχος υποθέσεων	158
9.3. Έλεγχος παραγωγικής διαδικασίας	162
9.3.1. Γενικά	162
9.3.2. Διαγράμματα ελέγχου για συνεχείς μεταβλητές	165
9.3.3. Διαγράμματα ελέγχου για ασυνεχείς μεταβλητές	171
9.3.4. Έλεγχος φυσικής δυνατότητας παραγωγικής διαδικασίας	174
9.3.5. Χρήσιμες πρακτικές διαπιστώσεις	177
9.4. Έλεγχος αποδοχής	179
9.4.1. Γενικά	179
9.4.2. Σχήμα ελέγχου αποδοχής για ιδιότητες	180
9.4.3. Σχήμα ελέγχου αποδοχής για μεταβλητές	186
Βιβλιογραφία	188
Ασκήσεις	188
10. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	
10.1. Γενικά	191

10.2. Αξιοπιστία - Λειτουργική ανεξαρτησία	192
10.3. Οικονομική πολιτική συντηρήσεως	196
10.3.1. Γενικά	196
10.3.2. Συντελεστής συντηρήσεως	197
10.3.3. Οικονομικές συνέπειες χρόνου ακινησίας	198
10.3.4. Οικονομική συντήρηση	199
10.4. Καθοριστικές πολιτικές αντικαταστάσεως	200
10.4.1. Γενικά	200
10.4.2. Γενική θεωρία αντικαταστάσεως	201
10.4.3. Αντικατάσταση μηχανημάτων	203
10.5. Στοχαστικές πολιτικές αντικαταστάσεως	209
10.5.1. Γενικά	209
10.5.2. Κατανομές του χρόνου λειτουργίας	210
10.5.3. Συντηρησιμότητα - Διαθεσιμότητα	216
10.5.4. Προληπτική αντικατάσταση	219
10.5.5. Ομαδική προληπτική αντικατάσταση	213
Βιβλιογραφία	234
Ασκήσεις	235

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΡΩΤΟ: ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ	239
1. Εισαγωγή	239
1.1. Γενικά	239
1.2. Η κοστολόγηση και ο μηχανικός	239
1.3. Εξέλιξη της κοστολογήσεως	240
1.4. Συστήματα κοστολογήσεως	241
2. Δαπάνες	242
2.1. Γενικά	242
2.2. Δαπάνες υλικών	242
2.3. Αμοιβές προσωπικού	244
2.4. Αμοιβές τρίτων	245
2.5. Αποσβέσεις	245
2.5.1. Γενικά	245
2.5.2. Μέθοδοι αποσβέσεως	247
2.6. Τόκοι - ασφάλιστρα - φόροι	252

3. Κόστος κέντρων κόστους	253
3.1. Γενικά	253
3.2. Κέντρα κόστους	254
3.3. Δαπάνες κέντρων κόστους	254
3.4. Διάκριση των κέντρων κόστους	256
3.5. Επιμερισμός δαπανών	256
3.5.1. Γενικά	256
3.5.2. Βάσεις επιμερισμού	258
3.5.3. Επιμερισμός δαπανών προσωρινών κέντρων κόστους	259
4. Κόστος προϊόντων	259
Βιβλιογραφία	260
ΔΕΥΤΕΡΟ: ΠΙΝΑΚΕΣ	267
Ευρετήριο	273

6

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

6.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η ζήτηση του προϊόντος, ή των προϊόντων, ενός εργοστασίου εξαρτάται από πάρα πολλούς παράγοντες. Γι' αυτό δεν πρέπει να μας εκπλήσσει το γεγονός ότι σπάνια η ζήτηση είναι σταθερή από περίοδο σε περίοδο. Παρόλο όμως, που η ζήτηση μεταβάλλεται, μπορούμε να την προβλέψουμε με τις κατάλληλες μεθόδους.* Έτσι, για τους σκοπούς αυτού του κεφαλαίου, θεωρούμε ότι τη ζήτηση την έχουμε προβλέψει για έναν αριθμό χρονικών περιόδων, που το σύνολό τους διαμορφώνει τον ορίζοντα σχεδιάσεως. Ο ορίζοντας σχεδιάσεως κυμαίνεται συνήθως από ένα μήνα μέχρι δυο χρόνια.

Ενώ όμως η ζήτηση μεταβάλλεται –αν δεν μεταβάλλεται δεν υπάρχει το πρόβλημα που προσπαθούμε να λύσουμε σ' αυτό το κεφάλαιο– η δυναμικότητα του εργοστασίου –μέσα παραγωγής– στη διάρκεια του ορίζοντα σχεδιάσεως δεν μπορεί πρακτικά να μεταβληθεί. Αυτό ακριβώς δημιουργεί το πρόβλημα που προσπαθούμε να λύσουμε με τη σχεδίαση της συνολικής παραγωγής. Συγκεκριμένα, με τη σχεδίαση της συνολικής παραγωγής επιδιώκουμε να εκπονήσουμε ένα πρόγραμμα –σχέδιο συνολικής παραγωγής– με το οποίο να ικανοποιείται η μεταβαλλόμενη

* Τις μεθόδους προβλέψεως τις αναπτύσσουμε στον πρώτο τόμο της Ποσοτικής Ανάλυσεως γιατί δεν είναι χρήσιμες μόνο για την πρόβλεψη της ζήτησεως των προϊόντων, αλλά και για άλλες ανάγκες.

ζήτηση σ' ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Εφόσον τα μέσα παραγωγής παραμένουν σταθερά στον ορίζοντα σχεδιάσεως, οι εναλλακτικές δυνατότητες, που έχουμε στη διάθεσή μας για να ικανοποιήσουμε τη ζήτηση που μεταβάλλεται, είναι π.χ. να δημιουργούμε αποθέματα στη διάρκεια των περιόδων που η ζήτηση είναι μικρή και να τα διαθέτουμε σε περιόδους αιχμής, να ικανοποιούμε τις παραγγελίες με καθυστέρηση, να εκτελούμε υπερωρίες, κτλ.

Για να εκπονήσουμε ένα πρόγραμμα συνολικής παραγωγής τόσο τη ζήτηση, όσο και την παραγωγή τη θεωρούμε συνολική. Τα συνολικά μεγέθη της ζήτησεως και της παραγωγής τα διαμορφώνουμε αθροίζοντας όλα τα προϊόντα, αφού βέβαια χρησιμοποιήσουμε κάποια κατάλληλη μονάδα μετρήσεως που να μπορεί να τα εκφράσει όλα. Το γεγονός ότι τα προγράμματα παραγωγής είναι συνολικά, σημαίνει απλά και μόνο ότι σχεδιάζουμε τη συνολική παραγωγική προσπάθεια και όχι την προσπάθεια για καθένα προϊόν χωριστά.

Περαιτέρω να πούμε ότι το αποτέλεσμα της σχεδίασεως της συνολικής παραγωγής είναι ένα πρόγραμμα που ξεκινάει από ό,τι ελπίζουμε ότι θα συμβεί στη διάρκεια του ορίζοντα σχεδίασεως. Γι' αυτό είναι ανάγκη να το αναθεωρούμε συνεχώς, ώστε να το προσαρμόζουμε στις μεταβολές που οφείλονται σε αποκλίσεις από τις προβλέψεις της ζήτησεως και σε απρόβλεπτες δυσκολίες της παραγωγής.

Προτού προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των μεθόδων με τις οποίες μπορούμε να εκπονήσουμε προγράμματα συνολικής παραγωγής, πρέπει να αποσαφηνίσουμε ότι το πρόβλημα που μας απασχολεί εδώ παρουσιάζεται στις επαναληπτικές παραγωγικές διαδικασίες και όχι σ' εκείνες που παράγεται ένα ή έστω λίγα προϊόντα, όπως είναι π.χ. τα ναυπηγεία. Στις τελευταίες περιπτώσεις τη σχεδίαση της παραγωγής μπορούμε να την αντιμετωπίσουμε με τις τεχνικές της Δικτυωτής Αναλύσεως.*

6.2. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΟΣΤΟΥΣ

6.2.1. Γενικά

Υπάρχουν περιπτώσεις που τις διάφορες σχέσεις κόστους, που δημιουργούνται από τις εναλλακτικές δυνατότητες που χρησιμοποιούμε

* Ψωϊνός, Δ. Π., Ποσοτική Ανάλυση, Δεύτερος Τόμος, Θεσ/νίκη 1986.

για να αντιμετωπίσουμε τη ζήτηση, να μπορούμε να τις θεωρήσουμε στην πράξη γραμμικές. Αυτό συμβαίνει όταν μεταβάλλεται το κόστος για κάθε εναλλακτική δυνατότητα αναλογικά προς τις μονάδες της ζήτησεως που ικανοποιούνται από αυτήν την εναλλακτική δυνατότητα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το Γραμμικό Προγραμματισμό και ειδικά το πρότυπο μεταφοράς για να καθορίσουμε ορισμένα βασικά μεγέθη της παραγωγής.

Έτσι, σ' αυτήν την παράγραφο θεωρούμε ότι για να αντιμετωπίσουμε τη ζήτηση μπορούμε να μεταφέρουμε απόθεμα από μια περίοδο σε άλλη και να λειτουργούμε το εργοστάσιο τόσο κανονικά, όσο και υπερωριακά. Με βάση αυτές τις δυνατότητες αναζητούμε το ύψος της παραγωγής που συμφέρει να προγραμματίσουμε σε κανονική και υπερωριακή απασχόληση και το ύψος των αποθεμάτων που επίσης συμφέρει να μεταφέρουμε από περίοδο σε περίοδο.

6.2.2. Μαθηματική διαμόρφωση

Για να διαμορφώσουμε μαθηματικά το παραπάνω πρόβλημα χρησιμοποιούμε τα παρακάτω σύμβολα :

z_t = η ζήτηση στην περίοδο t ($t = 1, 2, \dots, T$)

a_t = το απόθεμα στο τέλος της περιόδου t

π_t = η μέγιστη ικανότητα παραγωγής σε κανονική απασχόληση στην περίοδο t

u_t = η μέγιστη ικανότητα παραγωγής σε υπερωριακή απασχόληση στην περίοδο t

$x_{\pi t}$ = η παραγωγή σε κανονική απασχόληση στην περίοδο t

$x_{u t}$ = η παραγωγή σε υπερωριακή απασχόληση στην περίοδο t

k_{π} = το κόστος της μονάδας παραγωγής σε κανονική απασχόληση

k_u = το κόστος της μονάδας παραγωγής σε υπερωριακή απασχόληση

k_a = το κόστος της μονάδας αποθέματος για κάθε χρονική περίοδο

T = το πλήθος των χρονικών περιόδων στον ορίζοντα σχεδιάσεως.

Αν κάθε περίοδο t παράγονται σε κανονική και υπερωριακή απασχόληση του εργοστασίου $x_{\pi t}$ και $x_{u t}$ μονάδες προϊόντων αντίστοιχα, και μεταφέρονται για την επόμενη περίοδο a_t μονάδες, τότε το συνολικό κόστος που δημιουργείται στη διάρκεια του ορίζοντα σχεδιάσεως, και το οποίο πρέπει να γίνεται ελάχιστο, δίνεται από τη σχέση

$$K_T = k_\pi \sum_{t=1}^T x_{\pi t} + k_v \sum_{t=1}^T x_{v t} + k_a \sum_{t=1}^T a_t \quad (6.1)$$

Οι τιμές των $x_{\pi t}$, $x_{v t}$ και a_t πρέπει να ικανοποιούν τους περιορισμούς

$$\begin{aligned} x_{\pi t} &\geq 0 \\ x_{v t} &\geq 0 \\ x_{\pi t} &\leq \pi_t \\ x_{v t} &\leq v_t \\ a_t &\geq 0 \end{aligned} \quad (6.2)$$

και

$$a_t = a_{t-1} + x_{\pi t} + x_{v t} - z_t \quad (6.3)$$

Για την περίπτωση που είναι π.χ. $T=3$, τις παραπάνω σχέσεις μπορούμε να τις γράψουμε αναλυτικά ως εξής :

$$\begin{array}{rcccccl} x_{\pi 1} & + & x_{v 1} & - & a_1 & = & z_1 - a_0 \\ x_{\pi 2} & + & x_{v 2} & + & a_1 - a_2 & = & z_2 \\ x_{\pi 3} & + & x_{v 3} & + & a_2 - a_3 & = & z_3 \\ x_{\pi 1} & & & & & \leq & \pi_1 \\ x_{\pi 2} & & & & & \leq & \pi_2 \\ x_{\pi 3} & & & & & \leq & \pi_3 \\ & & x_{v 1} & & & \leq & v_1 \\ & & x_{v 2} & & & \leq & v_2 \\ & & x_{v 3} & & & \leq & v_3 \end{array}$$

$$\min K_T = k_\pi x_{\pi 1} + k_\pi x_{\pi 2} + k_\pi x_{\pi 3} + k_v x_{v 1} + k_v x_{v 2} + k_v x_{v 3} + k_a a_1 + k_a a_2 + k_a a_3$$

$$\text{και} \quad x_{\pi 1}, x_{\pi 2}, x_{\pi 3}, x_{v 1}, x_{v 2}, x_{v 3}, a_1, a_2, a_3 \geq 0$$

Το παραπάνω γενικό μαθηματικό πρότυπο, που είναι γραμμικό αφού και η συνάρτηση κόστους και οι περιορισμοί του είναι γραμμικοί, προσφέρεται ιδιαίτερα να το λύσουμε όπως το πρότυπο μεταφοράς, που εξετάσαμε στην παράγραφο 1.3.3. Για να το κάνουμε αυτό, θεωρούμε ότι οι εναλλακτικές δυνατότητες παραγωγής, που είναι παραγωγή στην πρώτη περίοδο σε κανονική ή υπερωριακή απασχόληση, στη δεύτερη όμοια σε κανονική ή υπερωριακή απασχόληση, κτλ. είναι οι θέσεις παραγωγής και οι περίοδοι ζήτησεως είναι οι θέσεις καταναλώσεως σύμφωνα με

την ορολογία του προτύπου μεταφοράς. Έτσι, μπορούμε να διαμορφώσουμε τον πίνακα 6.1. Όπως βλέπουμε, στην τελευταία στήλη έχουμε καταχωρήσει τις ικανότητες παραγωγής κάθε εναλλακτικής δυνατότητας και στην τελευταία γραμμή τη ζήτηση στις διάφορες περιόδους. Οι ικανότητες παραγωγής θεωρούμε ότι είναι ίσες με τη συνολική ζήτηση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1. Το πρόβλημα της σχεδίασεως της συνολικής παραγωγής ως πρόβλημα μεταφοράς

Περίοδος	—	1	2	3	T	Ικανότητα παραγωγής
1	κα.	k_{π}	$k_{\pi} + k_{\alpha}$	$k_{\pi} + 2k_{\alpha}$	$k_{\pi} + (T-1)k_{\alpha}$	π_1
	υπ.	k_{υ}	$k_{\upsilon} + k_{\alpha}$	$k_{\upsilon} + 2k_{\alpha}$	$k_{\upsilon} + (T-1)k_{\alpha}$	υ_1
2	κα.	—	k_{π}	$k_{\pi} + k_{\alpha}$	$k_{\pi} + (T-2)k_{\alpha}$	π_2
	υπ.	—	k_{υ}	$k_{\upsilon} + k_{\alpha}$	$k_{\upsilon} + (T-2)k_{\alpha}$	υ_2
3	κα.	—	—	k_{π}	$k_{\pi} + (T-3)k_{\alpha}$	π_3
	υπ.	—	—	k_{υ}	$k_{\upsilon} + (T-3)k_{\alpha}$	υ_3
T	κα.	—	—	—	k_{π}	π_T
	υπ.	—	—	—	k_{υ}	υ_T
Ζήτηση		z_1	z_2	z_3	z_T	—

Αν το τελευταίο δε συμβαίνει, το αντιμετωπίζουμε με την προσθήκη εικονικής ικανότητας παραγωγής, ή εικονικής ζήτησεως, με τόση ικανότητα παραγωγής ή ζήτησεως, όση χρειάζεται για να γίνουν ίσες. Το κόστος που σημειώνουμε στην πρόσθετη στήλη, ή γραμμή, συνηθίζουμε να το βάζουμε ίσο με το μηδέν. Οι διάφορες θέσεις και τα στοιχεία κόστους στον πίνακα είναι φανερά. Παραδείγματος χάρη, η θέση $2k_{\alpha}, 3$ σημαίνει να παράγουμε τη δεύτερη περίοδο σε κανονική απασχόληση και να ικανοποιούμε ζήτηση της τρίτης περιόδου· αυτό σημαίνει ότι το διατηρούμε ως απόθεμα κατά μια περίοδο και γι' αυτό το κόστος του είναι $k_{\pi} + k_{\alpha}$. Όπως είναι φανερό, με την πιο πάνω διαμόρφωση μπορούμε να βρούμε ουσιαστικά το ρυθμό παραγωγής κάθε περιόδου, που

μπορεί να διαμορφώνεται και με υπερωριακή απασχόληση και τα αποθέματα που θα μεταφέρουμε από περίοδο σε περίοδο, αν η ζήτηση πρέπει να ικανοποιείται την περίοδο που υπάρχει. Τα μεγέθη αυτά βέβαια είναι εκείνα τα οποία εξασφαλίζουν την ικανοποίηση της γνωστής από προβλέψεις ζήτησεως με το ελάχιστο συνολικό κόστος.

6.2.3. Παραλλαγές στη διαμόρφωση

Το πρότυπο μεταφοράς μας δημιουργεί τη δυνατότητα να πάρουμε υπόψη μας ορισμένες χρήσιμες παραλλαγές του προβλήματος. Έτσι, αν υποθέσουμε ότι η σχεδίαση της συνολικής παραγωγής με τον παραπάνω τρόπο είναι μια συνεχής διαδικασία, μπορεί στην αρχή του ορίζοντα σχεδιάσεως να υπάρχει ένα αρχικό απόθεμα, έστω a_0 , που έχει μείνει από την τελευταία περίοδο του προηγούμενου ορίζοντα σχεδιάσεως. Σε τέτοια περίπτωση, αυτό το απόθεμα μπορούμε να το θεωρήσουμε σαν μια πρόσθετη εναλλακτική δυνατότητα παραγωγής και να την εντάξουμε στον πίνακα ως περίοδο 0, προσθέτοντας μια πρώτη γραμμή στον πίνακα. Το τελευταίο στοιχείο αυτής της γραμμής, δηλαδή το στοιχείο που θα ανήκει στη στήλη με την ένδειξη «ικανότητα παραγωγής» θα είναι το a_0 . Τα στοιχεία του κόστους στις διάφορες θέσεις αυτής της γραμμής τα διαμορφώνουμε κατάλληλα παίρνοντας υπόψη μας το κόστος διατηρήσεως του αποθέματος.

Αν επίσης θέλουμε στο τέλος του ορίζοντα σχεδιάσεως να υπάρχει ένα απόθεμα a_T , που βέβαια θα είναι το αρχικό για τον επόμενο ορίζοντα σχεδιάσεως, πρέπει να τοποθετήσουμε μετά τη στήλη T μια νέα στήλη, έστω την $T+1$, στην οποία η ζήτηση θα είναι το a_T . Τα στοιχεία κόστους σ' αυτή τη στήλη επίσης διαμορφώνονται εύκολα.

Αν ακόμη τη ζήτηση επιτρέπεται να την ικανοποιούμε με καθυστέρηση, μπορούμε να τροποποιήσουμε κατάλληλα τον πίνακα και να λάβουμε κι' αυτό υπόψη μας. Παραδείγματος χάρη, αν πράγματι μπορούμε να ικανοποιούμε τη ζήτηση με καθυστέρηση μιας περιόδου, αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να παράγουμε τη δεύτερη περίοδο και να ικανοποιούμε ζήτηση της πρώτης, ή να παράγουμε την τρίτη περίοδο και να ικανοποιούμε ζήτηση της δεύτερης, κτλ. τότε στη θέση π.χ. 3 υπ, 2 πρέπει να θάβουμε κόστος το $k_0 + k_k$, όπου k_k είναι το κόστος της καθυστερημένης ικανοποίησεως της ζήτησεως κατά μια χρονική περίοδο. Εντελώς ανάλογα χειριζόμαστε και τις περιπτώσεις που μπορούμε να ικανοποιούμε ζήτηση με μεγαλύτερη καθυστέρηση.

6.2.4. Επίλυση του μαθηματικού προτύπου

Μετά την οριστική διαμόρφωση του προβλήματος της σχεδιάσεως της συνολικής παραγωγής, ως πρόβλημα μεταφοράς, μπορούμε να το λύσουμε με τη γνωστή μεθοδολογία που αναπτύξαμε στην παράγραφο 1.3.3.

Παράδειγμα 6.1.

Στον πίνακα 6.2 δίνονται: η αναμενόμενη ζήτηση των προϊόντων ενός εργοστασίου, η ικανότητα παραγωγής του σε κανονική και υπερωριακή απασχόληση, καθώς και τα αντίστοιχα μοναδιαία στοιχεία κόστους για τα τέσσερα επόμενα τρίμηνα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2. Στοιχεία του παραδείγματος 6.1

Περίοδος	1	2	3	4
π_t (μον. πρ.)	100	80	100	100
ν_t (μον. πρ.)	30	20	20	30
z_t (μον. πρ.)	80	80	110	120
k_π (δρχ.)	5	6	5	6
k_ν (δρχ.)	7	8	8	8

Αν το κόστος αποθηκεύσεως της μονάδας του προϊόντος στη διάρκεια ενός τριμήνου είναι 1 δραχμή, να καθοριστεί τι πρέπει να παράγεται κάθε τρίμηνο τόσο σε κανονική, όσο και σε υπερωριακή απασχόληση, και τι πρέπει να διατηρείται ως απόθεμα επίσης κάθε τρίμηνο για να ικανοποιηθεί η ζήτηση με το ελάχιστο κόστος; Προκειμένου να προσδιορίσουμε τα παραπάνω μεγέθη κατασκευάζουμε τον πίνακα 6.3.

Στην τελευταία γραμμή του πίνακα 6.3 έχουμε σημειώσει τη ζήτηση κάθε μιας περιόδου και στην τελευταία στήλη τις ικανότητες παραγωγής σε κανονική και υπερωριακή απασχόληση. Επειδή η συνολική ζήτηση είναι μικρότερη από τη συνολική ικανότητα παραγωγής έχουμε προσθέσει και μια εικονική ζήτηση ίση με 90. Στην κάτω δεξιά γωνία σε κάθε τετραγωνάκι έχουμε σημειώσει τα στοιχεία κόστους. Στον

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3. Αρχική λύση

80	20					100
5	6	7	8	0		
7	30	8	9	10	0	30
	30	50	6	7	8	0
		20	8	9	10	0
		40	60	5	6	0
			20	8	9	0
			40	60	6	0
				30	8	0
80	80	110	120	90		480

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4. Έλεγχος αρχικής λύσεως

5	6	7	8	2	v_j	u_i
5	6	7	8	2		0
7	8	9	10	4		2
	6	7	8	2		0
	8	9	10	4		2
		5	6	0		-2
		8	9	3		1
			6	0		-2
			6	0		-2

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5. Διαφορά κόστους

0	0	0	0	-2
0	0	0	0	-4
	0	0	0	-2
	0	0	0	-4
		0	0	0
		0	0	-3
			0	0
			2	0