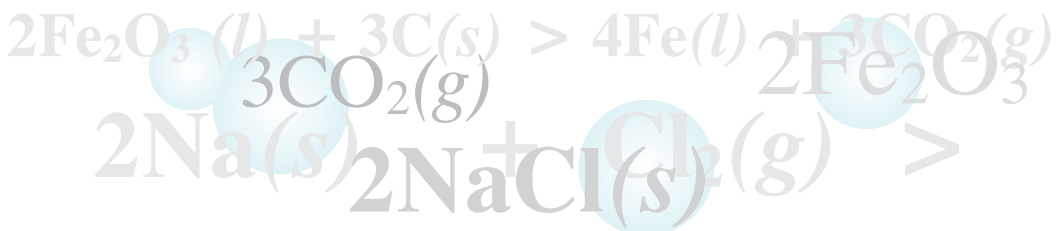


ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Πρώτες Ύλες της Βιομηχανίας



1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Πρώτες Ύλες της Βιομηχανίας

Τα υλικά αγαθά, τα οποία γενικά υποστηρίζουν και προάγουν τη σύγχρονη κοινωνία και την οικονομική της ανάπτυξη, στην πλειοψηφία τους είτε αποτελούν τα ίδια, προϊόντα επεξεργασίας χημικών ουσιών είτε απαιτούν την ενδιάμεση χρησιμοποίηση χημικών ουσιών κατά τη διαδικασία της παραγωγής τους. Η **Χημική Τεχνολογία**, εφαρμόζοντας τις γνώσεις της **Βιομηχανικής Χημείας** και υποβοηθούμενη από άλλες συμπληρωματικές επιστήμες, αποσκοπεί στο μετασχηματισμό των **πρώτων υλών** σε χρήσιμα προϊόντα, όπως τρόφιμα για την κάλυψη των ανθρώπινων διαιτητικών αναγκών, οικοδομικά υλικά για τις κατασκευές, λιπάσματα για την αύξηση της γεωργικής παραγωγής, φάρμακα για την καταπολέμηση ασθενειών, πολυμερή για την ένδυση και τη μορφοποίηση εύχρηστων αντικειμένων ή καύσιμα για τη θέρμανση, τις μεταφορές ή την παραγωγή άλλων προϊόντων.

1.1 Πρώτες ύλες από τη φύση

Ανάλογα με το είδος των πρώτων υλών και των τελικών προϊόντων, η Χημική Τεχνολογία διακρίνεται σε **οργανική** (πετρέλαιο και πετροχημικά προϊόντα, χαρτοπολτός και χαρτί, οίνος και ζύθος, έλαια, σάπωνες κ.τ.λ.) και **ανόργανη** (νερό, μέταλλα και κράματα, αμμωνία, νιτρικό οξύ, χημικά λιπάσματα, θειικό οξύ, τσιμέντο, γυαλί, κεραμικά κ.τ.λ.). Τόσο η οργανική όσο και η ανόργανη Χημική Τεχνολογία εστιάζουν το ενδιαφέρον τους στην εφαρμογή διεργασιών κατά το μετασχηματισμό των φυσικών υλικών.

Οι πρώτες ύλες που προέρχονται από το φυσικό περιβάλλον (*λιθόσφαιρα, υδροσφαιρα, ατμόσφαιρα, βιόσφαιρα*) μετατρέπονται σε ενδιά-

μεσα προϊόντα, τα οποία με τη σειρά τους χρησιμοποιούνται ως αρχικά υλικά σε άλλες βιομηχανικές εφαρμογές.

Ο **στερεός φλοιός της γης** (λιθόσφαιρα) αποτελεί την κύρια πηγή των περισσότερων χημικών στοιχείων (μεταλλικών ή μη). Περίπου τα τρία τέταρτα των στοιχείων που απαντούν στη φύση είναι **μέταλλα**. Ωστόσο, η διαθεσιμότητα των στοιχείων αυτών είναι σχετικά περιορισμένη. Υπολογίζεται ότι λιγότερο από το 25% του στερεού φλοιού της γης αποτελείται από μέταλλα. Η *φυσική διαθεσιμότητα* ορισμένων από τα σημαντικότερα μέταλλα για τη χημική βιομηχανία παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1

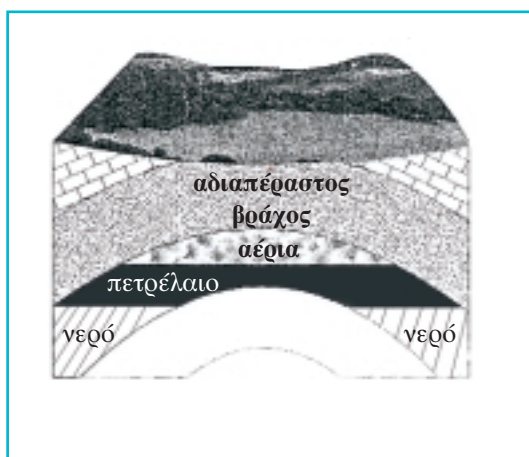
Διαθεσιμότητα σημαντικών βιομηχανικών μετάλλων
στο στερεό φλοιό της γης (E. Stocchi)

Μέταλλο	%	Μέταλλο	%
Αλουμίνιο	7,52	Κασσίτερος	0,004
Σίδηρος	4,8	Μόλυβδος	0,002
Μαγνήσιο	1,95	Μολυβδαίνιο	0,001
Τιτάνιο	0,48	Βηρύλλιο	0,0007
Μαγγάνιο	0,095	Ουράνιο	0,0004
Χρώμιο	0,02	Βισμούθιο	0,0002
Ζιρκόνιο	0,02	Υδράργυρος	0,00005
Ψευδάργυρος	0,01	Άργυρος	0,00001
Νικέλιο	0,008	Παλλάδιο	0,000001
Χαλκός	0,007	Χρυσός	0,0000005

Στο σημείο όμως αυτό πρέπει να τονίσουμε την έννοια της οικονομικής εκμεταλλευσιμότητας των φυσικών αποθεμάτων. **Οικονομικώς εκμεταλλεύσιμα** είναι εκείνα τα φυσικά αποθέματα για τα οποία το κόστος εξόρυξης, μεταφοράς και παραλαβής της επιθυμητής πρώτης ύλης είναι συμβατό με την εμπορική τιμή του αντίστοιχου προϊόντος. Για παράδειγμα, ένας φτωχός βωξίτης σε απομονωμένο γεωγραφικά σημείο δεν είναι οικονομικώς εκμεταλλεύσιμος αφού το κόστος για την εξόρυξη, φόρτωση, μεταφορά, κάλυψη των εξόδων διαμονής του προσωπικού κ.ο.κ. δεν μπορεί να ανακτηθεί από την πώληση του προϊόντος. Εκείνο που έχει επομένως σημασία δεν είναι η διαθεσιμότητα μίας πρώτης ύλης στη φύση, αλλά κατά πόσο ένα απόθεμά της είναι οικονομικώς εκμεταλλεύσιμο. Υπό την έννοια αυτή το μεγαλύτερο τμήμα των φυσικών αποθεμάτων αλουμινίου και σιδή-

ρου είναι οικονομικώς μη εκμεταλλεύσιμα, ενώ τα υπόλοιπα μέταλλα της λιθόσφαιρας απαντούν σε μικρή ή ελάχιστη διαθεσιμότητα. Ωστόσο, σε αντίθεση με την ελάχιστη συνολική συγκέντρωση των περισσότερων μετάλλων στη λιθόσφαιρα (χρυσός, υδράργυρος, άργυρος, παλλάδιο), οι τοπικές συγκεντρώσεις των αποθεμάτων σε μέταλλα είναι σημαντικά μεγαλύτερες, επιτρέποντας έτσι συχνά την οικονομική τους εκμετάλλευση. Παράλληλα, η δημογραφική έκρηξη και η άνοδος του βιοτικού επιπέδου στις αναπτυσσόμενες κυρίως χώρες αναμένεται να προκαλέσει έλλειψη στα οικονομικώς εκμεταλλεύσιμα αποθέματα μετάλλων (προβλέπεται εξάντληση των αποθεμάτων για τα σημαντικότερα τεχνολογικώς μέταλλα μέχρι το έτος 2020, με εξαίρεση το χρώμιο και το σίδηρο για τα οποία η πρόβλεψη του πιθανού χρόνου εξάντλησης μετατοπίζεται στο 2050 και το 2070 αντίστοιχα). Πάντως, σημειώνεται ότι ένα φυσικό απόθεμα το οποίο δεν είναι οικονομικώς εκμεταλλεύσιμο με βάση κάποια συγκεκριμένη **τεχνολογία εξόρυξης-παραλαβής**, είναι δυνατό να καταστεί οικονομικώς εκμεταλλεύσιμο με εφαρμογή κάποιας εναλλακτικής αντίστοιχης τεχνολογίας.

Εκτός από τα μέταλλα, η λιθόσφαιρα αποτελεί κύρια πηγή λήψευς ενεργειακών πρώτων υλών όπως ο **άνθρακας**, το **πετρέλαιο** (σχ. 1.1) και το **φυσικό αέριο**. Άλλες πρώτες ύλες που προέρχονται από τη λιθόσφαιρα είναι **βιομηχανικά άλατα** (όπως το θεικό βάριο, το θεικό ασβέστιο, τα νιτρικά και φωσφορικά άλατα τα οποία αποτελούν τη βάση λιπασμάτων), ο ασβεστόλιθος, το οξείδιο του πυριτίου και πυριτικά ορυκτά χρήσιμα για τη βιομηχανία κεραμικών, τσιμέντου και γυαλιού.



Σχήμα 1.1

Φυσικό απόθεμα αργού πετρελαίου

Η **Ελλάδα** διαθέτει σημαντικά αποθέματα πρώτων υλών. Στη Σαντορίνη, τη Μήλο και τη Νίσυρο υπάρχει θείο, στη Μακεδονία χρυσός, στο Λαύριο μεταλλεύματα αργύρου και χαλκού, στη Χαλκιδική και την Ερμιόνη σιδηροπυρίτης (FeS_2), στις Κυκλάδες χαλαζίας (SiO_2), στη Θάσο, το Λαύριο και τη Σέριφο αιματίτης (Fe_2O_3), στην Εύβοια και τη Στερεά Ελλάδα μαγνητίτης (Fe_3O_4), στον Παρνασσό, την Ελευσίνα, τη Χαλκιδική και τη Σκόπελο βωξίτης, στη Χίο, την Ξάνθη και την Εύβοια λιθάνθρακες, στην Πτολαμαΐδα, τη Μεγαλόπολη και τη Μακεδονία λιγνίτης, στην περιοχή της Καβάλας-Θάσου πετρέλαιο, στην Ήπειρο, τα Επτάνησα, τα Δωδεκάνησα και την Κρήτη γύψος κ.τ.λ..

Από την **υδροσφαίρα** λαμβάνεται η πιο σημαντική πρώτη ύλη, το **νερό**. Επιπλέον από τη θάλασσα λαμβάνεται το **χλωριούχο νάτριο**, μία από τις σπουδαιότερες πρώτες ύλες της χημικής βιομηχανίας (από αυτό παράγονται όχι μόνο τα στοιχεία που το αποτελούν, δηλαδή νάτριο και χλώριο, αλλά και ενώσεις του νατρίου, όπως η σόδα, θειούχα, θειικά και φωσφορικά άλατα), καθώς και αλογόνα, όπως το **βρώμιο** και το **ιώδιο**.

Από την **ατμόσφαιρα** λαμβάνονται το **άζωτο**, το **οξυγόνο** και **ευγενή αέρια**, ενώ από τη **βιόσφαιρα** (κυρίως από το φυτικό κόσμο) λαμβάνονται χρήσιμες πρώτες ύλες, όπως αιθέρια έλαια, κυτταρίνη και άλλοι υδατάνθρακες, καθώς και πρώτες ύλες για τις γεωργικές βιομηχανίες (π.χ. δημητριακοί καρποί, σταφύλι, ελαιούχοι σπόροι και καρποί). Παράλληλα, από το ζωικό κόσμο λαμβάνονται ζωικά λίπη και ένζυμα, χρήσιμα σε βιοχημικές βιομηχανικές εφαρμογές.

1.2 Εμπλουτισμός ή εξευγενισμός των πρώτων υλών

Τα φυσικά αποθέματα των βιομηχανικών πρώτων υλών κατά κανόνα δεν περιέχουν καθαρή την επιθυμητή πρώτη ύλη. Αντιθέτως, το κάθε απόθεμα είναι μίγμα της επιθυμητής και εκμεταλλεύσιμης πρώτης ύλης και ενός συνόλου ανεπιθύμητων και μη εκμεταλλεύσιμων υλικών (προσμίξεις), τα οποία συνοδεύουν την πρώτη ύλη.

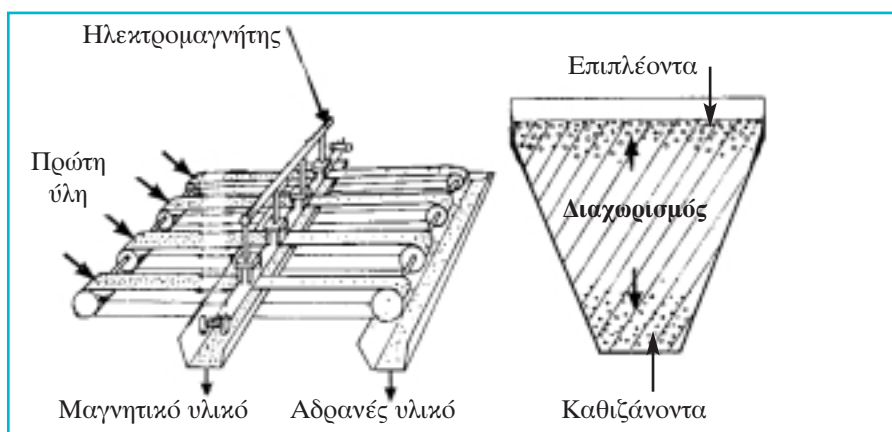
Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση των μεταλλικών ορυκτών. Μόνο τα ευγενή μέταλλα (π.χ. ο χρυσός) απαντούν στη φύση αυτοφυή. Τα υπόλοιπα βρίσκονται στη φύση με τη μορφή ενώσεων (π.χ. οξειδία, ανθρακικά ή πυριτικά άλατα). Αλλά και οι ενώσεις των μετάλλων δε βρίσκονται με καθαρή μορφή. Η ευρεία εξόρυξη των ορυκτών αυτών με σκοπό την εντατική τους εκμετάλλευση έχει οδηγήσει ήδη στη μείωση των υφιστάμενων

πλούσιων σε μέταλλα αποθεμάτων, αναγκάζοντας τη μεταλλουργία να μετατοπίσει το ενδιαφέρον της σε αποθέματα με μικρότερη περιεκτικότητα σε μέταλλα (π.χ. γίνεται εκμετάλλευση ορισμένων ορυκτών του χαλκού με περιεκτικότητα σε χαλκό της τάξης του 0,2% μόνο). Στην περίπτωση όμως των αποθεμάτων αυτών η ανάγκη **εμπλουτισμού**, απομάκρυνσης δηλαδή των προσμίξεων και αύξησης της *συγκέντρωσης* του μετάλλου με εφαρμογή φυσικών και χημικών μεθόδων είναι ακόμη πιο επιτακτική.

Έτσι π.χ. στην περίπτωση των ορυκτών του σιδήρου οι συνήθεις προσμίξεις είναι: SiO_2 , CaO , MgO και Al_2O_3 . Ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε σίδηρο, τα ορυκτά διακρίνονται σε πλούσια ($\text{Fe} > 52\%$), ενδιάμεσα ($28\% < \text{Fe} < 52\%$) και φτωχά ($\text{Fe} < 28\%$).

Οι φυσικές μέθοδοι εμπλουτισμού βασίζονται στις διαφορές μεταξύ των φυσικών ιδιοτήτων των κόκκων των προσμίξεων και εκείνων του μεταλλικού ορυκτού. Οι σημαντικότερες είναι οι ακόλουθες:

- (α) *Διαχωρισμός με βαρύτητα*, ο οποίος εκμεταλλεύεται τη διαφορά των ειδικών βαρών των δύο συστατικών. Το κοκιοποιημένο ορυκτό εισάγεται σε αεροστρόβιλο ή σε ρεύμα νερού, προκειμένου να διαχωριστούν τα συστατικά του ανάλογα με το *ειδικό τους βάρος*.
- (β) *Μαγνητικός διαχωρισμός*, ο οποίος εκμεταλλεύεται τις διαφορές στις μαγνητικές ιδιότητες των δύο συστατικών (βλ. σχ. 1.2α).
- (γ) Η μέθοδος της *βύθισης και της επίπλευσης*, η οποία εκμεταλλεύεται τη διαχωριστική ικανότητα ενός υγρού με *πυκνότητα* ενδιάμεση μεταξύ της *πυκνότητας* του μεταλλικού ορυκτού και της *πυκνότητας* των προσμίξεων (βλ. σχ. 1.2β).



Σχήμα 1.2

(α) Εγκατάσταση μαγνητικού διαχωρισμού (β) διαχωρισμός προσμίξεων (επιπλέουσες) από μεταλλικό ίζημα με τη μέθοδο της βύθισης και της επίπλευσης.

- (δ) Η μέθοδος της *επίπλευσης*, η οποία εκμεταλλεύεται τις διαφορές στην *αεροφιλική* (προσκολληση σε φυσαλίδες και επίπλευση) και την *υδροφιλική* (έλξη προς τα μόρια του νερού) συμπεριφορά των δύο συστατικών. Το ορυκτό υφίσταται λειοτρίβηση και κατεργασία με κατάλληλο μίγμα ουσιών, στο οποίο έχει προστεθεί και μικρή ποσότητα αφριστικής ουσίας. Το μέταλλευμα του ορυκτού προσκολλάται συνήθως στις σχηματιζόμενες φυσαλίδες (αερόφιλο), ενώ τα υπόλοιπα συστατικά παραμένουν στο νερό.
- (ε) Το **κοσκίνισμα** (συνήθως μετά από θραύση και άλεση του μεταλλεύματος), όταν υπάρχει διαφορά στο μέγεθος των κόκκων των δύο συστατικών.
- (στ) Διάφορες άλλες μέθοδοι που στηρίζονται στη διαφοροποίηση άλλων φυσικών ιδιοτήτων, όπως το *σημείο τήξης*, οι ηλεκτρικές ιδιότητες κ.τ.λ.

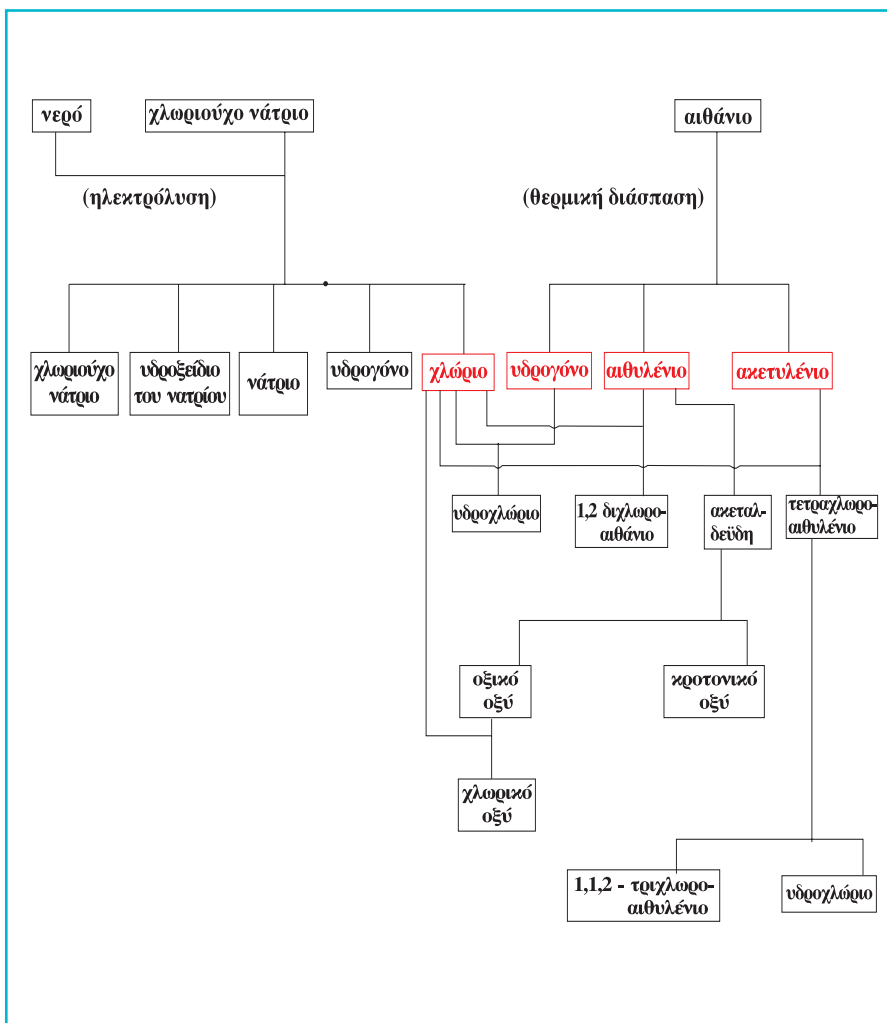
Οι **χημικές μέθοδοι** εμπλουτισμού των ορυκτών περιλαμβάνουν κυρίως τη *φρύξη* (θέρμανση, παρουσία αέρα, για την παραλαβή του επιθυμητού οξειδίου του μετάλλου ή καθαρού μετάλλου), την *πύρωση* (με αυτήν αποβάλλεται το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα ή και ανεπιθύμητα στοιχεία των μεταλλικών ενώσεων για την παραλαβή καθαρού μετάλλου ή οξειδίων), την *αναγωγή* (μείωση των ατόμων οξυγόνου που περιέχει η μεταλλική ένωση για την παραλαβή καθαρού μετάλλου) και την *ηλεκτρόλυση* (διαχωρισμός με εφαρμογή διαφοράς δυναμικού).

Μετά από τον εμπλουτισμό τους, οι πρώτες ύλες υπόκεινται σε σειρά φυσικοχημικών διεργασιών με σκοπό την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Στην περίπτωση των μετάλλων, η μεταλλική μάζα που λαμβάνεται μετά από την εφαρμογή ποικίλων μεταλλουργικών διεργασιών (έκπλυση, θέρμανση, σύμπτυξη, *αναγωγή*, γαλβανισμός, *ηλεκτρόλυση* κ.τ.λ.), υπόκειται σε **εξευγενισμό**, δηλαδή σε περαιτέρω καθαρισμό (συνήθως με πυρόλυση ή με *ηλεκτρόλυση*) από τις ανεπιθύμητες προσμίξεις.

1.3 Πρώτες ύλες από τη βιομηχανία

Στην πραγματικότητα, η χημική βιομηχανία αποτελεί ένα σύνολο αλληλένδετων βιομηχανιών. Χαρακτηριστική περίπτωση ενδιαμέσων προϊόντων είναι ορισμένα *μονομερή* τα οποία είτε πωλούνται ανεξάρτητα είτε χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες για την παραγωγή πολυμερών και άλλων τελικών προϊόντων. Περίπου το 60% της δραστηριότητας της χημικής βιομηχανίας αφορά την παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων τα οποία θα υποστούν περαιτέρω τροποποίηση από βιομηχανικές μονάδες μέχρι να

μετατραπούν σε τελικά προϊόντα. Στο σχ. 1.3 παρουσιάζονται ορισμένες πορείες παραγωγής **ενδιάμεσων προϊόντων** τα οποία στη συνέχεια είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες από τη βιομηχανία για την παραγωγή άλλων βιομηχανικών προϊόντων. Σημειώνεται ότι οι αρχικές πρώτες ύλες είναι το νερό, το χλωριούχο νάτριο, ο αέρας και το αιθάνιο.



Σχήμα 1.3

Διάγραμμα ροής δυνατών χημικών εφαρμογών για την παραγωγή τελικών και ενδιάμεσων προϊόντων (κόκκινο χρώμα).

1.4 Έλεγχος ποιότητας των πρώτων υλών και επίδραση στο κόστος παραγωγής

Α. Έλεγχος ποιότητας των πρώτων υλών

Όπως έχει ήδη διαφανεί, η καθαρότητα των πρώτων υλών και γενικά η ποιότητά τους είναι εξαιρετικής σημασίας παράμετρος για την επιλογή της κατάλληλης φυσικοχημικής κατεργασίας της πρώτης ύλης, την ποιότητα του τελικού προϊόντος, αλλά και το συνολικό κόστος παραγωγής.

Τα κρίσιμα **ποιοτικά χαρακτηριστικά** των πρώτων υλών (σε αυτά περιλαμβάνεται και η **καθαρότητα**, δηλαδή ένα ποσοτικό ουσιαστικά χαρακτηριστικό) διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας, στην οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Για παράδειγμα, στην περίπτωση του σιδηρούχου **μεταλλεύματος** που πρόκειται να τροφοδοτήσει την υψικάμινο, τα κύρια ποιοτικά χαρακτηριστικά του είναι η έλλειψη **ευθρυπτότητας**, η καλή **μηχανική συμπεριφορά** (υψηλή αντοχή) και η **μη διόγκωση** κατά τη θέρμανση. Μεταξύ των απαιτούμενων φυσικών ιδιοτήτων του σιδηρομεταλλεύματος είναι το κατάλληλο **πορώδες**, ώστε να αυξάνεται η ικανότητα **αναγωγής** του ορυκτού, χωρίς να καταστρέφονται οι μηχανικές ιδιότητες ή η δυνατότητα λείανσής του. Επιπλέον απαιτείται υψηλή **περιεκτικότητα** σε σίδηρο (και μάλιστα αποκλειστικά υπό τη μορφή οξειδίων) και **μέγεθος τεμαχιδίων** της τάξης των 3-8 cm, ανάλογα με την πυκνότητά τους, ενώ η **χημική ομογένεια** του μεταλλεύματος εξασφαλίζει τη δυνατότητα εφαρμογής των καθιερωμένων διεργασιών.

Σε άλλες περιπτώσεις είναι κρίσιμη η περιεκτικότητα της πρώτης ύλης και σε άλλες χημικές ουσίες. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της πρώτης ύλης για την παραγωγή γυαλιού, εκτός από τα κύρια συστατικά (συνήθως οξείδιο του πυριτίου, βορικό οξύ, πεντοξείδιο του φωσφόρου και άστριος) απαιτούνται και οι λεγόμενοι **σταθεροποιητές**, τα συστατικά δηλαδή εκείνα τα οποία περιορίζουν τη διαλυτότητα του γυαλιού στο νερό και τη δυνατότητα προσβολής του από εξωγενείς χημικούς παράγοντες. Τέτοια συστατικά είναι το ανθρακικό ασβέστιο, το ανθρακικό βάριο, τα οξείδια του μολύβδου, το οξείδιο του ψευδαργύρου κ.ά..

Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι κρίσιμα τα **γεωμετρικά χαρακτηριστικά** των πρώτων υλών, δηλαδή το σχήμα (επηρεάζει π.χ. τη συμπεριφορά κατά τη μεταφορά), η ομοιομορφία των τεμαχίων ή τεμαχιδίων, το μέγεθος και το βάρος τους, η ομαλότητα της επιφάνειας, η **ειδική επιφάνεια**

της πρώτης ύλης. Επίσης κατά την επιλογή των κατάλληλων πρώτων υλών συνεκτιμώνται συχνά και **φυσικές ιδιότητες** όπως το χρώμα και η υφή.

Συμπερασματικά, η επιλογή των κατάλληλων πρώτων υλών είναι δυνατό να εξασφαλίσει υψηλής ποιότητας τελικό προϊόν. Ο **έλεγχος της ποιότητας των πρώτων** υλών συνίσταται στην πραγματοποίηση κατάλληλων φυσικών και χημικών ελέγχων στο εργαστήριο με σκοπό τη διασφάλιση των απαιτούμενων (διαφορετικών κάθε φορά) ποιοτικών χαρακτηριστικών για την επιλεγόμενη πρώτη ύλη.

Στον Πίνακα 1.2 συνοψίζονται ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία είναι δυνατό να ενταχθούν στον έλεγχο ποιότητας της πρώτης ύλης.

Πίνακας 1.2

Ενδεικτικά χαρακτηριστικά πρώτης ύλης

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Φυσικά χαρακτηριστικά	Χημικά χαρακτηριστικά
Μέγεθος	Χρώμα	Καθαρότητα
Σχήμα	Υφή	Είδος και σύσταση προσμίξεων
Ομοιομορφία σχήματος	Κρυσταλλική μορφή	
Ειδική επιφάνεια	Μηχανική αντοχή	Σταθεροποιητές ή άλλες βοηθητικές ουσίες
Ομαλότητα επιφάνειας	Ευθρυπτότητα	
Πορώδες	Τάση διόγκωσης	Ομοιομορφία περιεχομένου

Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της **φαρμακευτικής βιομηχανίας**, στην οποία η παραγωγή των πρώτων υλών αποτελεί το κρίσιμότερο ίσως στάδιο της συνολικής διαδικασίας (περίπτωση πρώτων υλών από τη βιομηχανία *οργανικής σύνθεσης*). Ο έλεγχος ποιότητας των πρώτων υλών γίνεται από εξειδικευμένα εργαστήρια με εφαρμογή φυσικοχημικών ή βιολογικών μεθόδων (βλ. Πίνακα 1.3). Οι μέθοδοι αυτές είναι εξειδικευμένες κατά **δραστική ουσία** και περιγράφονται αναλυτικά σε ειδικές εκδόσεις (Ευρωπαϊκή Φαρμακοποιία, Αμερικανική Φαρμακοποιία, Ελληνική Φαρμακοποιία, βλ. και σχ. 1.4). Η ανάπτυξη και υιοθέτησή τους ως έγκυρων μεθόδων ελέγχου γίνεται ύστερα από διεξοδική πειραματική εφαρμογή τους και έλεγχο από ειδικές ομάδες επιστημόνων.

Πίνακας 1.3

Συνήθεις εργαστηριακοί έλεγχοι και τεχνικές ελέγχου ποιότητας των φαρμακευτικών πρώτων υλών

Έλεγχοι	Τεχνικές ελέγχου
<i>Χαρακτηριστικά:</i>	Χρώμα, διαύγεια, οσμή, διαλυτότητα σε οργανικούς και ανόργανους διαλύτες, σημείο πήξης, σημείο ζέσης, σημείο τήξης
<i>Ταυτοποίηση:</i>	Μικροσκοπική εξέταση, χρωματογραφία λεπτής στιβάδας, υγρή χρωματογραφία, σημείο τήξης, φασματοφωτομετρία υπεριώθρου, φασματοφωτομετρία υπεριώδους, αντιδράσεις ταυτοποίησης, χρωστικές αντιδράσεις, ειδική στροφή
<i>Έλεγχοι καθαρότητας:</i>	Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας, υγρή χρωματογραφία, αέρια χρωματογραφία, pH, σχετική πυκνότητα, δείκτης διαθλάσεως, ειδική στροφή, οξύτητα ή αλκαλικότητα, απώλεια κατά την ξήρανση, θειική τέφρα, εμφάνιση, ιξώδες, έλεγχοι ορίου (π.χ. βαρέων μετάλλων), νερό, πυρετογόνα, μικροβιακό φορτίο
<i>Ποσοτικός προσδιορισμός:</i>	Ογκομέτρηση, υγρή χρωματογραφία, φασματοφωτομετρία υπεριώδους-ορατού, γωνία οπτικής στροφής

B. Κόστος των πρώτων υλών

Το **κόστος** των πρώτων υλών αντιπροσωπεύει κατά κανόνα τη μεγαλύτερη συνιστώσα του συνολικού **κόστους παραγωγής** του προϊόντος. Το κόστος των πρώτων υλών στην πράξη υπολογίζεται με βάση τις απαιτούμενες ποσότητες των πρώτων υλών (όπως προκύπτουν από το **ισοζύγιο των υλικών**) και με τη βοήθεια πινάκων κόστους των υλικών, οι οποίοι περιλαμβάνουν στοιχεία, όπως το όνομα του υλικού, τον τύπο και το βαθμό καθαρότητας, τη μέθοδο παραλαβής, τη μονάδα μέτρησης της ποσότητάς του, το κόστος ανά μονάδα, την ετήσια κατανάλωση, το κόστος ανά μονάδα προϊόντος. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος προμήθειας της πρώτης ύλης είναι η προμηθευόμενη ποσότητα (όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο μειώνεται το μοναδιαίο κόστος), η διαθεσιμότητα και η ποιότητα, καθώς και το κόστος μεταφοράς της πρώτης ύλης από τα φυσικά αποθέματα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Σημειώνεται ακόμη ότι η **απόδοση** της χημικής αντίδρασης καθορίζει και τις απαιτούμενες ποσότητες

Από τα στοιχεία του Πίνακα 1.4 γίνεται σαφές ότι, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων (τσιμεντοβιομηχανία και βιομηχανία κεραμικών), το κόστος των πρώτων υλών υπερβαίνει κατά πολύ τις υπόλοιπες συνιστώσες του κόστους παραγωγής (εργατικά, ενέργεια, χρηματοοικονομικό κόστος, λοιπά γενικά έξοδα). Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση συμπίεσης του κόστους των πρώτων υλών της βιομηχανίας κεραμικών στη χώρα μας λόγω της αντικατάστασης των εισαγόμενων αργίλων το 1983 με ελληνικούς. Αντιθέτως, η **ενεργειακή κρίση** είχε ως συνέπεια την αύξηση του κόστους των πρώτων υλών της παραγωγής των πετροχημικών από 50% του συνολικού κόστους παραγωγής το 1973 σε 85% το 1980.

Πίνακας 1.4

Μέσο κόστος των πρώτων υλών ως ποσοστό του συνολικού κόστους παραγωγής στην ελληνική βιομηχανία (1986)

Κλάδος βιομηχανίας	Κόστος πρώτων υλών ως ποσοστό του συνολικού κόστους παραγωγής
Βιομηχανία πλαστικών	71%
Βερνικοχρώματα και σιλβώματα	82%
Σαπούνια	83%
Απορρυπαντικά	85%
Γεωργικά φάρμακα	>80%
Κόλλες	84%
Τσιμεντοβιομηχανία	15%
Κεραμικά πλακίδια	18%
Πετροχημικά	85% (κυμαινόμενο)
Βιομηχανία ελαστικού	63%

1.5 Παραδείγματα πρώτων υλών σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους

A. Η ελληνική περίπτωση

Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται σε χαρακτηριστικούς βιομηχανικούς κλάδους στην Ελλάδα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5

Ενδεικτικές πρώτες ύλες κατά βιομηχανικό κλάδο

Βιομηχανικός κλάδος	Πρώτες ύλες
Πλαστικά:	
(α) θερμοπλαστικά	(α) Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο, πολυαμίδια, οξικό πολυβινύλιο, πολυμερή
(β) θερμοσκληρυνόμενα	(β) πολυουρεθάνες, αμινοπλαστικά, φαινοπλαστικά, πολυεστέρες, ρητίνες, εποξειδία
Βερνικοχρώματα και σιλβώματα	Χρωστικές ουσίες (διοξειδίο του τιτανίου, οξειδία του σιδήρου, ψευδαργύρου, μολύβδου, χρωμίου, μίνιο, οργανικές χρωστικές), έλαια (λινέλαιο, σογιέλαιο κ.ά.), διαλύτες (τερεβινθέλαιο, βενζίνη, ξυλόλιο, κ.ά.), σταθεροποιητές, πληρωτικά (ανθρακικό ασβέστιο, γύψος, θειικό βάριο κ.ά.), ρητίνες (φυσικές και συνθετικές)
Σαπούνια	Ζωικό λίπος, καυστικό νάτριο, ανθρακικό νάτριο, αρώματα, χρωστικές
Απορρυπαντικά	ενεργός ουσία (δωδεκυλικό βενζόλιο κ.ά.), θειικό οξύ, θειικό νάτριο, ανθρακικό νάτριο, καυστική σόδα
Εκρηκτικά	Νιτρογλυκερίνη, νιτρικό αμμώνιο, νιτρογλυκόζη, νιτρικό νάτριο, νιτροκυτταρίνη
Γεωργικά φάρμακα	Θείο, θειικός χαλκός, οργανοχλωριωμένες ενώσεις
Κόλλες	Φυτικά υλικά (άμυλο, κυτταρίνη) ζωικά υλικά, πολυχλωροπρένιο, φορμαλδεϋδη, ουρία, διαλύτες (εξάνιο), πρόσθετα (καολίνη, ανθρακικό ασβέστιο κ.ά.)
Τσιμέντο	Οξείδιο του ασβεστίου, οξείδιο του πυριτίου, αλουμίνα, οξείδιο του σιδήρου (III)
Κεραμικά	Άργιλοι, υαλώματα
Πετροχημικά	Υγροί υδρογονάνθρακες (νάφθα, ντίζελ), αέριοι υδρογονάνθρακες (αιθάνιο, προπάνιο), άνθρακας, βιομάζα
Φαρμακευτικά προϊόντα	Δραστικές ουσίες (αντιβιοτικά, ορμόνες, αντιϊσταμινικά κ.ά.), έκδοχα
Ελαστικό	Καουτσούκ (φυσικό ελαστικό, συνθετικό ελαστικό)

Ειδικότερα για την παραγωγή **πλαστικών** (είδη συσκευασίας, σωλήνες, είδη οικοδομής, είδη οικιακής χρήσης) οι ελληνικές μονάδες χρησιμοποιούν κυρίως εισαγόμενες πρώτες ύλες με εξαίρεση το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και το πολυστυρένιο. Για την παραγωγή **χρωμάτων** επίσης εισάγονται σημαντικές ποσότητες πρώτων υλών, γεγονός στο οποίο αποδίδεται η μειωμένη *ανταγωνιστικότητα* του κλάδου. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται στην παραγωγή απορρυπαντικών, κολλών, φαρμακευτικών προϊόντων και ιδίως στην παραγωγή γεωργικών φαρμάκων και ελαστικού. Αντιθέτως, για την παραγωγή εκρηκτικών εισάγεται μόνο η γλυκόζη, ενώ για την παραγωγή κεραμικών εισάγονται κυρίως τα υαλώματα.

B. Χαρακτηριστικά παραδείγματα βιομηχανικών πρώτων υλών

(B1) Η βιομηχανία τσιμέντου

Τα κύρια συστατικά του τσιμέντου (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) σχεδόν ποτέ δε συνυπάρχουν με την επιθυμητή αναλογία στην ίδια πρώτη ύλη. Για το λόγο αυτό συχνά χρησιμοποιούνται **διορθωτικά υλικά** τα οποία εμπλουτίζουν την πρώτη ύλη στα επιθυμητά κάθε φορά συστατικά. Τέτοια υλικά, τα οποία συμπληρώνουν ένα τυπικό μίγμα πρώτων υλών (π.χ. ασβεστόλιθος ή κιμωλία και άργιλος), είναι η πυριτική άμμος και η γη διατόμων (εμπλουτισμός σε SiO_2) ή το σιδηρόχρωμα (εμπλουτισμός σε Fe_2O_3). Οι συνηθισμένες προσμίξεις των πρώτων υλών είναι οι εξής: MgO (αν υπάρχει ελεύθερο στο τσιμέντο ενυδατώνεται, αυξάνει τον όγκο και καταστρέφει την κατασκευή), K_2O και Na_2O (προκαλούν ανωμαλίες κατά την πήξη του τσιμέντου), SO_3 (προκαλεί επικίνδυνες διατάσεις στην κατασκευή), PbO και ZnO .

Το μίγμα των πρώτων υλών πριν από τη χρησιμοποίησή του (δηλαδή την έψησή του μέσα στην περιστροφική κάμινο) πρέπει να μετατραπεί σε ένα πλήρως **ομογενοποιημένο** και **λεπτόκοκκο** υλικό (φαρίνα). Για να επιτευχθούν αυτές οι ιδιότητες, οι πρώτες ύλες μετά την εξόρυξή τους υφίστανται θραύση, προομογενοποίηση, άλεση και ομογενοποίηση.

Ακολούθως, η φαρίνα υφίσταται **έψηση** και ψύξη για την παραγωγή του κλίνκερ. Το κλίνκερ αναμιγνύεται με πρόσθετα και γύψο και αλέθεται για την παραγωγή του τελικού τσιμέντου.

Στην τσιμεντοβιομηχανία για τον έλεγχο των επιθυμητών αναλογιών των επιμέρους συστατικών της πρώτης ύλης χρησιμοποιούνται διάφοροι **δείκτες**. Τέτοιοι είναι π.χ. ο πυριτικός δείκτης (M_s) και ο αργιλικός δεί-

κτης (M_A) που ορίζονται ως εξής:

$$M_S = \text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) \text{ και } M_A = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$$

Ο μεν πρώτος (M_S) πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1,8 και 3,4 (μεγαλύτερη τιμή δυσκολεύει την έψηση για την παραγωγή του κλίνκερ και αυξάνει τον απαιτούμενο χρόνο πήξης του τσιμέντου), ο δε δεύτερος (M_A) πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1,5 και 2,5.

(B2) Η βιομηχανία χαρτιού

Οι πρώτες ύλες για την παραγωγή **χαρτόμαζας** (μάζα αποτελούμενη από καθαρές, απελευθερωμένες ίνες κυτταρίνης με μικρή υγρασία) και **χαρτιού** (φύλλα στα οποία μετατρέπεται η χαρτόμαξα) είναι το ξύλο και το άχυρο. Το άχυρο χρησιμοποιείται σε μικρότερο βαθμό από το ξύλο, παρά το γεγονός ότι η ανανέωσή του γίνεται πολύ ταχύτερα από την ανανέωση των δέντρων, η οποία απαιτεί πάνω από 10 έτη.



Σχήμα 1.5

Η κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτόμαζας και χαρτιού.

Αρχικά οι κορμοί των δένδρων **αποφλοιώνονται** με μεταξύ τους τριβή πάνω σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους ή με εφαπτομενική εκτόξευση πεπιεσμένου νερού ή με χρήση μηχανικών λεπίδων. Η απομάκρυνση του φλοιού από την πρώτη ύλη επιβάλλεται εξαιτίας του ανεπιθύμητου χρώματος που προσδίδει στο τελικό προϊόν και της χαμηλής μηχανικής αντοχής των ινών του. Η *απόδοση* της διεργασίας αυτής είναι περίπου 55-63%. Ακολουθώς οι αποφλοιωμένοι κορμοί τεμαχίζονται σε ραβδία διαστάσεων περίπου 0,5 cm × 2 cm, αν πρόκειται να υποστούν στη συνέχεια τη χημική κατεργασία της πολτοποίησης ή υπόκεινται σε τριβή πάνω σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους για τη σταδιακή μηχανική απελευθέρωση των ινών και την παραγωγή **μηχανικής χαρτόμαζας**.

Το είδος των χρησιμοποιούμενων δένδρων, όπως σε κάθε περίπτωση πρώτων υλών, επηρεάζει την ποιότητα του τελικού προϊόντος (π.χ. κορμοί φυλλοβόλων δένδρων περιέχουν ίνες κυτταρίνης μικρού μήκους, γεγονός που μειώνει τη μηχανική αντοχή της παραγόμενης χαρτόμαζας).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Η Χημική Τεχνολογία εφαρμόζοντας κατάλληλες χημικές μεθόδους επεξεργασίας αποβλέπει στο μετασχηματισμό των **πρώτων υλών** σε χρήσιμα ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα. Οι πρώτες ύλες προέρχονται συνήθως από το φυσικό περιβάλλον, δηλαδή τη *λιθόσφαιρα*, την *υδρόσφαιρα*, την *ατμόσφαιρα* και τη *βιόσφαιρα*. Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται πρώτες ύλες από τη βιομηχανία. Παρά το γεγονός ότι τα φυσικώς διαθέσιμα αποθέματα (κυρίως μεταλλών και υγρών καυσίμων) είναι σημαντικά, ο αυξανόμενος ρυθμός εκμετάλλευσής τους σε συνδυασμό με το γεγονός ότι λίγα από αυτά είναι **οικονομικώς εκμεταλλεύσιμα** είναι πιθανό να δημιουργήσει στο μέλλον πρόβλημα επάρκειας των πρώτων υλών. Ο **εμπλουτισμός** των πρώτων υλών γίνεται με εφαρμογή φυσικών και χημικών μεθόδων και αποσκοπεί στη μείωση της περιεκτικότητάς τους σε ανεπιθύμητες προσμίξεις. Ο εργαστηριακός **έλεγχος της ποιότητας** των πρώτων υλών με εφαρμογή φυσικοχημικών μεθόδων συνίσταται στον έλεγχο των γεωμετρικών, φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών τους και αποσκοπεί στη διασφάλιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Το συνολικό κόστος παραγωγής εξαρτάται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από το **κόστος** (επομένως και την ποιότητα) των πρώτων υλών. Οι ελληνικές βιομηχανίες κατά κανόνα **εισάγουν** τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούν, επιβαρύνοντας έτσι σημαντικά το κόστος παραγωγής των τελικών προϊόντων και μειώνοντας τελικά την **ανταγωνιστικότητά** τους σε ξένες αγορές.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι κυριότερες πρώτες ύλες της χημικής βιομηχανίας που λαμβάνονται από τη *λιθόσφαιρα*, την *ατμόσφαιρα*, την *υδροσφαιρα* και τη *βιόσφαιρα*;
2. Ποια είναι η διαφορά της έννοιας της φυσικής διαθεσιμότητας από την έννοια της οικονομικής εκμεταλλευσιμότητας του φυσικού αποθέματος κάποιας πρώτης ύλης και ποιά η χρησιμότητα της τελευταίας;
3. Να περιγράψετε τις σημαντικότερες μεθόδους εμπλουτισμού των μεταλλικών αποθεμάτων.
4. Τι χαρακτηρίζεται ως ποιότητα των πρώτων υλών και ποιες παραμέτρους της βιομηχανικής παραγωγής επηρεάζει;
5. Ποιες είναι οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται το κόστος των πρώτων υλών και με ποιο τρόπο;
6. Πού αποδίδεται, κατά τη γνώμη σας, η μικρή σχετικά συμμετοχή του κόστους των πρώτων υλών της τσιμεντοβιομηχανίας και της βιομηχανίας κεραμικών στο συνολικό κόστος παραγωγής;
7. Να αναλύσετε την επίδραση της έλλειψης αυτοδυναμίας μίας χώρας, σε ενεργειακούς πόρους και φυσικές πρώτες ύλες, στη διαμόρφωση του κόστους παραγωγής των βιομηχανικών προϊόντων της.
8. Με τη βοήθεια των στοιχείων του Πίνακα 1.4 να υπολογίσετε και να συγκρίνετε την ποσοστιαία (%) αύξηση του συνολικού κόστους παραγωγής (α) απορρυπαντικών και (β) τσιμέντου, αν υποθεθεί ότι σε κάθε περίπτωση αυξάνεται το κόστος των πρώτων υλών κατά 20%. Ποιο συμπέρασμα προκύπτει σχετικά με την επίδραση ενδεχόμενης αύξησης της τιμής των πρώτων υλών στη διαμόρφωση του συνολικού κόστους παραγωγής, συνεπώς και της τιμής πώλησης του τελικού προϊόντος;
Απάντηση: (α) 17% και (β) 3%
9. Σε ποιους βιομηχανικούς κλάδους παρατηρείται μεγαλύτερη εξάρτηση της χώρας μας από εισαγόμενες πρώτες ύλες και ποιες είναι αυτές;
10. Με βάση την απάντηση στην προηγούμενη ερώτηση, σε ποιες περιπτώσεις πρώτων υλών εκτιμάτε ότι θα μπορούσε η χώρα μας να αυξήσει την εγχώρια παραγωγή τους, μειώνοντας έτσι και τις αντίστοιχες εισαγωγές και σε ποιες όχι;