569
ΚΛ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ-ΤΕΙ- ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΑΦΙΚΗΣ ΚΑΙ ΦΙΝΙΡΙΣΜΑΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Τεχνολογίες εφαρμογής διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας σε βαφεία - φινιριστήρια»

Σωτήρης Κολέτσης
ΑΜ: 26771

Υπεύθυνη Καθηγήτρια
Δρ. Ι.Γ.Καράλη

Επιβλέπουσα
Δρ. Ι.Γ.Καράλη

Αιγάλεω

Ιανουάριος 2013

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ-ΤΕΙ- ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΑΦΙΚΗΣ ΚΑΙ ΦΙΝΙΡΙΣΜΑΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Τεχνολογίες εφαρμογής διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας σε βαφεία - φινιριστήρια»

Σωτήρης Κολέτσης
ΑΜ: 26771

Υπεύθυνη Καθηγήτρια
Δρ. Ι.Γ.Καράλη

Επιβλέπουσα
Δρ. Ι.Γ.Καράλη

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Αιγάλεω

Ιανουάριος 2013

Copyright © Σωτήρης Κολέτσης, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των απαιτήσεων απόκτησης πτυχίου του Τμήματος Κλωστοϋφαντουργίας, της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
Η έγκρισή της δεν υποδηλώνει απαραιτήτως και την αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμ. Κλωστοϋφαντουργίας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσης Πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- Τον ομότιμο καθηγητή μου κ. Ιωάννη Α. Ρουσιά, με τον οποίο ξεκίνησα την Πτυχιακή εργασία μου, για την πολύτιμη βοήθεια και την εμπειρία του την οποία μου προσέφερε, καθώς επίσης και για την υποστήριξη του στο επιστημονικό υπόβαθρο της εργασίας.

- Την καθηγήτριά μου Ιωάννα Γ. Καράλη για την τεράστια βοήθεια που μου προσέφερε, για την προσφορά γνώσεων αλλά και για το πολύτιμο ενδιαφέρον της για να ολοκληρωθεί αυτή η Πτυχιακή Εργασία, αλλά πάνω από όλα για την ψυχολογική συμπαράσταση και την στήριξη που μου προσφέρει εδώ και πολλά χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα: «Τεχνολογίες εφαρμογής διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας σε βαφεία - φινιριστήρια»

Ιανουάριος 2013

Βασικός σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση και ανάλυση των τεχνολογιών εφαρμογής διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας σε βαφεία – φινιριστήρια.

Η συγκεκριμένη Πτυχιακή Εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη: το θεωρητικό και σε παραδείγματα μελετών εφαρμογής.

Ειδικότερα, το πρώτο μέρος αποτελείται από 7 κεφάλαια,: Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περιβαντολλογική και οικονομική κατάσταση στον ενεργειακό τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο. Επίσης, γίνεται αναφορά στο εν ισχύει Θεσμικό πλαίσιο καθώς επίσης και των διαφόρων πηγών ανανεώσιμης ενέργειας. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η ταξινόμηση του κλάδου των Κλωστοϋφαντουργικών υλών και προϊόντων κατά την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διαδικασίες που ακολουθούνται κατά την παραγωγή βαμβακερών, μάλλινων, σύμμεικτων υφασμάτων και υφασμάτων από τεχνητές ίνες, καθώς επίσης, τα χρώματα και οι βοηθητικές ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους. Στο πέμπτο παρουσιάζονται οι εκπομπές αερίων ρύπων σε βαφεία - φινιριστήρια. Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται κατηγοριοποίηση των αερίων ρύπων, καθώς επίσης, αναλύονται και οι διάφοροι μέθοδοι μέτρησης τους. Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι Τεχνολογίες Εφαρμογής Διαχείρισης και Εξοικονόμησης Ενέργειας πριν, κατά και μετά την παραγωγική διαδικασία σε Βαφεία - Φινιριστήρια.

Στο δεύτερο μέρος του παρόντος εκπονήματος παρουσιάζονται τα παραδείγματα μελετών εφαρμογής αξιόπιστων τεχνολογιών για την εξοικονόμηση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και τεχνολογίες καταπολέμησης αερίων ρύπων VOCs. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται μελέτες περιπτώσεων ελληνικών κλωστουφαντουργικών βιομηχανιών, βαφείων – φινιριστηρίων, οι οποίες εφάρμοσαν τις παραπάνω τεχνολογίες, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα που είχαν, πριν και μετά της υιοθέτησης τους.

SUMMARY

Subject: «Technology implementation management and savings in dyeing - finishing»

January 2013

The main purpose of this study is is the presentation and analysis of application management technologies and energy saving in dyeing - finishing.

This study is divided into two parts: The theoretical part and the part of the examples of four case studies.

Specifically, the first part consists of 7 chapters: The first chapter presents the vironmental and economic situation in the energy sector globally. Also refer to the current institutional framework as well as the various sources of renewable energy. The second chapter focuses on distributed generation technologies. In the third chapter, the industry classification of textiles and textile products by the National Statistical Service. In the fourth chapter, the procedures followed in the production of cotton, wool, blended fabrics and fabrics of artificial fibers, as well, colors and auxiliary materials used in their production. The fifth shows the greenhouse gas emissions in paints - finishing. In the sixth chapter categorization of air pollutants, as well as analyzed and the various methods of measuring them. In the seventh chapter, the Application Management Technologies and Energy Conservation before, during and after the production process dyeing -finishing.

In the second part of this ekponimatos presents examples of studies applying reliable technologies to save heat and electricity, as well as technologies to combat greenhouse gas emissions VOCs. It then presents case studies of Greek textile industry, paint - finishing, which applied these technologies, as well as their effects before and after the adoption.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε σύμφωνα με το άρθρο 16 του Κανονισμού σπουδών του ΤΕΙ Πειραιά με εισήγηση και επίβλεψη των Διδασκόντων καθηγητών του εργαστηρίου Χημείας Χρωμάτων του τμήματος Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών του ΤΕΙ Πειραιά. Η δομή, η τεκμηρίωση και η παρουσίαση της έγινε κατά το δυνατόν το δυνατόν σύμφωνα με τους Κανόνες και τις Οδηγίες που έχουν αναπτυχθεί και εξελίσσονται στο συγκεκριμένο εργαστήριο.

Ο βιομηχανικός τομέας περιλαμβάνει ένα πλήθος δραστηριοτήτων, που η σχετική συμμετοχή τους στο σύνολο του βιομηχανικού προϊόντος διαφοροποιείται ανάλογα με τους πλουτοπαραγωγικούς χώρους κάθε χώρας, την τεχνολογική της ανάπτυξη, και άλλα συγκριτικά πλεονεκτήματα που διαθέτει.

Επί σειρά ετών, η βιομηχανική ανάπτυξη εθεωρείτο η βάση της οικονομικής μεγέθυνσης μίας χώρας και ταυτόχρονα, η κυρία αιτία περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Σήμερα όμως, το μερίδιο ευθύνης της βιομηχανίας στα περιβαλλοντικά προβλήματα -ιδιαίτερα στις χώρες της ΕΕ- εμφανίζεται σημαντικά περιορισμένο. Οι βασικές αιτίες γι'αυτό είναι η στροφή προς τον τομέα των υπηρεσιών και ο περιορισμός της ίδιας της βιομηχανικής δραστηριότητας, ιδιαίτερα των πλέον ενεργειοβόρων και ρυπογόνων κλάδων, με ταυτόχρονη ενίσχυση των κλάδων υψηλής τεχνολογίας και προστιθέμενης αξίας. Σημαντική όμως θεωρείται και η συμβολή των ρυθμιστικών πολιτικών προστασίας του περιβάλλοντος που επί πολλά χρόνια αποτελούσαν το βασικό εργαλείο αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων της βιομηχανίας.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχοντας επί δεκαετίες στηρίξει την αντιμετώπιση της βιομηχανικής ρύπανσης σε κανονιστικού τύπου πολιτικές, τα τελευταία χρόνια αναπροσανατολίζει τη στρατηγική της εισάγοντας νέα στοιχεία που είναι σε θέση να περιορίσουν ακόμη περισσότερο τη ρύπανση, χωρίς δυσανάλογη οικονομική επιβάρυνση.

Η μία κατεύθυνση αφορά την υιοθέτηση μίας ολοκληρωμένης αντίληψης στην αντιμετώπιση της ρύπανσης. Υλοποιείται με την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) 96/61/EC η οποία προβλέπει τη χρήση Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών (BAT- Best Available Techniques) τόσο στην ίδια την παραγωγική διαδικασία, όσο και στη διαχείριση περιβαλλοντικών

επιπτώσεων. Η Οδηγία, καθορίζει μεταξύ άλλων την ενιαία διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης, την παρακολούθηση των εκπεμπόμενων ρύπων και τη διενέργεια απογραφής των βιομηχανικών ρύπων. Ισχύει ήδη για νέες εγκαταστάσεις, ενώ από το 2007 θα αρχίσει να εφαρμόζεται και στις υφιστάμενες μονάδες.

Η άλλη κυρίαρχη κατεύθυνση αφορά στην αύξουσα χρήση ευέλικτων εργαλείων πολιτικής, όπως η εμπορία εκπομπών C02 που ψηφίστηκε πρόσφατα στο Συμβούλιο Κορυφής της Κοπεγχάγης, και οι εθελοντικές συμφωνίες με ενώσεις βιομηχανικών κλάδων.

Η Ελλάδα έχει αναπτύξει ένα ικανοποιητικό πλαίσιο κανονιστικών πολιτικών, πάσχει όμως ως προς την εφαρμογή ελεγκτικών μηχανισμών. Η Οδηγία IPPC βρίσκεται στην τελική φάση εφαρμογής, καθώς συμπληρώνονται και τα τελευταία εγχειρίδια Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών για τους κλάδους που συμπεριλαμβάνονται στις διατάξεις της. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια γινόμαστε μάρτυρες μιας στροφής των επιχειρήσεων στην κατεύθυνση της πρόληψης μείωσης αποβλήτων στην πηγή, στην επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων και στην υποκατάσταση υλικών με φιλικότερα προς το περιβάλλον.

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να γίνεται ευρύτερα αποδεκτή η ανάγκη ενσωμάτωσης της έννοιας της Βιώσιμης Ανάπτυξης σ' όλες τις φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας, από το σχεδιασμό του προϊόντος και την επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας παραγωγής του μέχρι τη διασφάλιση της αξιοποίησης του μετά την ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του

Ήδη στο χώρο της βιομηχανίας έχουν γίνει ορισμένα βήματα προς τη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των προϊόντων. Οι περισσότερες από αυτές τις προσπάθειες επικεντρώνονται σε επιμέρους περιβαλλοντικές παρεμβάσεις και βελτιώσεις στα ήδη εφαρμοζόμενα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, άλλα πάντα περιορίζονται στο λειτουργικό επίπεδο και στην ανάπτυξη συστημάτων της περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Η ωριμότητα και η περιβαλλοντική ευαισθησία που τα τελευταία χρόνια έχει αποκτήσει η βιομηχανία, της δίνει τη δυνατότητα να αναπτύξει μια πιο καινοτόμο περιβαλλοντική πολιτική, η οποία δεν στηρίζεται πλέον μόνο στην ανάπτυξη συστημάτων ελέγχου της περιβαλλοντικής απόδοσης της βιομηχανίας, αλλά εστιάζει στον Οικολογικό Σχεδιασμό" των προϊόντων της εταιρίας

Ο οικολογικός σχεδιασμός προϊόντων, ή με άλλα λόγια η ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών παραμέτρων στην ήδη εφαρμοζόμενη παραγωγική διαδικασία, προσφέρει πλεονεκτήματα στην βιομηχανία και από περιβαλλοντική αλλά και από επιχειρηματική άποψη. Η εφαρμογή τέτοιων πρακτικών στη διεθνή εμπειρία έχει

δείξει ότι στις περισσότερες των περιπτώσεων έχει οδηγήσει σε αξιοσημείωτα οικονομικά οφέλη τις επιχειρήσεις. Βελτιώνοντας το σχεδιασμό των προϊόντων και εφαρμόζοντας τις αρχές του οικολογικού σχεδιασμού, οι βιομηχανίες πραγματοποιούν ένα μεγάλο και καινοτόμο βήμα, προλαμβάνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων τους και κατ' επέκταση προωθώντας την αειφόρο ανάπτυξη.

Είναι αναγκαία, λοιπόν, η κατανόηση της αειφόρου ή βιώσιμης ανάπτυξης και γΓ αυτό απαιτούνται ευρέως φάσματος ανάλογα μέτρα. Είναι αναγκαία υψηλότερη επένδυση απ' ότι στο παρελθόν ταυτόχρονα και στις τρεις διαστάσεις (οικονομική, κοινωνική και οικολογική), όπως στη συγκέντρωση πλούτου πληροφοριών, την έρευνα ως προς τις διαμορφούμενες σχέσεις μεταξύ τους και την ανθρώπινη ευημερία και οικονομική ανάπτυξη. Ένα "πράσινο" μέλλον απαιτεί και "πράσινη" δραστηριοποίηση και η αρχή έχει ήδη συντελεστεί. Όπως παρατηρήσαμε, μέσα από την διάρθρωση αυτής της εργασίας, η παραγωγή και στους τρεις τομείς έχει αναπτύξει οικολογική συμπεριφορά που μέσα στα πλαίσια μιας κοινής στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και όλων των εθνών, αποκτά σιγά σιγά την δυναμικότητα της μελλοντικής μεγέθυνσης της οικονομίας και ενός φυσικού περιβάλλοντος περισσότερο καθαρού και ενδυναμωμένου.

Αυτή η συνδυαστική εφαρμογή πάνω στις παραγωγικές δραστηριότητες είναι μια καινούργια "ηθική" της οικονομίας που αν μη τι άλλο υποδεικνύει πως οι άνθρωποι έχουν συνειδητοποιήσει ότι η φύση δεν μας ανήκει αλλά της ανήκουμε.

Μένει μόνο να υιοθετηθεί από ολόκληρη την κοινωνία και να τεθεί σε διαχρονική βάση με γνώμονα πάντοτε την διατήρηση και προστασία του φυσικού σπιτιού μας, του περιβάλλοντος.

Η συγκεκριμένη Πτυχιακή Εργασία χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη: το θεωρητικό και το πειραματικό μέρος.

- ❖ Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περιβαντολλογική και οικονομική κατάσταση στον ενεργειακό τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο. Επίσης, γίνεται αναφορά στο εν ισχύει Θεσμικό πλαίσιο καθώς και παρουσίαση των διαφόρων πηγών ανανεώσιμης ενέργειας.
- ❖ Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής.
- ❖ Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η ταξινόμηση του κλάδου των βιομηχανικής παραγωγής των Κλωστοϋφαντουργικών υλών και προϊόντων κατά την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία.

- Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διαδικασίες που ακολουθούνται κατά την παραγωγή βαμβακερών, μάλλινων, σύμμεικτων υφασμάτων και υφασμάτων από τεχνητές ίνες, καθώς επίσης, τα χρώματα και οι βοηθητικές ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους.
- Στο πέμπτο παρουσιάζονται οι εκπομπές αερίων ρύπων σε βαφεία - φινιριστήρια.
- Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται κατηγοριοποίηση των αερίων ρύπων, καθώς επίσης, αναλύονται και οι διάφοροι μέθοδοι μέτρησης τους.
- Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι Τεχνολογίες Εφαρμογής Διαχείρισης και Εξοικονόμησης Ενέργειας πριν, κατά και μετά την παραγωγική διαδικασία σε Βαφεία - Φινιριστήρια.
- Στο όγδοο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι εφαρμογές αξιόπιστων τεχνολογιών εξοικονόμησης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και τεχνολογίες καταπολέμησης αερίων ρύπων VOCs, από την οπτική γωνία της κατανάλωσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται οι μελέτες περιπτώσεων τεσσάρων ελληνικών κλωστουφαντουργικών βιομηχανιών, βαφείων – φινιριστηρίων, οι οποίες εφάρμοσαν τις παραπάνω τεχνολογίες, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα που είχαν, πριν και μετά την υιοθέτησης τους.
- Στο τέλος ακολουθεί ενδεικτικό γλωσσάρι καθώς και η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την συγγραφή και ολοκλήρωση της Πτυχιακής Εργασίας.

Εν κατακλείδι ακολουθούν τα Παραρτήματα Ι και ΙΙ, στα οποία αναφέρεται το Θεσμικό Πλαίσιο και μια συνοπτική παρουσίαση των φωτοβολταικών συστημάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΞΩΦΥΛΛΟ i

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ iii

ΠΕΡΙΛΗΨΗ iv

ΠΡΟΛΟΓΟΣ vi

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ x

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ xxii

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ xxvii

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ xxix

ΕΙΣΑΓΩΓΗ xxxii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Παγκόσμια ενεργειακή κατάσταση 1

1.2 Περιβαντολλογική και οικονομική κατάσταση στον ενεργειακό τομέα – προτάσεις 7

1.3 Ηλεκτρική ενέργεια 15

1.4 Θεσμικό πλαίσιο και ρυθμίσεις 17

1.5 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) 20

1.5.1 Κατηγορίες έργων 21

1.5.1.1 Αιολικά Πάρκα 21

1.5.1.2 Μικρά υδροηλεκτρικά έργα 22

1.5.1.3 Γεωθερμία 22

1.5.1.4 Φωτοβολταϊκά συστήματα 23

1.5.1.5 Βιομάζα 23

1.5.1.6 Θαλάσσια ενέργεια 23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

2.1 Συμβατικοί παραγωγοί ενέργειας 25

2.1.1 Ιστορική αναδρομή 25

2.1.2 Υπάρχουσα κατάσταση στην Ευρωπαϊκή Ένωση 26

2.1.3 Υπάρχουσα κατάσταση στην Ελλάδα 32

2.2 Κατανεμημένη παραγωγή 34

2.2.1 Επίπεδο τάσης στη σύνδεση με το δίκτυο ισχύος 40

2.2.2 Ισχύς παραγωγής 41

2.2.3 Περιοχή που καλύπτει η κατανεμημένη παραγωγή 42

2.2.4 Τεχνολογία κατανεμημένης παραγωγής 42

2.2.5 Κατανεμημένη παραγωγή και περιβαλλοντικές επιπτώσεις 43

2.3 Τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής 45

2.3.1 Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας 47

2.3.1.1 Η έννοια της συμπαραγωγής 47

2.3.1.2 Βασικές αρχές της συμπαραγωγής – Είδη Συστημάτων ΣΗΘ..... 52

2.3.1.3 Συστήματα Ατμοστροβίλου 58

2.3.1.4 Συστήματα Αεριοστροβίλου 61

2.3.1.5 Συστήματα με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης 63

2.3.1.6 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου 67

2.3.1.7 Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά 68

2.3.1.8 Μονάδες Συμπαραγωγής Μικρής Κλίμακας (μΣΗΘ) 69

2.3.1.9 Μικροστρόβιλοι (microturbines, MT) 74

2.3.2 Συστήματα συμπαραγωγής με κυψέλες καυσίμου 77

2.3.3 Μηχανές Stirling 78

2.3.4 Κυψέλες καυσίμου 81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

3.1 Βιομηχανία παραγωγής Κλωστοϋφαντουργικών Υλών και Προϊόντων..... 85

3.1.1 Ταξινόμηση κλάδου κατά Ε.Σ.Υ.Ε. – Συνοπτική παρουσίαση..... 85

3.1.2 Υποκλάδος 171 - Προπαρασκευή και νηματοποίηση βαμβακερών ινών 87

3.1.2.1 Υποκλάδος 171.1 - Προπαρασκευή και νηματοποίηση βαμβακερών ινών 87

3.1.2.2 Υποκλάδος 171.2 – Προπαρασκευή και νηματοποίηση ινών ερίου για την κατασκευή εριονήματος καρντέ 89

3.1.3 Υποκλάδος 172 – Υφαντήρια..... 90

3.1.3.1 Υποκλάδος 172.1 – Ύφανση βαμβακερών νημάτων..... 90

3.1.4 Υποκλάδος 173 – Φινίρισμα κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων 91
3.1.4.1 Υποκλάδος 173.0 – Φινίρισμα κλωστουφαντουργικών προϊόντων..91
3.1.5 Υποκλάδος 174 - Κατασκευή έτοιμων κλωστοϋφαντουργικών ειδών, εκτός από ενδύματα.....95
3.1.6 Υποκλάδος 175 – Κατασκευή άλλων κλωστοϋφαντουργικών ειδών 95
3.1.7 Υποκλάδος 176 - Κατασκευή πλεκτών υφασμάτων και υφασμάτων πλέξης κροσέ.....95
3.1.8 Υποκλάδος 177 – Κατασκευή πλεκτών ειδών και ειδών πλέξης κροσέ.95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

4.1 Παραγωγή Βαμβακιού 97
4.2 Παραγωγή Μαλλιού 101
4.3 Ανθρωπογενείς Ίνες.....103
4.4 Παραγωγή Σύμμικτων Υφασμάτων.....104
4.5 Πρώτες Ύλες.....105
4.6 Εξοπλισμός Μονάδων.....105
4.6.1 Βαφικά μηχανήματα 105
4.6.1.1 Συσκευές 106
4.6.1.2 Μηχανές 106
4.6.2 Λοιπός εξοπλισμός.....107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ - ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

5.1 Αέριες Εκπομπές.....109

5.2 Αέριες Εκπομπές Βαφείων – Φινιστηρίων 110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

ΑΝΑΛΥΣΗ - ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

6.1 Ανάλυση - Μέτρηση Αερίων Ρύπων 113

6.1.1 Κατάταξη αερίων ρύπων 113

6.1.2 Ανθρωπογενείς πηγές αερίων ρύπων 115

6.1.3 Εκπομπή αερίων ρύπων 115

6.1.4 Έλεγχος αερίων ρύπων 116

6.1.5 Καθοριστικά επιλογής μεθόδου 116

6.1.6 Διατάξεις επεξεργασίας αερίων ρύπων 117

6.2 Πλυντρίδες 118

6.2.1 Πλυντρίδες αερίων – 1 118

6.2.2 Πλυντρίδες αερίων – 2 119

6.3. Σχεδιασμός Πύργων Φυσικής Απορρόφησης 119

6.3.1 Σχεδιασμός πύργων φυσικής απορρόφησης – 1 119

6.3.2 Σχεδιασμός πύργων φυσικής απορρόφησης – 2 120

6.3.3 Σχεδιασμός πύργων φυσικής απορρόφησης – 3 121

6.3.4 Σχεδιασμός πύργων φυσικής απορρόφησης – 4 122

6.4 Σχεδιασμός Πύργων Χημικής Απορρόφησης 123

6.4.1 Σχεδιασμός πύργων χημικής απορρόφησης – 1 123

6.4.2 Σχεδιασμός πύργων χημικής απορρόφησης – 2 125

6.4.3 Σχεδιασμός πύργων χημικής απορρόφησης – 3 125

6.5 Αποτίμηση Πλυντρίδων Αερίων 126

6.5.1 Επιλογή συστήματος πλυντρίδας 127

6.5.2 Διατάξεις Venturi 128

6.5.3 Αποτίμηση διατάξεων πλυντρίδων 128

6.6 Συμπυκνώτες 129

6.6.1 Συμπυκνωτές – 1 129

6.6.2 Συμπυκνωτές – 2 129

6.7 Κυκλώνες 130

6.7.1 Κυκλώνες – 1 130

6.7.2 Κυκλώνες – 2 131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

7.1 Ανάκτηση Θερμότητας σε Βαφή και Φινίρισμα 133

7.1.1 Διεργασίες βαφής 133

7.1.2 Διεργασίες Φινιρίσματος 135

7.2 Τύποι Εναλλάκτων Θερμότητας 138

7.2.1 Εναλλάκτης Θερμότητας Σφραγισμένου Σωλήνα 139

7.2.2 Εναλλάκτης Θερμότητας τύπου Πλάκα 139

7.3 Δίκτυο Διανομής Θεμότητας 140

7.3.1 Διαρροές Ατμού 140

7.3.2 Απώλειες Σωλήνων 140

7.3.3 Δοχεία Διεργασιών 141

7.3.4 Παγίδες Ατμού 141

7.3.5 Επιστροφή Συμπυκνώματος 141

7.3.6 Εναποθέσεις Σωληνώσεων 141

7.3.7 Γενικές Παρατηρήσεις 142

7.4 Λέβητες και Καύστηρες 142

7.4.1 Περιορισμός Απωλειών Καυσαερίων 144

7.4.2 Βελτίωση Απόδοσης Λεβήτων 145

7.4.3 Επιστροφή Συμπυκνώματος στον Λέβητα 146

7.4.4 Μόνωση 146

7.4.5 Επιθεώρηση και Επισκευή Παγίδων Ατμού 147

7.4.6 Εκτόνωση Συμπυκνώματος Υψηλής Πίεσης για την Παραγωγή Ατμού Χαμηλής Πίεσης 148

7.5 Συσκευές Απαερίωσης σε Βιομηχανικά Συστήματα Ατμού 148

7.5.1 Ρύθμιση Παροχής Οξυγόνου 149

7.5.2 Αυτόματο Σύστημα Στραγγαλισμού Καυσαερίων 149

7.5.3 Συστήματα Προθέρμανσης 149

7.6 Συμπαραγωγή 151

7.6.1 Γεννήτρια Ηλεκτρισμού 151

7.6.2 Σύστημα Παραγωγής Ατμού 152

7.6.3 Λειτουργία του Ηλεκτρικού Συστήματος 153

7.6.4 Λειτουργία του Συστήματος Ατμού 153

7.7 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας 154

7.7.1 Τεχνολογίες Ηλιακής Ενέργειας 154

7.7.2 Βιομηχανικές Εφαρμογές 155

7.8 Είδη καυσίμων 155

7.9 Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας 157
7.9.1 Κινητήρες 157
7.9.1.1 Εισαγωγή 157
7.9.1.2 Κινητήρες Υψηλής Απόδοσης 157
7.9.1.3 Μετάδοση Ισχύος 158
7.9.1.4 Επισκευή και Συντήρηση 158
7.9.1.5 Κινητήρες Μεταβλητών Ταχυτήτων 159
7.9.2 Αντλίες 159
7.9.2.1 Εισαγωγή 159
7.9.2.2 Επιλογή Αντλίας 161
7.9.3 Συμπιεσμένος Αέρας 162
7.9.3.1 Εξοικονόμηση Ενέργειας 162
7.9.3.2 Ανίχνευση Διαρροών 163
7.9.3.3 Βέλτιστη Λειτουργία 164
7.9.3.4 Ακριβής έλεγχος 164
7.9.3.5 Απενεργοποίηση των συμπιεστών όταν δεν είναι σε χρήση 164
7.9.3.6 Πολλαπλά επίπεδα πίεσης 164
7.9.3.7 Έλεγχοι συμπιεστών 165
7.9.3.8 Ανάκτηση θερμότητας 165
7.9.3.9 Μεταβλητό φορτίο 165
7.9.3.10 Ρύθμιση της λειτουργίας των συστημάτων 165
7.9.3.11 Σχεδιασμός νέου συστήματος συμπιεσμένου αέρα 166
7.9.3.12 Καθορισμός αναγκών συστήματος 166
7.9.3.13 Σύγκριση εναλλακτικών συστημάτων 166

7.9.3.14 Αγορά και Εγκατάσταση Συστήματος 168

7.9.4 Συστήματα Hvac 168

7.9.4.1 Κλιματισμός 168

7.9.4.2 Κύκλος Εξοικονομητών 169

7.9.4.3 Ελαχιστοποίηση αέρα αναπλήρωσης και αέρα απόρριψης 169

7.9.4.4 Ελαχιστοποίηση Ποσότητας Αέρα Τροφοδοσίας 169

7.9.4.5 Ανάκτηση Ενέργειας 170

7.9.4.6 Συντήρηση Εξοπλισμού 170

7.9.5 Αερισμός 170

7.9.5.1 Εισαγωγή 170

7.9.5.2 Απώλειες 171

7.9.5.3 Απόρριψη Αέρα Υψηλής Θερμοκρασίας 171

7.9.5.4 Ισορροπία Ροών Αέρα 171

7.9.5.5 Μείωση Ποσότητας Αέρα 172

7.9.5.6 Βελτίωση Σχεδιασμού Καλύμματος 172

7.9.5.7 Τοποθέτηση φλάντζας 172

7.9.5.8 Ταχύτητα Σύλληψης 173

7.9.5.9 Μεγάλα Ανοίγματα 173

7.9.5.10 Ατμοσφαιρικός Αέρας 173

7.9.5.11 Ανάκτηση Θερμότητας 173

7.9.6 Φωτισμός 173

7.9.6.1 Εισαγωγή 173

7.9.6.2 Συστήματα ελέγχου φωτισμού 174

7.9.7 Ηλεκτρική εγκατάσταση 175

7.9.7.1 Συντελεστής Ισχύος 175

7.9.7.2 Διορθώσεις του Συντελεστή Ισχύος 176

7.9.7.3 Τρόποι Αντιμετώπισης Αρμονικών 176

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο

ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

8.1 Εισαγωγή 177

8.2 Οι Δυνατότητες Συμβολής της Εξοικονόμησης Ενέργειας στη Προστασία του Περιβάλλοντος, στην Ανταγωνιστικότητα και στην Απασχόληση 178

8.2.1 Υφιστάμενη κατάσταση 180

8.2.2 Ο Ενεργειακός Σχεδιασμός 183

8.2.2.1 Ενεργειακός Σχεδιασμός κτιρίων 184

8.2.2.2 Ενεργειακός Σχεδιασμός στον τομέα της βιομηχανίας 190

8.2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση παραγωγικότητας 191

8.3 Αξιόπιστες Τεχνολογίες για την Εξοικονόμηση Θερμικής Ενέργειας 194

8.3.1 Ανάκτηση θερμότητας από υγρά βιομηχανικά απόβλητα 194

8.3.1.1 Οι σωληνωτοί εναλλάκτες 195

8.3.1.2 Οι πλακοειδείς εναλλάκτες 195

8.3.2 Ανάκτηση θερμότητας από ζεστό απορριπτόμενο αέρα 197

8.3.2.1 Αποδοτικές τεχνολογίες ανάκτησης θερμότητας αέρα /αέρα 198

8.3.2.2 Economisers 200

8.3.3 Ανάκτηση θερμότητας στον κεντρικό κλιματισμό 201

8.4 Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας 202

8.4.1 Υποκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας με θερμική, εξοικονομώντας σημαντική πρωτογενή ενέργεια 202

8.4.2 Βελτίωση συντελεστού ισχύος σε εγκαταστάσεις μέσης τάσης 203

8.4.3 Κεντρικά συστήματα διαχείρισης ενέργειας και επιτήρησης ηλεκτρικού φορτίου (SCADA) 204

8.5 Τεχνολογίες Καταπολέμησης των Αερίων Ρύπων VOCs, από την οπτική γωνία της κατανάλωσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας 204

8.5.1 Αρχή λειτουργίας συστημάτων αντιρρύπανσης – παράμετροι ενεργειακού σχεδιασμού 205

8.5.2 Τεχνολογίες δέσμευσης VOCs και ενεργειακής ανάλυση τους 209

8.5.2.1 Θερμική Οξείδωση με Άμεση Καύση 209

8.5.2.2 Recuperative Thermal Oxidation 210

8.5.2.3 Regenerative Thermal Oxidation 211

8.5.2.4 Συστήματα προσρόφησης 213

8.5.3 Παραδείγματα Εφαρμογών 215

8.5.3.1 Ολοκληρωμένο σύστημα Αντιρρύπανσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας 215

8.5.3.2 Η Αντιρρύπανση στον Βιολογικό Καθαρισμό της Ψυτάλλειας 219

8.6 Ολοκληρωμένα Συστήματα Αντιρρύπανσης 220

8.7 Μελέτες Περιπτώσεων 221

8.7.1 Μελέτη περίπτωσης για το εργοστάσιο 'ΕΛΦΙΚΟ Α.Ε.Ε.' 221

8.7.1.1 Ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα θερμά υγρά απόβλητα των βαφικών μηχανών 222

8.7.1.2 Ανάκτηση θερμότητας από τον απορριπτόμενο θερμό αέρα στις ράμμες 223

8.7.1.3 Ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα καυσαέρια των δύο λεβήτων 224

8.7.1.4 Αντικατάσταση παλαιού και ενεργειακά μη αποδοτικού παραγωγικού εξοπλισμού με νέο μειωμένης ενεργειακής κατανάλωσης.....225

8.7.1.5 Βελτίωση διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας.....226

8.7.1.6 Σύστημα ενεργειακής παρακολούθησης SCADA.....226

8.7.1.7 Ανάκτηση θερμότητας από το διαφεύγον ατμοποιημένο συμπύκνωμα και βελτίωση του δικτύου πεπιεσμένου αέρα.....226

8.7.1.8 Εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.....227

8.7.1.9 Έργα εξοικονόμησης ενέργειας.....228

8.7.2 Μελέτη περίπτωσης για το εργοστάσιο 'ΑΠΟΛΛΩΝ ΑΒΕΕ'.....233

8.7.2.1 Αρχική κατάσταση.....233

8.7.2.2 Η κατασκευή του έργου.....234

8.7.2.3 Πλεονεκτήματα του έργου.....236

8.7.3 Μελέτη περίπτωσης για το εργοστάσιο 'ΦΙΕΡΑΤΕΞ Α.Ε.'.....238

8.7.3.1 Ανάκτηση θερμότητας από τα απόβλητα του βαφείου.....238

8.7.3.2 Ανάκτηση θερμότητας από ζεστό αέρα.....240

8.7.4 Μελέτη περίπτωσης για το εργοστάσιο 'Σ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ Α.Ε'.....244

8.8 Συμπεράσματα.....246

Γλωσσάρι

Βιβλιογραφία

Παραρτήματα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα I.1: Διαδικασία δημιουργίας φαινομένου του θερμοκηπίου xxxii

Εικόνα 2.1: Κατανομή ενεργειακών πόρων ηλεκτροπαραγωγής στην ΕΕ-25 ..28

Εικόνα 2.2: Βαθμός απελευθέρωσης της εσωτερικής αγοράς στην ΕΕ 29

Εικόνα 2.3: Δομή της ελληνικής αγοράς ενέργειας μετά την απελευθέρωση ..32

Εικόνα 2.4: Τύποι μηχανών Stirling: (a) άλφα, (b) βήτα (c) γάμα 79

Εικόνα 4.1 Τυπική παραγωγική διαδικασία βαφής- φινιρίσματος βαμβακερών υφασμάτων.....99

Εικόνα 4.2 Τυπική παραγωγική διαδικασία βαφή βαμβακερών νημάτων 100

Εικόνα 4.3 Τυπική παραγωγική διαδικασία βαφής – φινιρίσματος μάλλινων102

Εικόνα 4.4 Τυπική παραγωγική διαδικασία βαφής - φινιρίσματος τεχνητών ινών 104

Εικόνα 6.1: Σχεδιασμός πύργου φυσικής απορρόφησης 120

Εικόνα 6.2: Σχεδιασμός πύργου φυσικής απορρόφησης 121

Εικόνα 6.3: Σχεδιασμός πύργου φυσικής απορρόφησης 124

Εικόνα 6.4: Διάγραμμα ροής μιας διάταξης Venturi 128

Εικόνα 7.1: Περιστροφικός εναλλάκτης θερμότητας 138

Εικόνα 7.2: Εναλλάκτης θερμότητας τύπου πλάκα 140

Εικόνα 7.3: Μετάδοση κίνησης με ιμάντα τύπου V 158

Εικόνα 7.4: Παράδειγμα κυκλώματος άντλησης καθώς και της αντίστοιχης ενεργειακής κατανάλωσης αυτού 160

Εικόνα 8.1: Αρχιτεκτονικά, υπάρχουν 3 βασικές επιλογές: (1), (2) και (3) ... 184

Εικόνα 8.2: Κτηριακές εγκαταστάσεις.....185

Εικόνα 8.3: Διαφημιστική αφίσα από την εκστρατεία για την εξοικονόμηση ενέργειας 189

Εικόνα 8.4: Φωτογραφία του «Ελευθέριος Βενιζέλος», το νέο Διεθνές Αεροδρόμιο Αθηνών 190

Εικόνα 8.5: Σχηματική αναπαράσταση των βιομηχανιών Α' και Β' 191

Εικόνα 8.6: Αύξηση της παραγωγικότητας σε ράμμες και στεγνωτήρια 192

Εικόνα 8.7: Δίκτυα διανομής ατμού και επιστροφής συμπυκνωμάτων, σε καινούριο βαφείο – φινιριστήριο 193

Εικόνα 8.8: Από τις σημαντικότερες δευτερογενείς πηγές ενέργειας είναι τα ζεστά υγρά απόβλητα 194

Εικόνα 8.9: Φωτογραφία σωληνωτού εναλλάκτη 195

Εικόνα 8.10: Τυπικό σημείο λειτουργίας πλακοειδούς εναλλάκτη 196

Εικόνα 8.11: Φωτογραφία εγκατάστασης ανάκτησης θερμότητας από υγρά βιομηχανικά απόβλητα 196

Εικόνα 8.12: Φωτογραφία εγκατάστασης εναλλακτών θερμότητας 196

Εικόνα 8.13: Φωτογραφίες εναλλάκτων θερμότητας αέρα /αέρα, αέρα /νερού και τύπου Rotary Wheel αέρα /αέρα, παροχής 220000 Nm3/h 198

Εικόνα 8.14: Φωτογραφία ενός απλού σύστηματος ανάκτησης θερμότητας αέρα/αέρα και ενός τριπλού σύστηματος αέρα/αέρα 199

Εικόνα 8.15: Η πορεία της θερμοκρασίας του απορριπτόμενου αέρα, στο τριπλό σύστημα ανάκτησης θερμότητας της εικόνας 8.14 199

Εικόνα 8.16: Υπερμεγέθης και αποδοτικός economiser ισχύος 550 KW 201

Εικόνα 8.17: Κεντρική κλιματιστική μονάδα σε μεγάλο βιομηχανικό κτίριο 201

Εικόνα 8.18: Φωτογραφία συστήματος κεντρικής αντιστάθμισης τάσης σε εγκαταστάσεις μέσης τάσης 203

Εικόνα 8.19: Φωτογραφία κατά τη χρήση του λογισμικού ελέγχου συστήματος SCADA 204

Εικόνα 8.20: Φωτογραφίες εγκατεστημένων συστημάτων αντιρρύπανσης από VOCs 206

Εικόνα 8.21: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας καθώς επίσης και ένα εγκατεστημένο σύστημα Direct Fired Oxidiser 210

Εικόνα 8.22: Σχηματική αναπαράσταση εγκατάστασης θαλάμου θερμικής οξείδωσης με ανάκτηση 211

Εικόνα 8.23: Εγκατάσταση Recuperative Thermal Oxidiser 211

Εικόνα 8.24: Σχηματική αναπαράσταση Regenerative Thermal Oxidiser (RTO) τριών θαλάμων (canisters) και κύκλος λειτουργίας RTO με δύο θαλάμους .. 212

Εικόνα 8.25: Εγκατεστημένα συστήματα RTO, 3 και 5 θαλάμων 213

Εικόνα 8.26: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας ενός συστήματος προσρόφησης και ένα εγκατεστημένο σύστημα Rotary Concentrator 214

Εικόνα 8.27: Σχηματική αναπαράσταση συστημάτων Καταλυτικής Οξείδωσης 215

Εικόνα 8.28: Φωτογραφία economiser 217

Εικόνα 8.29: Πλήρης εναλλάκτης θερμότητας Rotary Wheel και η αρχή λειτουργίας του 218

Εικόνα 8.30: Τριθάλαμο RTO, ανάλογο με αυτά που θα εγκατασταθούν στην υπό κατασκευή μονάδα ξήρανσης της Ψυτάλεια 219

Εικόνα 8.31: Το Βαφείο – Φινιριστήριο της ΕΛΦΙΚΟ Α.Ε.Ε 222

Εικόνα 8.32: Το δίδυμο σύστημα πλακοειδών εναλλακτών της ΕΛΦΙΚΟ για την ανάκτηση θερμότητας από τα υγρά απόβλητα 222

Εικόνα 8.33: Αρχή λειτουργίας ενός εναλλάκτη αέρα/αέρα τύπου rotary wheel και λεπτομέρεια της μεταλλικής επιφάνειας ανταλλαγής θερμότητας 223

Εικόνα 8.34: Τα τρία συστήματα ανάκτησης θερμότητας από αέρα και η απορροή των υγροποιημένων ελαιωδών ρύπων από το τριπλό σύστημα 224

Εικόνα 8.35: Δύο εγκατεστημένοι economizers, ισχύος 466 KW και 341 KW αντίστοιχα 225

Εικόνα 8.36: Αριστερά, το απορριπτόμενο αρχικά flash steam και δεξιά, η σημερινή κατάσταση.....227

Εικόνα 8.37: Στην οροφή του εργοστασίου, δεξιά, διακρίνεται η μεγάλη ποσότητα του Flash Steam που χάνονταν πριν από τα έργα ΕΞΕ.....229

Εικόνα 8.38: Οι πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας νερού /νερού και ένα αυτοκαθαριζόμενο σύστημα ανάκτησης θερμότητας από ζεστό αέρα 230

Εικόνα 8.39: Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας οδηγείται από ένα τελευταίας τεχνολογίας SCADA.....231

Εικόνα 8.40: Αριστερά διακρίνεται η εκπομπή Flash Steam σ' ένα βαφειο-φινιριστήριο, δεξιά, με μια απλή μηχανική παγίδα ατμού 231

Εικόνα 8.41: Δίδυμο βιομηχανικό σύστημα αέρα /αέρα με Rotary Wheels 232

Εικόνα 8.42: Economizers για τους ατμολέβητες.....232

Εικόνα 8.43: Τα δυο πρώτα εργοστάσια καίνε μαζούτ (με αρρύθμιστους καυστήρες στη συγκεκριμένη περίπτωση), ενώ το τρίτο καίει φυσικό αέριο..233

Εικόνα 8.44: Η διανομή του νερού γίνεται με αντλητικό συγκρότημα 4 αντλιών που οδηγείται από inverter και κατάλληλο λογισμικό 236

Εικόνα 8.45: Η αποθήκευση του καθαρού ζεστού νερού γίνεται σε μεταλλικές, μονωμένες, δεξαμενές που γεφυρώνονται υδραυλικά μεταξύ τους.....237

Εικόνα 8.46: Ειδικές υδραυλικές εγκαταστάσεις επιτρέπουν κάθε ρύθμιση του σημείου λειτουργίας των εναλλακτών 237

Εικόνα 8.47: Ο καθορισμός της διαδρομής των νερών γίνεται αυτόματα, με τη βοήθεια του BMS 238

Εικόνα 8.48: Φωτογραφίες απορριπτόμενων θερμών αποβλήτων από βαφείο239

Εικόνα 8.49: Κεντρικό σύστημα ανάκτησης θερμότητας, από απόβλητα στη βιομηχανία «ΦΙΕΡΑΤΕΞ Α.Ε.» 240

Εικόνα 8.50: Λειτουργία εναλλάκτη θερμότητας τύπου Rotary Wheel.....241

Εικόνα 8.51: Πλήρες σύστημα ανάκτησης θερμότητας αέρα / αέρα σε ράμμα 241

Εικόνα 8.52: Η «Σ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ Α.Ε.» ήταν κάποτε η μεγαλύτερη κλωστοϋφαντουργία της Ελλάδας 245

Εικόνα 8.53: Ο πλακοειδής εναλλάκτης εξασφάλιζε δωρεάν ζεστό νερό για όλα τα γεμίσματα των βαφικών μηχανών 245

Εικόνα ΙΙ.1: Από αριστερά προς τα δεξιά: κυψέλη (κύτταρο), πλαίσιο (module), πάνελ 274

Εικόνα ΙΙ.2: Φωτοβολταϊκή κυψέλη 275

Εικόνα ΙΙ.3: Τα κύρια μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος 276

Εικόνα ΙΙ.4: Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα με εφεδρική υποστήριξη μπαταρίας 277

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΝΩΝ

Πίνακας Ι.1: Δεσμεύσεις για το Πρωτόκολλο του Κιότο xxxv

Πίνακας Ι.2: Κατάλογος ρύπων για τους βιομηχανικούς κλάδους xl

Πίνακας 1.1: Αποθέματα πετρελαίου στο 2004 1

Πίνακας 1.2: Αποθέματα φυσικού αερίου στο 2004 2

Πίνακας 1.3: Τιμές αναφοράς μέχρι το 2010 17

Πίνακας 2.1: Κυρίαρχες εταιρείες ηλεκτρισμού στην Ε.Ε. 31

Πίνακας 2.2: Αδειοδοτημένες μονάδες παραγωγής συμβατικών καυσίμων..... 33

Πίνακας 2.3: Κατανεμημένη παραγωγής με βάση την CIGRE 37

Πίνακας 2.4: Ποιος είναι ο ορισμός που δίνετε για την διάσπαρτη παραγωγή 38

Πίνακας 2.5: Κατανεμημένη παραγωγής με βάση τη δυναμικότητα 41

Πίνακας 2.6: Τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής 43

Πίνακας 2.7: Σύγκριση χρόνου απόσβεσης 44

Πίνακας 2.8: Χαρακτηριστικά παλινδρομικών μηχανών εσωτερικής καύσεως 66

Πίνακας 2.9: Ποσοστό εκμετάλλευσης της ενέργειας σε παλινδρομικές μηχανές 74

Πίνακας 2.10: Χαρακτηριστικά εκπομπών μικροτουρμπίνων 77

Πίνακας 2.11: Χαρακτηριστικά εκπομπών των μηχανών Stirling 80

Πίνακας 2.12: Χαρακτηριστικά εκπομπών των συστημάτων κυψελών καυσίμου 84

Πίνακας 3.1: Συνοπτική παρουσίαση χαρακτηριστικού υποκλάδου 171.1 89

Πίνακας 3.2: Συνοπτική παρουσίαση χαρακτηριστικού υποκλάδου 173.0 94

Πίνακας 7.1: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας kWh (φυσικό αέριο) για διάφορες ροές και θερμοκρασίες 135

Πίνακας 7.2: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας kWh (πετρέλαιο)..... 135

Πίνακας 7.3: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας kWh (φυσικό αέριο)..... 137

Πίνακας 7.4: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας kWh (πετρέλαιο)..... 137

Πίνακας 7.5: Απόδοση καύσης φυσικού αερίου 145

Πίνακας 7.6: Θερμική απώλεια ανά 30,5m μη μονωμένου σωλήνα 147

Πίνακας 7.7: Ρυθμός διαρροής ατμοπαγίδων..... 147

Πίνακας 7.8: Εκτόνωση συμπυκνώματος υψηλής πίεσης 148

Πίνακας 7.9: Δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στις αντλίες..... 160

Πίνακας 8.1: Τυπικές θερμοκρασίες αέριων ρευμάτων 213

Πίνακας 8.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος ανάκτησης θερμότητας αέρα /αέρα σε ράμμα 242

Πίνακας Ι.1: Κατάλογος δραστηριοτήτων στο Μητρώο E-PRTR..... 265

Πίνακας Ι.2: Κατάλογος ουσιών στα πλαίσια του Μητρώου E-PRTR 269

Πίνακας ΙΙ.1: Ταξινόμηση των ενεργειακών αναγκών για παραγωγή c- Si..... 280

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα Ι.1: Οι επίπτωσεις των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων xxxiii
Διάγραμμα Ι.2: Δείκτες της ΕΕ-25 xxxvi
Διάγραμμα Ι.3: Στόχοι της Οδηγίας NECD xxxviii
Διάγραμμα Ι.4: Ποσοστά μείωσης αέριων εκπομπών και στόχοι NECD xxxviii
Διάγραμμα 1.1: Παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση γαιάνθρακα για τα έτη 1994 – 2004 2
Διάγραμμα 1.2: Κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας ανά περιοχή 3
Διάγραμμα 1.3: Κατανάλωση υδροηλεκτρικής ενέργειας ανά περιοχή 3
Διάγραμμα 1.4: Παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 4
Διάγραμμα 1.5: Κατανομή κατανάλωσης ανά γεωγραφική περιοχή μορφών ενέργειας 4
Διάγραμμα 1.6: Παγκόσμια προσφορά πρωτογενούς ενέργειας ανά είδος 5
Διάγραμμα 1.7: Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση 8
Διάγραμμα 1.8: Μέση θερμοκρασία του πλανήτη (1400 - 2000) 9
Διάγραμμα 1.9: Παγκόσμια συγκέντρωση CO2 συνάρτηση του χρόνου 10
Διάγραμμα 1.10: Συντελεστής παραγωγής μη ορυκτών πηγών 14
Διάγραμμα 2.1: Τύποι και Τεχνολογίες Κατανεμημένης Παραγωγής 46
Διάγραμμα 2.2: Τύποι και τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής 48
Διάγραμμα 2.3: Σύστημα ΣΗΘ με ατμοστρόβιλο αντίθληψης 60
Διάγραμμα 2.4: Σύστημα ΣΗΘ με ατμοστρόβιλο απομάστευσης 60
Διάγραμμα 2.5: Σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού 61
Διάγραμμα 2.6: Σύστημα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου62
Διάγραμμα 2.7: Σύστημα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο κλειστού κύκλου63

Διάγραμμα 2.8: Σύστημα συμπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης 67

Διάγραμμα 2.9: Διάγραμμα μονάδας συμπαραγωγής βασισμένης σε μικροτουρμπίνα με λέβητα ανακομιδής θερμότητας 75

Διάγραμμα 2.10: Η απόδοση της μικροτουρμίνας σε συνάρτηση της απόδοσης του λέβητα ανακομιδής θερμότητας 76

Διάγραμμα 2.11: Εκπομπές NOx, CO και HC από συμβατικές και Stirling μονάδες συμπαραγωγής 80

Διάγραμμα 5.1: Τεχνικές αντιμετώπισης αέριων ρύπων σε εσωτερικούς χώρους βαφείων- φινιριστηρίων 111

Διάγραμμα 6.1: Κατηγορίες αερίων ρύπων 114

Διάγραμμα 6.2: Διάγραμμα πίεσης ισορροπίας προς συγκέντρωση 123

Διάγραμμα 6.3: Σχεδιασμός πύργων χημικής απορρόφησης 126

Διάγραμμα 7.1: Βαφείο με κεντρική ανάκτηση θερμότητας αποβλήτων..... 134

Διάγραμμα 7.2: Ανάκτηση θερμότητας συστήματος εξάτμισης, συμπυκνωτή εκκύσεων και καθαρού αέρα 136

Διάγραμμα 7.3: Αύξηση της απόδοσης συναρτήσει της προθέρμανσης του αέρα 150

Διάγραμμα 7.4: Ενεργειακή κατανάλωση /Ροή 162

Διάγραμμα 7.5: Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας 162

Διάγραμμα 8.1: Ενεργειακό ισοζύγιο πρωτογενούς ενέργειας Ελλάδας 179

Διάγραμμα 8.2: Πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας στην ΥΠΑ (1985-87) 180

Διάγραμμα 8.3: Βαθμός απόδοσης λεβήτων κεντρικής θέρμανσης 181

Διάγραμμα 8.4: Μείωση της ειδικής κατανάλωσης θερμικής ενέργειας σε βιομηχανία 182

Διάγραμμα 8.5: Κατανάλωση καυσίμων σε βιομηχανία, πριν και μετά τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας 182

Διάγραμμα 8.6: Ειδική κατανάλωση ενέργειας σε βιομηχανία, πριν και μετά τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας 183

Διάγραμμα 8.7: Διαγράμματα ενεργειακού σχεδιασμού 184

Διάγραμμα 8.8: Μείωση των ηλεκτρομηχανικών φορτίων λόγω εξοικονόμησης ενέργειας 186

Διάγραμμα 8.9: Διάγραμμα απλής εγκατάστασης Free Cooling σε κατοικία 187

Διάγραμμα 8.10: Αύξηση της παραγωγικότητας σε ράμμες και στεγνωτήρια 192

Διάγραμμα 8.11: Σχηματικό διάγραμμα εγκατάστασης 203

Διάγραμμα 8.12: Ενεργειακή απόδοση συστήματος Άμεσης Καύσης 210

Διάγραμμα 8.13: Συνδυασμένο σύστημα αντιρρύπανσης και εξοικονόμησης ενέργειας 216

Διάγραμμα 8.14: Δύο ενδεικτικά διαγράμματα που δείχνουν τα ενεργειακά αποτελέσματα των έργων ως προς τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων 228

Διάγραμμα 8.15: Περιβαλλοντικά οφέλη από τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας 230

Διάγραμμα 8.16: Διάγραμμα αρχικής ροής νερών ψύξης 234

Διάγραμμα 9.17: Γενικό ενεργειακό διάγραμμα βαφείου 235

Διάγραμμα 8.18: Ανάκτηση θερμότητας από τα απόβλητα 235

Διάγραμμα 8.19: Μεταβολή στην ειδική κατανάλωση ενέργειας, λόγω έργων Εξοικονόμησης Ενέργειας 243

Διάγραμμα 8.20: Μεταβολή στη κατανάλωση καυσίμων, λόγω έργων Εξοικονόμησης Ενέργειας 244

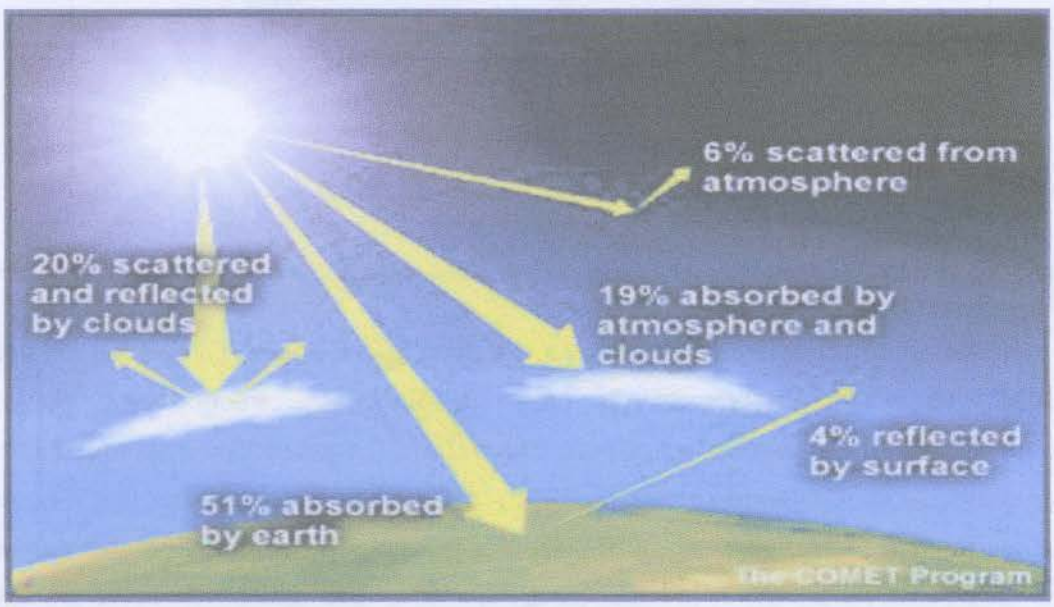
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

I.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

I.1.1 Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Ο όρος «φαινόμενο του θερμοκηπίου» αναφέρεται σε μία φυσική διαδικασία, απαραίτητη για να διατηρείται η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης στο επίπεδο των 15° C, ώστε να είναι δυνατή η ύπαρξη ζωής στον πλανήτη. Όμως τα τελευταία χρόνια το φαινόμενο εντείνεται πέρα από τα φυσιολογικά όρια και ο όρος απέκτησε αρνητική χροιά. Σήμερα κυρίως αφορά τη δημιουργία ενός στρώματος αερίων που εκπέμπονται από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες και το οποίο παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα αυτή να ανακλάται στην επιφάνεια της γης και να διαχέεται στην ατμόσφαιρα, χωρίς να της επιτρέπεται να διαφύγει προς το διάστημα. Το αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Στο Σχήμα I.1 παρουσιάζεται η διαδικασία δημιουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου.



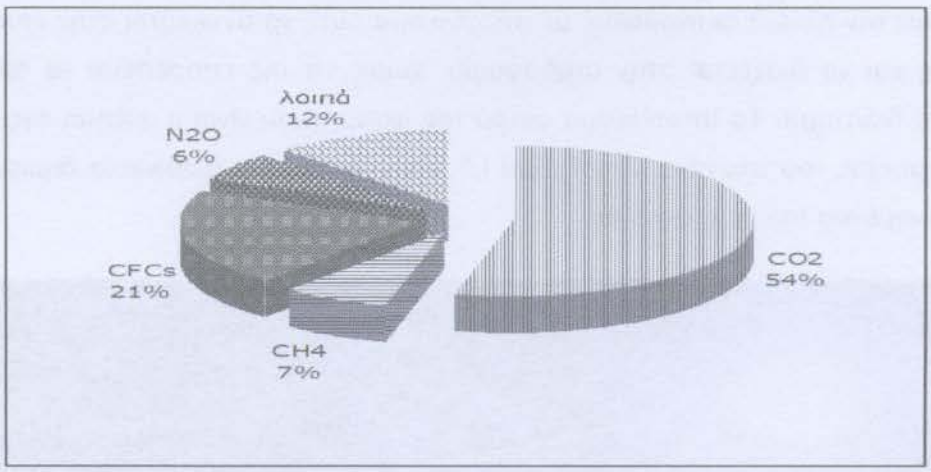
Εικόνα I.1: Διαδικασία δημιουργίας φαινομένου του θερμοκηπίου. **Πηγή:** *www.unfccc.int*

Όπως φαίνεται στο Εικόνα I.1, από τη συνολική ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που διαπερνά την ατμόσφαιρα ετησίως, μόνο το 51% απορροφάται από

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

την επιφάνεια της γης και είναι διαθέσιμη για την παραγωγή έργου. Η ενέργεια αυτή (51%) χρησιμεύει για τη θέρμανση της επιφάνειας της γης και της κατώτερης ατμόσφαιρας, για την τήξη των πάγων και την εξάτμιση του νερού και για κατανάλωση στη διεργασία της φωτοσύνθεσης από τα φυτά. Από το υπόλοιπο 49%, το 4% ανακλάται αμέσως στην επιφάνεια της γης και επανεκπέμπεται στο διάστημα, 26% δεν φθάνει στην επιφάνεια της γης αλλά ανακλάται στα σύννεφα και τα σωματίδια της ατμόσφαιρας και 19% απορροφάται από την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα.

Η σύνθεση αυτού του στρώματος των αερίων αποτελείται στην πραγματικότητα από πολλών ειδών αέρια. Τα έξι κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα CO_2, το μεθάνιο CH_4, το υποξείδιο του αζώτου N_2O, οι υδρογονοφθοράνθρακες HFC_S, οι υπερφθοράνθρακες PFC_S και το εξαφθοριούχο θείο SF_6. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ποσοστιαία επίπτωση των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.



Διάγραμμα Ι.1: Οι επιπτώσεις των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων. **Πηγή:** *www.unfccc.int*

Πολύπλοκα μαθηματικά μοντέλα, γνωστά ως General Circulation Models (GCM), τα οποία επεξεργάζονται όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες για να προβλεφθούν οι μελλοντικές κλιματικές αλλαγές που προκύπτουν από την έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου, δείχνουν ότι η μέση θερμοκρασίας της Γης θα αυξάνεται κατά μέσο όρο περίπου 0,3 °C ανά δεκαετία για τα επόμενα 100 χρόνια, ενώ σύμφωνα με τις πιο απαισιόδοξες προβλέψεις, στο τέλος του αιώνα θα έχει αυξηθεί κατά 5,8 °C σε σύγκριση με τις θερμοκρασίες του 1990. Συνέπειες του φαινομένου αυτού είναι η όλο και συχνότερη εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, προβλήματα στην ύδρευση λόγω της ανακατανομής των υδάτων, η

άνοδος της στάθμης της θάλασσας που απειλεί με εξαφάνιση ολόκληρες γεωγραφικές περιοχές (π.χ. Ολλανδία) και η διατάραξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων.

I.1.2 Το Πρωτόκολλο του Κιότο

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, που αποτελεί το πρώτο στην ουσία διεθνές μέτρο με το οποίο επιδιώχθηκε να αντιμετωπιστεί το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής με πρωτοβουλία του Συμβουλίου των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC), υιοθετήθηκε από τις χώρες που συμμετείχαν στο τρίτο COP (Conference of the Parties) το Δεκέμβριο του 1997 στο Κιότο. Ως κύριος στόχος του Πρωτοκόλλου του Κιότο αναφέρεται η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Κεντρικός του άξονας είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών για μείωση των εκπομπών των έξι βασικότερων αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2008 - 2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.

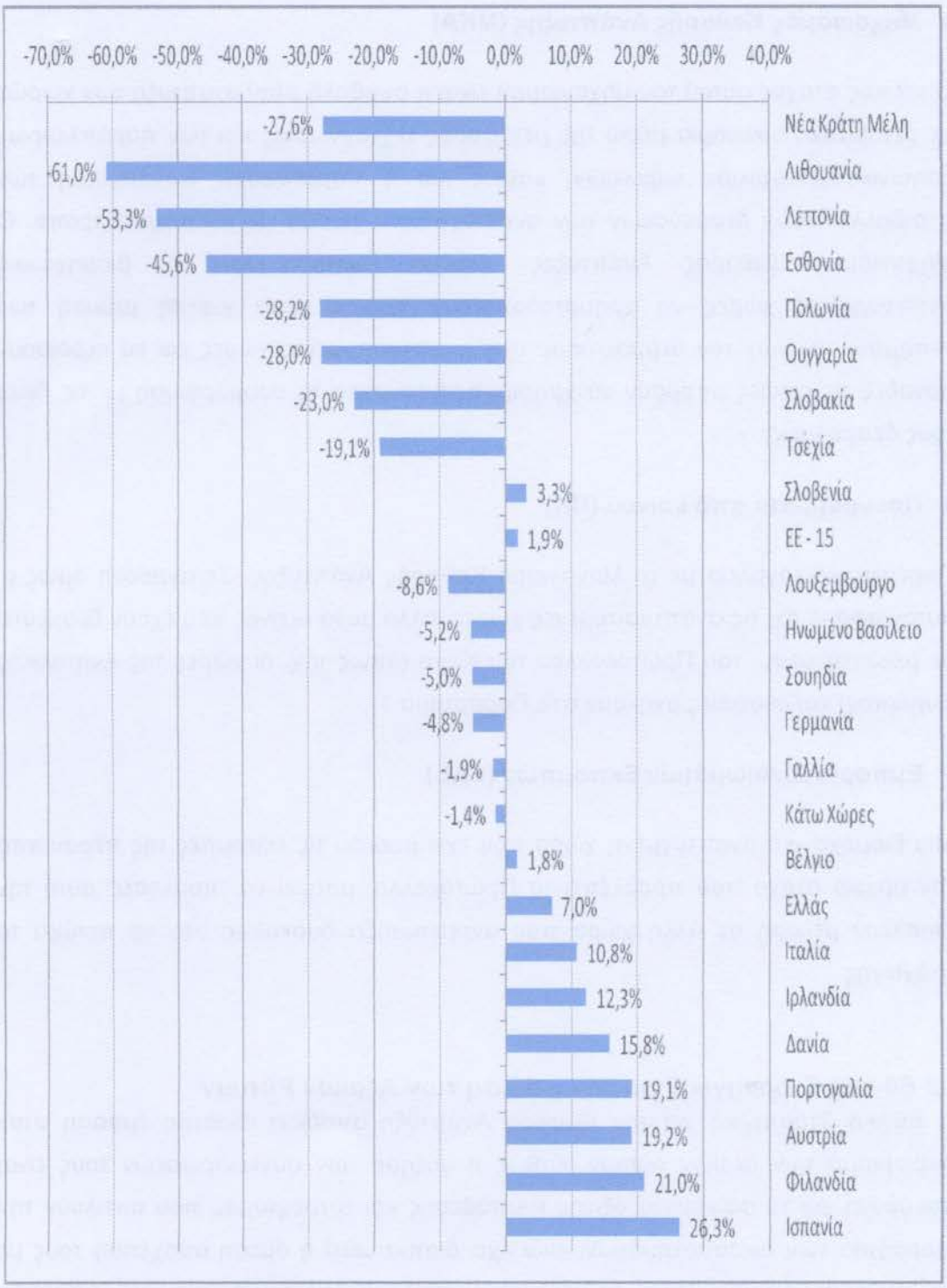
Το Πρωτόκολλο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005, αφού ικανοποιήθηκαν τα κριτήρια επικύρωσής του τουλάχιστον από 55 χώρες (μεταξύ αυτών τα 27 κράτη μέλη της ΕΕ, η Ρωσία και η Ιαπωνία), οι εκπομπές των οποίων αντιπροσωπεύουν το 55% των εκπομπών με τα δεδομένα του 1990. Το πρωτόκολλο προβλέπει τον εξής καταμερισμό ευθυνών ανά χώρα, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα I.1 που ακολουθεί.

Πίνακας Ι.1: Δεσμεύσεις για το Πρωτόκολλο του Κιότο την περίοδο 2008-2012.

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ	
ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2008-2012	
ΕΕ15, Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Τσεχία	-8%
ΗΠΑ	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	1%
Αυστραλία	8%
Ισλανδία	10%

Πηγή: *www.unfccc.int*

Οι επιδόσεις των κρατών μελών ποικίλλουν. Συμπεριλαμβανομένων των μηχανισμών του Κιότο, δεκατρία από τα κράτη μέλη φαίνεται να ακολουθούν τη σωστή πορεία για να ανταποκριθούν στις αναληφθείσες δεσμεύσεις σε ό,τι αφορά τη μείωση των εκπομπών σύμφωνα με το Διάγραμμα Ι.2. Εξ' αυτών, η Γαλλία, η Γερμανία, το Λουξεμβούργο, οι Κάτω Χώρες, η Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο είναι τα κράτη μέλη της ΕΕ-15 που κατευθύνονται προς την εκπλήρωση των δεσμεύσεων που έχουν αναλάβει βάσει της συνθήκης για τον καταμερισμό του φορτίου (οδηγία 2002/358/ΕΚ του Συμβουλίου). Ωστόσο δέκα κράτη μέλη εξακολουθούν να υπερβαίνουν τις αντίστοιχες πορείες-στόχους, μεταξύ των οποίων η Φιλανδία και η Ισπανία, κατά ποσοστό που υπερβαίνει το 20%. Η Κύπρος και η Μάλτα είναι χώρες που δεν καλύπτονται από το παράρτημα Ι του UNFCCC και ως εκ τούτου δεν διαθέτουν δεσμευτικούς στόχους βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο.



Διάγραμμα Ι.2: Δείκτες για την ΕΕ-25. **Πηγή:** *ΕΟΠ, 2005*

Μία χώρα μπορεί να πετύχει τους στόχους που της ορίζει το Πρωτόκολλο είτε λαμβάνοντας μέτρα σε εθνικό επίπεδο, είτε, εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας παράλληλα τους λεγόμενους "ευέλικτους μηχανισμούς" που διαθέτει το Πρωτόκολλο. Συνοπτικά, οι μηχανισμοί αυτοί είναι οι εξής τρεις:

- **Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ)**

Ο τελικός στόχος αυτού του μηχανισμού είναι η συμβολή στην ανάπτυξη των χωρών με μεταβατική οικονομία μέσω της μεταφοράς τεχνογνωσίας και των παράπλευρων κοινωνικοοικονομικών ωφελειών, καθώς και η παράπλευρη ικανοποίηση των περιβαλλοντικών δεσμεύσεων των ανεπτυγμένων χωρών με οικονομικό τρόπο. Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης παρέχει κίνητρα ώστε οι βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες να χρηματοδοτήσουν προγράμματα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις αναπτυσσόμενες χώρες και να κερδίσουν μονάδες τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν για τη συμμόρφωση με τις δικές τους δεσμεύσεις.

- **Προγράμματα από κοινού (ΠΚ)**

Παρεμφερές εργαλείο με το Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης. Σε αντίθεση όμως μ' αυτόν αφορά όχι τις αναπτυσσόμενες χώρες, αλλά μόνο εκείνες που έχουν δεσμευτεί σε μειώσεις μέσω του Πρωτοκόλλου του Κιότο (όπως π.χ. οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης) και οι οποίες ανήκουν στο Παράρτημα 1.

- **Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΕΔΕ)**

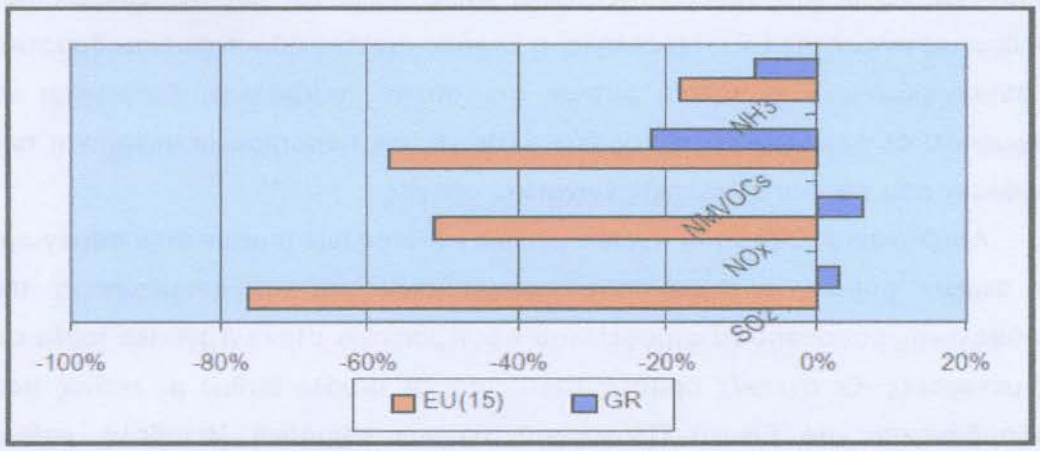
Μία βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα που έχει μειώσει τις εκπομπές της πέραν από τον αρχικό στόχο που προβλέπει το Πρωτόκολλο, μπορεί να "πουλήσει" αυτή την επιπλέον μείωση σε άλλη χώρα που αντιμετωπίζει δυσκολίες στο να πετύχει το στόχο της.

I.2 Εθνική Στρατηγική για την μείωση των Αέριων Ρύπων

Η Εθνική Στρατηγική για την Αειφόρο Ανάπτυξη αποδίδει ιδιαίτερη έμφαση στον περιορισμό των αέριων ρύπων, καθώς η αύξηση των συγκεντρώσεων τους είναι υπεύθυνη για τα φαινόμενα όξινης εναπόθεσης και ευτροφισμού που απειλούν την ισορροπία των οικοσυστημάτων, ενώ έχει διαπιστωθεί η άμεση συσχέτιση τους με την ανθρώπινη υγεία. Παρά τη μερική αποσύνδεση από την οικονομική μεγέθυνση που έχει καταγραφεί τα τελευταία 3 χρόνια, ιδιαίτερα στην περίπτωση των εκπομπών NOx και SO_2, πρέπει να καταβληθούν σημαντικές ακόμη προσπάθειες προκειμένου να διασφαλισθεί μια μόνιμη πτωτική τους πορεία και να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί στο πλαίσιο της ΕΕ.

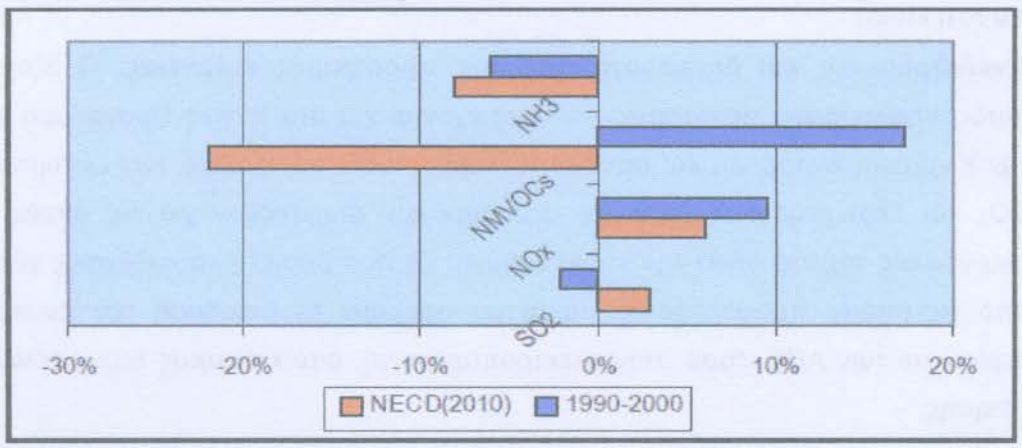
Ειδικότερα, η ΕΕ υιοθέτησε το 2001 μια ολοκληρωμένη (multi-pollutant – multi-effect) στρατηγική για την ουσιαστική καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής

ρύπανσης, η οποία προβλέπει δραστική μείωση των αέριων εκπομπών μέχρι το 2010, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Τα όρια αυτά είναι ελαφρά αυστηρότερα από εκείνα που προέβλεπε το Πρωτόκολλο των Ηνωμένων Εθνών του Γκέτεμποργκ του 1999 για την αντιμετώπιση της διασυνοριακής ρύπανσης, και εξειδικεύονται σε εθνικούς στόχους για τα κράτη- μέλη της ΕΕ στην Οδηγία 2001/81/EC "National Emissions Ceilings Directive" (NECD) (Διάγραμμα Ι.3).



Διάγραμμα Ι.3: Στόχοι της Οδηγίας NECD. **Πηγή:** *EC/2001/81*

Αν και τα όρια για την Ελλάδα είναι αρκετά χαμηλότερα από τα αντίστοιχα για το σύνολο της ΕΕ, αντανακλώντας και τις ιδιαιτερότητες της Ελλάδας ως προς το επίπεδο ανάπτυξης και τη διάρθρωση του ενεργειακού της συστήματος, η συμμόρφωση προς αυτά προϋποθέτει την προώθηση ενός συνεκτικού Προγράμματος Δράσης με εξειδικευμένα μέτρα ανά τομέα. Μεγαλύτερη προσοχή θα δοθεί στις εκπομπές των μη μεθανιούχων πτητικών ενώσεων (NMVOCs), για τις οποίες όπως φαίνεται από το Διάγραμμα Ι.4, οι σημερινές τάσεις δείχνουν τη μεγαλύτερη απόκλιση από το στόχο που τίθεται για το 2010.



Διάγραμμα Ι.4: Ποσοστά μείωσης αέριων εκπομπών. **Πηγή:** *Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών*

Παράλληλα η ΕΕ έχει προωθήσει την Οδηγία 1999/30/ΕC θεσπίζοντας ανώτατες τιμές συγκεντρώσεων για τους ρύπους που απειλούν τη δημόσια υγεία, όπως το SO_2, τα NOx, τα αιωρούμενα σωματίδια (PM10) και το όζον και ο μόλυβδος. Οι στόχοι της Εθνικής μας Στρατηγικής για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης συμπίπτουν με τους στόχους που απορρέουν από την εφαρμογή του οδηγίας NECD για τη χρονική περίοδο μέχρι το 2010, ενώ μακροπρόθεσμα θα αναπροσαρμόζεται στο πλαίσιο της κοινής στρατηγικής και των αποφάσεων των αρμοδίων οργάνων της ΕΕ. Παράλληλα, η Ελλάδα έχοντας ήδη περιορίσει δραστικά τις συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων στο αστικό περιβάλλον, δεσμεύεται να προχωρήσει σε περαιτέρω μειώσεις έτσι ώστε να μην παρατηρείται υπέρβαση των κατωφλίων που τίθενται σε σχετικές κοινοτικές οδηγίες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα σχετικά μερίδια ευθύνης των τομέων στην παραγωγή των αερίων ρύπων, η αιχμή των προσπαθειών για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα στραφεί κατά προτεραιότητα στον ενεργειακό τομέα και στις μεταφορές. Οι σχετικές δράσεις ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό με εκείνες που περιλαμβάνονται στο Εθνικό Πρόγραμμα για την Κλιματική Μεταβολή, καθώς υπάρχει μεγάλος βαθμός συνέργειας των μέτρων μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και των συμβατικών ατμοσφαιρικών ρύπων. Παράλληλα, έμφαση θα δοθεί και στη λήψη μέτρων πρόληψης και απορρύπανσης στη βιομηχανία, η οποία αν και συνολικά συμβάλλει με χαμηλότερο ποσοστό στο σύνολο των εκπομπών, εμφανίζει πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις και μεγαλύτερες δυνατότητες περιορισμού και ελέγχου. Τέλος, εξειδικευμένα μέτρα θα εφαρμοσθούν σε ειδικές κατηγορίες δραστηριοτήτων που είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνες για ορισμένους ρύπους (π.χ. βαφεία).

Οι βασικοί άξονες δράσης της Εθνικής Στρατηγικής για την Ατμοσφαιρική Ρύπανση είναι:

- **Αναδιάρθρωση και διαφοροποίηση της προσφοράς ενέργειας:** Ο άξονας αυτός περιλαμβάνει τις δράσεις που περιέχονται και στο Εθνικό Πρόγραμμα για την Κλιματική Μεταβολή και αποσκοπεί κυρίως στον περιορισμό των εκπομπών SO_2 και δευτερευόντως NOx και αιωρουμένων σωματιδίων για τις οποίες ο ενεργειακός τομέας φέρει την κύρια ευθύνη. Οι δύο βασικές κατευθύνσεις γύρω από τις οποίες περιστρέφονται τα μέτρα αφορούν τη διείσδυση του φυσικού αερίου και των ΑΠΕ, τόσο στην ηλεκτροπαραγωγή, όσο και στους τομείς τελικής ζήτησης.

- **Ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα:** Ο άξονας αυτός επικεντρώνεται κυρίως στις εκπομπές NOx και αιωρουμένων σωματιδίων και περιλαμβάνει τις δράσεις που περιέχονται στο Πρόγραμμα του ΥΠΕΧΩΔΕ για τον κτιριακό τομέα «ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2000». Με το Πρόγραμμα αυτό επιδιώκεται ταυτόχρονα η ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων, η αντιμετώπιση της Κλιματικής Μεταβολής αλλά και η βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας στο αστικό περιβάλλον.
- **Μέτρα για τη βιομηχανία:** Εκτός από τις δράσεις που αφορούν τη χρήση ενέργειας (υποκατάσταση πετρελαίου με φυσικό αέριο, εξοικονόμηση ενέργειας, προώθηση συμπαραγωγής) ο άξονας αυτός περιλαμβάνει μέτρα για την αναδιάρθρωση της παραγωγικής διαδικασίας, όπως η εφαρμογή Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών στην παραγωγική διαδικασία και συστημάτων Περιβαλλοντικής Διαχείρισης.
- **Θεσμικά και οργανωτικά μέτρα:** Ο άξονας αυτός περιλαμβάνει δράσεις για την πλήρη εναρμόνιση της χώρας με τις κοινές πολιτικές και τα μέτρα που επεξεργάζεται η ΕΕ, τη θεσμοθέτηση μέτρων για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, την επέκταση του δικτύου σταθμών μέτρησης των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων, και την αναβάθμιση των ελεγκτικών μηχανισμών.

Τα μέτρα αυτά θα μεταβάλουν ριζικά τις σημερινές τάσεις, επιτυγχάνοντας ουσιαστική αποσύνδεση της βελτίωσης της ποιότητας των ενεργειακών και άλλων συναφών υπηρεσιών, από την μεγέθυνση των αρνητικών παρενεργειών στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας Ι.2: Κατάλογος ρύπων για τους βιομηχανικούς κλάδους.

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΚΛΑΔΟΙ	ΡΥΠΟΙ		
	ΑΕΡΙΑ	ΥΓΡΑ	ΣΤΕΡΕΑ
Κλάδος 171 **Κλάδος 173** **Κλάδος 175**	Βιομ. Λέβητες: PM, CO, CO_2, NOx, SO_2, VOC	BOD, SS, λίπη & έλαια, Cr, φαινόλες	Ανόργανα (λάσπες & διαλ. βαρέων μετάλλων), οργανικά (χρώματα & ρητίνες), βιοαποδομήσιμα οργανικά, χαμηλής επικινδυνότητας

Πηγή: *ΥΠΕΧΩΔΕ: Απογραφή αέριων ρύπων, υγρών και στερεών αποβλήτων από τη βιομηχανία και εκπομπών από την κεντρική θέρμανση.*

I.3 Σύστημα Ολοκληρωμένου Ελέγχου και Πρόληψης της Ρύπανσης (IPPC)

Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων που δημιουργούνται στο περιβάλλον από βιομηχανικές και άλλες παρεμφερείς δραστηριότητες, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει την εφαρμογή ενός συστήματος **Ολοκληρωμένου Ελέγχου και Πρόληψης της Ρύπανσης** (Integrated Pollution Prevention and Control, **IPPC**). Ο Ολοκληρωμένος Έλεγχος και Πρόληψη της Ρύπανσης προσεγγίζει το περιβάλλον ως ενιαίο σύνολο και αποσκοπεί στην επίλυση του προβλήματος της ρύπανσης του, μέσω της πρόληψης στην πηγή. Για την επίτευξη αυτού του στόχου κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή των **Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών** (ΒΔΤ), τις οποίες εισάγει ως θεσμικό πλαίσιο η σχετική Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 96/61/ΕΕ. Η Οδηγία βρίσκεται σε εφαρμογή στη χώρα μας από τον Οκτώβριο του 1999.

Επιπρόσθετα, το Μάιο τους 2003 εκδόθηκε Εγκύκλιος από το ΥΠΕΧΩΔΕ, η οποία υποχρεώνει όλες τις βιομηχανικές μονάδες που υπόκεινται στην Οδηγία IPPC να συμπληρώνουν κάθε χρόνο ειδικό έντυπο (συνημμένο της Εγκυκλίου) στο οποίο θα καταγράφονται πληροφορίες σχετικά με τα παραγόμενα απόβλητα.

Η Οδηγία 96/61/ΕΕ, σχετικά με την Ολοκληρωμένη Πρόληψη και Έλεγχο της Ρύπανσης (Integrated Pollution Prevention and Control, **IPPC**), αναφέρεται στον έλεγχο και πρόληψη της ρύπανσης με βάση την πρόγνωση και τη λήψη των αναγκαίων μέτρων, ώστε να επιτευχθεί ένας υψηλός βαθμός προστασίας του περιβάλλοντος. Ουσιαστικά, μέσα από τη συγκεκριμένη Οδηγία προωθείται ο συνδυασμός της οικονομικής ευημερίας των επιχειρήσεων που εντάσσονται σε αυτήν, με τη μείωση της χρήσης φυσικών πόρων και ενέργειας, καθώς και της έκθεσης σε επικίνδυνες ουσίες και εκπομπές κάθε τύπου.

Η οδηγία αποσκοπεί στην ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο που προκαλούν οι βιομηχανικές δραστηριότητες που αναφέρονται στο Παράρτημα Ι της οδηγίας. Οι δραστηριότητες αυτές συνοπτικά είναι:

1. Βιομηχανίες ενεργειακών δραστηριοτήτων.
2. Παραγωγή μεταποίηση μετάλλων.
3. Βιομηχανία ορυκτών προϊόντων.
4. Χημική βιομηχανία.
5. Διαχείριση αποβλήτων (με τις επιφυλάξεις των σχετικών Οδηγιών για τα επικίνδυνα απόβλητα).
6.
   I. Βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής χαρτοπολτού, χαρτιού, χαρτονιού.
   II. Εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας ή βαφής ινών και υφασμάτων.
   III. Εγκαταστάσεις δέψης δερμάτων.

IV. Σφαγεία.

V. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας και μεταποίησης προϊόντων διατροφής από ζωικές και φυτικές πρώτες ύλες.

VI. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας και μεταποίησης γάλακτος.

VII. Εγκαταστάσεις για την εξάλειψη ή αξιοποίηση σφαγίων και ζωικών απορριμμάτων.

VIII. Εγκαταστάσεις εντατικής εκτροφής πουλερικών ή χοίρων.

IX. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας της επιφάνειας υλών αντικειμένων ή προϊόντων με τη χρησιμοποίηση οργανικών διαλυτών.

X. Εγκαταστάσεις για την παραγωγή σκληρού άνθρακα και ηλεκτρογραφίτη.

Η εφαρμογή του Προγράμματος Δράσης για το Περιβάλλον, επιβάλει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση ελέγχου της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση πρέπει να έχει στόχο την πρόληψη των εκπομπών στην ατμόσφαιρα, το νερό και το έδαφος, και όταν αυτό είναι δυνατό, να έχει στόχο την ελαχιστοποίηση τους, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των αποβλήτων.

- **Βασικά στοιχεία της Οδηγίας 96/61/ΕΚ-IPPC-**

Η Οδηγία 96/61/ΕΚ/24.9.96:

1. Στοχεύει στην ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης που προκαλούν οι δραστηριότητες του παραρτήματος Ι (Άρθρο 1).
2. Καθορίζει τις βασικές αρχές των θεμελιωδών υποχρεώσεων του φορέα εκμετάλλευσης της εγκατάστασης (Άρθρο 3).
3. Καθιερώνει ότι καμία νέα εγκατάσταση δεν λειτουργεί χωρίς άδεια (με τις εξαιρέσεις της Οδηγίας 88/609/ΕΟΚ/24.11.1998, Άρθρο 4). Καθιερώνει επίσης τους όρους χορήγησης άδειας για τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις και τις υποχρεώσεις των κρατών μελών (Άρθρο 5), το περιεχόμενο της αίτησης αδείας (Άρθρο 6) και την ολοκληρωμένη προσέγγιση στην έκδοση αδειών (Άρθρο 7).
4. Καθορίζει το περιεχόμενο της απόφασης των αρμόδιων αρχών (Άρθρο 8) και τους όρους της χορηγούμενης ή τροποποιούμενης άδειας (Άρθρο 9).
5. Καθιερώνει διαδικασία στην περίπτωση που ένα ποιοτικό πρότυπο περιβάλλοντος επιβάλλει αυστηρότερους όρους από τους επιτυγχανόμενους με τη χρήση των Β.Δ.Τ. (Άρθρο 10) και επιβάλλει τη μέριμνα από τα κράτη μέλη ώστε οι αρμόδιες αρχές να παρακολουθούν την εξέλιξη των Β.Δ.Τ. (Άρθρο 11).
6. Καθορίζει τις υποχρεώσεις των κρατών-μελών σε περίπτωση μεταβολής των εγκαταστάσεων εκ μέρους των φορέων εκμετάλλευσης (Άρθρο 12). Καμία

μεταβολή δε θα πραγματοποιείται χωρίς άδεια σύμφωνα με τους όρους της Οδηγίας 96/61.

7. Καθορίζει πότε απαιτείται οπωσδήποτε επανεξέταση και αναπροσαρμογή της άδειας εκ μέρους της αρμόδιας αρχής (Άρθρο 13) και τον τρόπο τήρησης των όρων της άδειας (Άρθρο 14).
8. Προβλέπει την πρόσβαση του κοινού στις πληροφορίες και τη συμμετοχή τους στη διαδικασία χορήγησης των αδειών (Άρθρο 15).
9. Προβλέπει τον τρόπο ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και των ενδιαφερόμενων βιομηχανικών κλάδων, όπως και το περιεχόμενο αυτής της πληροφόρησης (ΒΔΤ και εξέλιξη τους, διαθέσιμες οριακές τιμές εκπομπής ανά κατηγορία δραστηριοτήτων του Παραρτήματος Ι, Άρθρο 16). Επίσης, μεριμνά για τις διασυνοριακές επιπτώσεις (Άρθρο 17).
10. Επιβάλλει τον καθορισμό οριακών τιμών εκπομπής που θα ορίσει το Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος για τις κατηγορίες εγκαταστάσεων του Παραρτήματος Ι και τις ρυπαντικές ουσίες που αναφέρονται στο Παράρτημα ΙΙΙ. Μέχρι τον καθορισμό τους ισχύουν οι οριακές τιμές εκπομπής, όπως καθορίζονται στις Οδηγίες του Παραρτήματος ΙΙ της Οδηγίας 96/61 (Άρθρο 18).
11. Επιβάλλει τη θέσπιση από τα κράτη-μέλη των απαραίτητων νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων, που είναι απαραίτητες για την εφαρμογή της Οδηγίας, το αργότερο τρία χρόνια από τη θέση της σε ισχύ (14.10.96), δηλαδή μέχρι τις 14.10.1999.

- **Ρυπογόνες ουσίες**

Στο Παράρτημα ΙΙΙ της Οδηγίας υπάρχει ενδεικτικός κατάλογος των σημαντικότερων ρυπογόνων ουσιών που πρέπει να λαμβάνονται υποχρεωτικά υπόψη, για τον καθορισμό των οριακών τιμών εκπομπής.

- **Ατμόσφαιρα**

1. Διοξείδιο του θείου και άλλες ενώσεις του θείου.
2. Οξείδια του αζώτου και άλλες ενώσεις του αζώτου.
3. Μονοξείδιο του άνθρακα.
4. Πτητικές οργανικές ενώσεις.
5. Μέταλλα και οι ενώσεις τους.
6. Σκόνη.
7. Αμίαντος (αιωρούμενα σωματίδια και ίνες).
8. Χλώριο και οι ενώσεις του χλωρίου.

9. Φθόριο και οι ενώσεις του φθορίου.
10. Αρσενικό και οι ενώσεις του αρσενικού.
11. Κυανιούχες ενώσεις.
12. Ουσίες και παρασκευάσματα που έχουν αποδεδειγμένα ιδιότητες καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες, ή ικανές να βλάψουν την αναπαραγωγή μέσω της ατμόσφαιρας.
13. Πολυχλωροδιβενζοδιοξίνες και πολυχλωροδιβενζοφουράνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Σε γενικές γραμμές, ο παγκόσμιος πληθυσμός σήμερα χρησιμοποιεί 14,2 Tera Watts (tera = 10^{12}) ισχύος (έναντι 11,6 TW το 2001) κάθε είδους για τις καθημερινές δραστηριότητες. Από αυτές το 3% προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές και το 7% από πυρηνικούς σταθμούς, ενώ το υπόλοιπο 90% προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Εφόσον η παραγωγή του πετρελαίου συνεχιστεί με το ρυθμό του 2004, εκτιμάται από ορισμένους ερευνητές ότι τα αποθέματα θα έχουν εξαντληθεί σε 40,5 περίπου χρόνια (Πίνακας 1.1).

Πίνακας 1.1: Αποθέματα πετρελαίου στο 2004.

Περιοχές	Βαρέλια ($1*10^9$)
Ασία – Ειρηνικός	41,1
Βόρεια Αμερική	61,0
Νότια & Κεντρική Αμερική	101,2
Αφρική	112,2
Ευρώπη	139,2
Μέση Ανατολή	733,9

Πηγή: *BP Global Statistical Review of World Energy*

Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή έχει αυξηθεί κατά 20% από το 1994, ενώ ο ρυθμός αύξησης της παγκόσμιας κατανάλωσης πετρελαίου είναι ο υψηλότερος από το 1978 [BP, 2005]. Με την ίδια τακτική, το φυσικό αέριο θα έχει εξαντληθεί σε λιγότερο από 70 χρόνια (Πίνακας 1.2). Τα αποθέματα φυσικού αερίου είναι 26% υψηλότερα από τα επίπεδα του 1994, ενώ η παραγωγή 28% μεγαλύτερη.

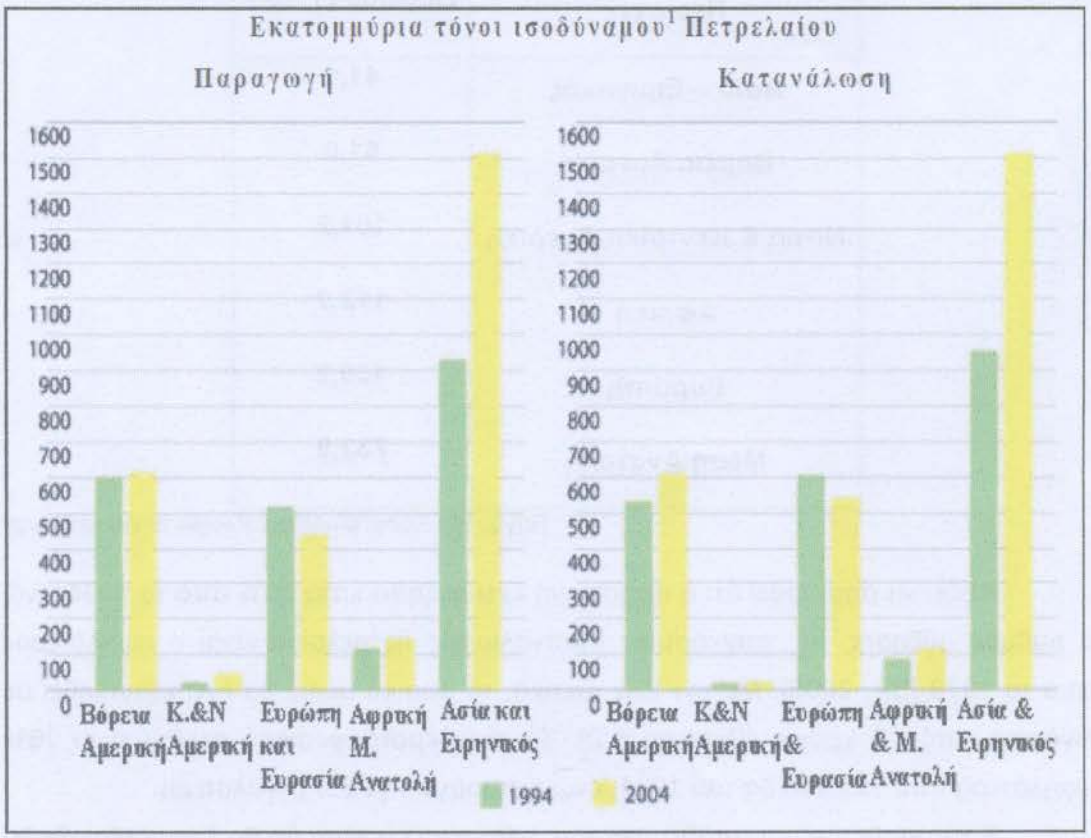
Επιπροσθέτως, τα αποθέματα του άνθρακα εκτιμάται ότι θα έχουν εξαντληθεί σε λιγότερο από 180 χρόνια. Στο Διάγραμμα 1.1 φαίνεται ότι η κατανάλωση και παραγωγή γαιάνθρακα παρουσίασε πολύ μεγάλη αύξηση σε σχέση με τα επίπεδα

του 1994, ενώ είναι αξιοσημείωτο ότι η Κίνα συμμετέχει κατά 75% περίπου στην αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής.

Πίνακας 1.2: Αποθέματα φυσικού αερίου στο 2004.

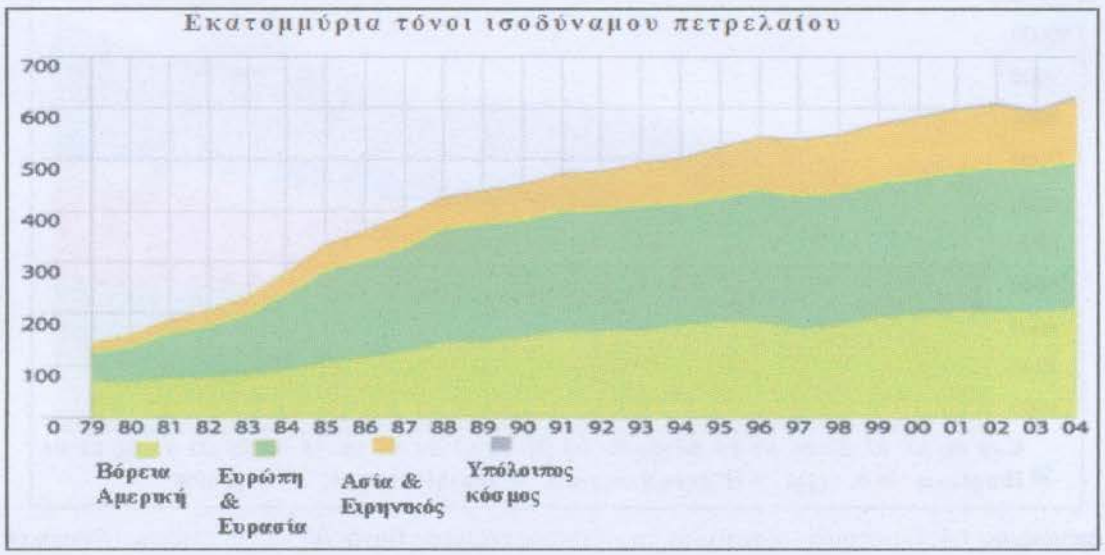
Περιοχές	m^3 (10^{12})
Ασία – Ειρηνικός	7,10
Βόρεια Αμερική	7,32
Νότια & Κεντρική Αμερική	14,06
Αφρική	14,21
Ευρώπη	64,02
Μέση Ανατολή	72,83

Πηγή: *BP Global Statistical Review of World Energy*



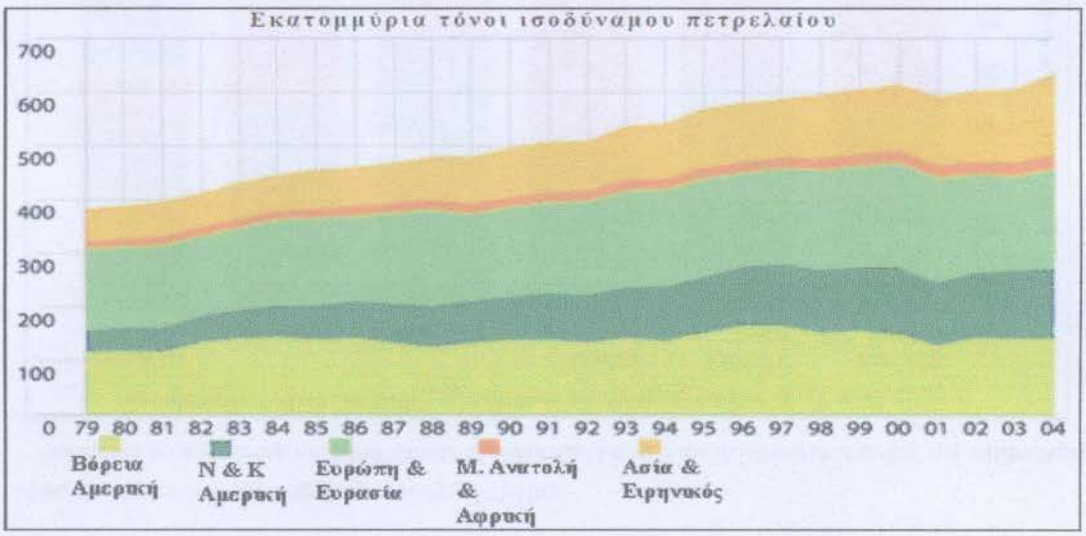
Διάγραμμα 1.1: Παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση γαιάνθρακα για τα έτη 1994 – 2004. **Πηγή:** *BP Global Statistical Review of World Energy*

Όσο αφορά στον τομέα της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας (Διάγραμμα 1.2), σημειώθηκε έντονη αύξηση έπειτα από μια μικρή υποχώρηση το 2003. Το 50% αυτής της παγκόσμιας αύξησης οφείλεται στην ανάκτηση της παραγωγής στην περιοχή της Ιαπωνίας, ενώ το κυριότερο μέρος από το υπόλοιπο 50%, στις ΗΠΑ και στον Καναδά [BP, 2005].



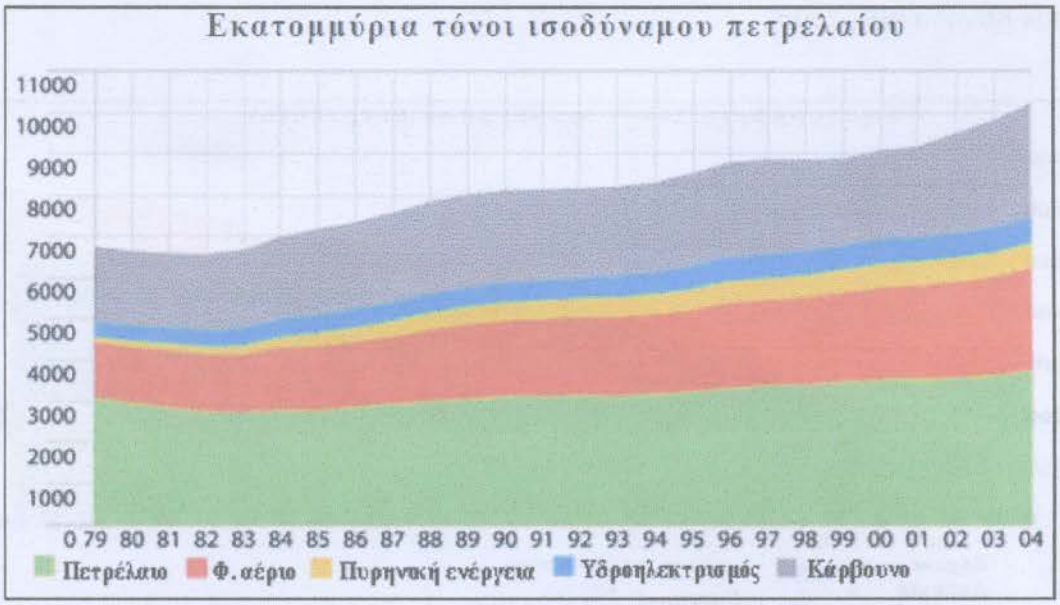
Διάγραμμα 1.2: Κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας ανά περιοχή. **Πηγή:** *BP Global Statistical Review of World Energy*

Στον τομέα της υδροηλεκτρικής ενέργειας, η παραγωγή παρουσίασε μικρή αύξηση της τάξης του 5% (Διάγραμμα 1.3). Το 50% της αύξησης οφείλεται στην περιοχή της Ασίας και του Ειρηνικού.

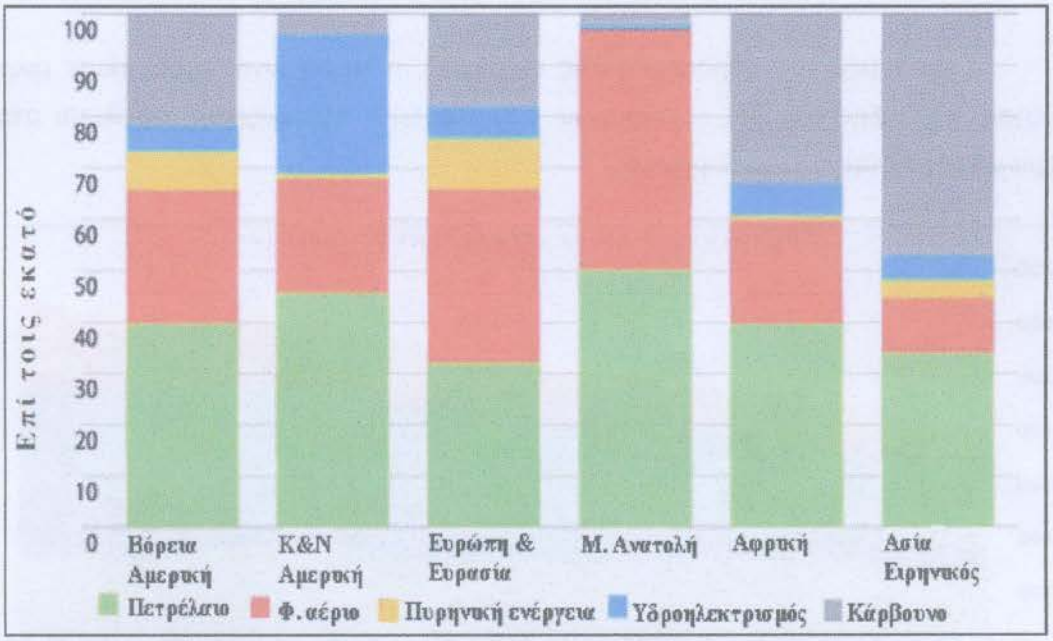


Διάγραμμα 1.3: Κατανάλωση υδροηλεκτρικής ενέργειας ανά περιοχή. **Πηγή:** *BP Global Statistical Review of World Energy*

Στα Διαγράμματα 1.4 και 1.5, παρουσιάζονται στοιχεία που σχετίζονται με την παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και την κατανομή κατανάλωσης των κυριότερων μορφών πρωτογενούς ενέργειας ανά γεωγραφική περιοχή.

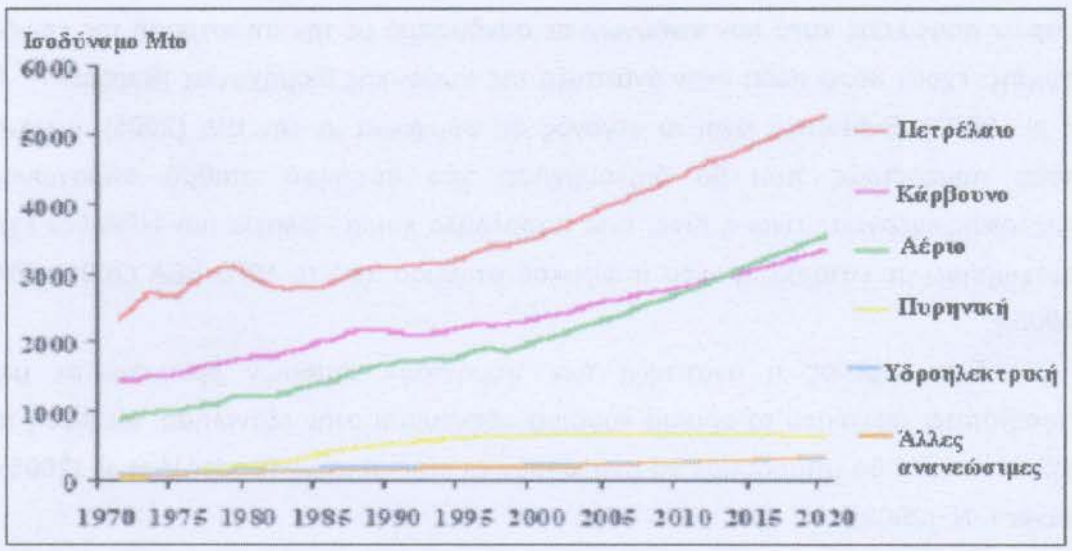


Διάγραμμα 1.4: Παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.**Πηγή:** *BP Global Statistical Review of World Energy.*



Διάγραμμα 1.5: Κατανομή κατανάλωσης ανά γεωγραφική περιοχή μορφών πρωτογενούς ενέργειας.
Πηγή: *BP Global Statistical Review of World Energy*

Η παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατέγραψε την μεγαλύτερη αύξηση όλων των εποχών της τάξης του 4,3% [BP, 2005].



Διάγραμμα 1.6: Παγκόσμια προσφορά πρωτογενούς ενέργειας **Πηγή:** *POLES 2.2 (1996), IEA (2001)*

Όλες οι προβλέψεις όσο αφορά στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας, δείχνουν αύξηση. Το μοντέλο POLES (μοντέλο μερικής ισορροπίας) προβλέπει σχεδόν διπλασιασμό της παγκόσμιας προσφοράς πρωτογενούς ενέργειας μεταξύ του 2000 και 2020 (Διάγραμμα 1.6) [IEA, 2001], προβλέψεις που συμφωνούν με άλλα μοντέλα (IEA, World Bank, κλπ). Το ίδιο προβλέπεται να γίνει και με την ηλεκτρική ζήτηση, όπου θα αυξηθεί στην ίδια τάξη μεγέθους την ίδια περίοδο [Pilavachi P. A., 2002].

Η αύξηση αυτή αφορά σε όλες τις περιοχές και όλα τα καύσιμα. Επιπλέον, το πετρέλαιο παραμένει η κυριότερη πηγή ενέργειας για όλες σχεδόν τις περιοχές του πλανήτη. Εξαιρέσεις αποτελούν οι περιοχές της πρώην Σοβιετικής Ένωσης όπου κυριαρχεί το φυσικό αέριο, καθώς και της Ασίας και του Ειρηνικού όπου το επικρατέστερο καύσιμο είναι ο γαιάνθρακας. Με την υφιστάμενη κατάσταση στα ορυκτά καύσιμα και τις μελλοντικές προβλέψεις, δεν αποκλείεται, η πυρηνική ενέργεια και η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές να αποτελέσουν στο μέλλον τις μοναδικές επιλογές κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης του πλανήτη [Baptiste P. J. et al., 2003].

Εντούτοις, παρά την τεχνολογική ανάπτυξη, εξακολουθούν να υπάρχουν άλυτα προβλήματα στη χρησιμοποίηση της πυρηνικής ενέργειας από σχάση, όπως προβλήματα ασφάλειας, ρύπανσης εξαιτίας εναπόθεσης των αποβλήτων. Τα προβλήματα αυτά έχουν προκαλέσει ένα επιπλέον πρόβλημα, μη τεχνολογικό: την αντίθεση σε κοινωνικό επίπεδο. Έτσι, τα φιλόδοξα προγράμματα της δεκαετίας του 1960 πολλών προηγμένων χωρών για την επέκταση της πυρηνικής ενέργειας δεν εφαρμόστηκαν [Μήλιας- Αργείτης Ι., 1993]. Το μεγάλο κόστος παροχής ικανών

μέτρων ασφαλείας κατά των κινδύνων σε συνδυασμό με την αποστροφή της κοινής γνώμης, έχουν θέσει πέδη στην ανάπτυξη της πυρηνικής βιομηχανίας [Baptiste P. J. et al., 2003]. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι σύμφωνα με την EIA (2005), η μόνη χώρα παγκοσμίως που θα δημιουργήσει νέο πυρηνικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η Κίνα, ενώ παράλληλα καμία Πολιτεία των ΗΠΑ δεν έχει προχωρήσει σε κατασκευή νέου πυρηνικού σταθμού από το 1979 (IEA (2001), EIA (2005)].

Έτσι, αφενός η ανάπτυξη των πυρηνικών σταθμών βρίσκεται σε μια στασιμότητα, αφετέρου τα ορυκτά καύσιμα οδηγούνται στην εξάντληση. Με βάση τα δεδομένα αυτά θα μπορούσαν να αναλυθούν τα εξής σενάρια [Doder V et al. (2005), Meyer I. N. (2003)]:

- μείωση της ζήτησης μέσω αποδοτικότερης διαχείρισης,
- αύξηση του ποσού της παραγόμενης ενέργειας προερχόμενη από εναλλακτικές πηγές, εν προκειμένω, με την υλοποίηση της κατανεμημένης παραγωγής (Distributed Generation), και
- αύξηση της απόδοσης των συστημάτων παραγωγής.

Η μείωση της ζήτησης, μπορεί και να αποδοθεί στο τεχνικό πεδίο ως μείωση της απορριπτόμενης ενέργειας. Ενδεικτικά αναφέρεται, ότι το 35% περίπου της ηλεκτρικής παραγωγής είναι αποδοτικό (Διάγραμμα 3.12) [Albertazzi S. et al., 2005]. Στον τομέα των μεταφορών είναι βέβαιο πως δεν είναι όλες οι μετακινήσεις απαραίτητες, ενώ επίσης πολλές χρήσεις που απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια δεν κρίνονται ως απολύτως αναγκαίες. Έτσι, τίθενται ζητήματα με την έννοια, αφενός της «σοφής» χρήσης-κατανάλωσης, αφετέρου, της μείωσης των απωλειών ή ισοδύναμα, της αύξησης της απόδοσης, κατά τη διαδικασία παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στο δεύτερο σκέλος. Οι απώλειες που προκύπτουν από την παραγωγή και μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας οφείλονται σε πολλούς λόγους μερικοί από τους οποίους αναπτύσσονται στα παρακάτω.

Κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης, αλλά κυρίως μέσης και χαμηλής τάσης, προκαλούνται σημαντικές απώλειες ισχύος οφειλόμενες κατά βάση στην ωμική αντίσταση των γραμμών, στην μεγάλη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από τις γραμμές ισχύος υψηλής τάσης (φαινόμενο Κορώνα), στο ρεύμα διαρροής στους μονωτήρες που συγκρατούν τις γραμμές και στην αύξηση της ενεργού αντιστάσεως λόγω ανομοιογενούς κατανομής του ρεύματος κατά μήκος των γραμμών [Μήλιας- Αργείτης Ι., 1993].

Όσο αφορά στην παραγωγή, όλες οι συμβατικές μηχανές που μετατρέπουν τη θερμότητα σε μηχανικό έργο, είτε είναι μηχανές πετρελαίου αυτοκινήτων, είτε

στρόβιλοι ατμού σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν μια θεωρητική μέγιστη απόδοση (που προκύπτει από το 2° θερμοδυναμικό αξίωμα) [Serway R. A., 1990]. Επί παραδείγματι, η απόδοση ενός συμβατικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν υπερβαίνει το 40% όπως ακριβώς και μιας μηχανής εσωτερικής καύσης, όταν λειτουργεί στο βέλτιστο φορτίο και ταχύτητα [Fisk R. W., 1996].

Το ζήτημα είναι, ότι δεν υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης της απόδοσης τέτοιων τεχνολογικών εφαρμογών εξαιτίας τεχνικών και οικονομικών περιορισμών [Serway R. A., 1990]. Επιπλέον, η έκλυση (απόρριψη) θερμότητας των θερμικών μηχανών που κατά βάση χρησιμοποιούνται σήμερα στην παραγωγή ενέργειας, γίνεται στις χαμηλότερες δυνατές θερμοκρασίες με σκοπό την επίτευξη μέγιστης απόδοσης, με αποτέλεσμα, η απορριπτόμενη θερμική ενέργεια να μην έχει πρακτική αξία.

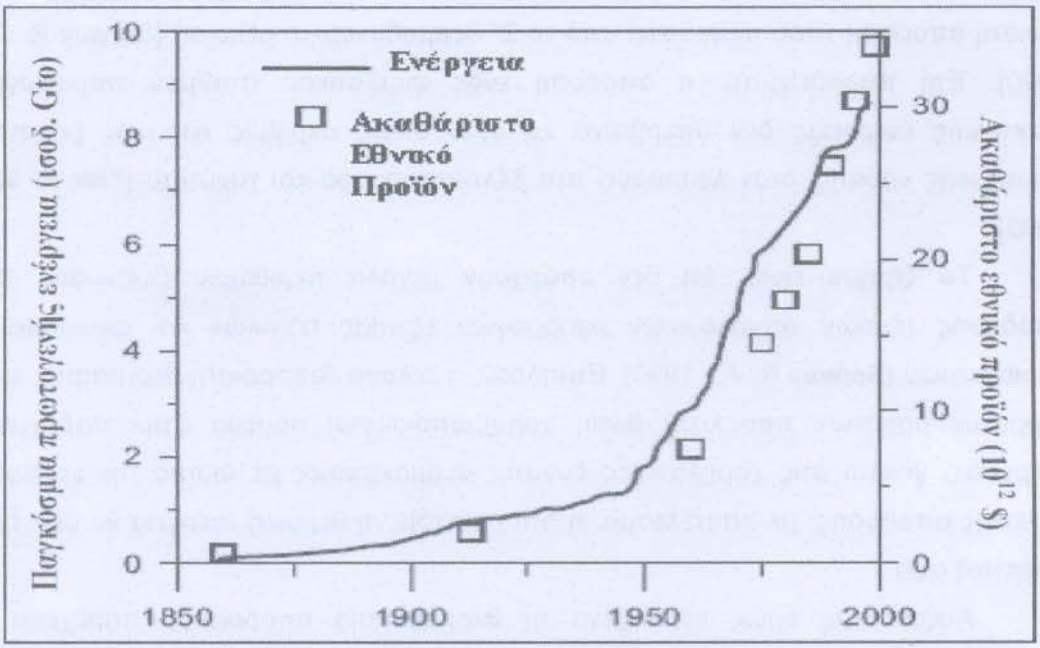
Αυξάνοντας όμως ηθελημένα τη θερμοκρασία απόρριψης, παρέχεται η δυνατότητα συμπληρωματικής δημιουργίας νέων εφαρμογών, όπως η θέρμανση χώρων, το ζεστό νερό χρήσης και ο ατμός για βιομηχανική χρήση.

Αυτή η προοπτική ενώ φαίνεται κάπως αντιφατική καθώς μειώνει την αρχικά αναμενόμενη μηχανική απόδοση, έχει μεγάλη σημασία αφού ουσιαστικά η απορριπτόμενη θερμότητα καθίσταται πλέον χρήσιμη, αυξάνοντας την συνολική απόδοση του συστήματος πάνω από 80% [Horlock J. H., 1992]. Η αρχή αυτή είναι γνωστή ως συμπαραγωγή ή συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (combined heat and power CHP), και υπόσχεται να παρέχει πολλά οφέλη όσο αφορά στη ζητούμενη απόδοση σε σχέση με οποιεσδήποτε βελτιώσεις στις συμβατικές θερμικές μηχανές που συζητήθηκαν προηγουμένως.

1.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ανέκαθεν, ο άνθρωπος αντιμετώπιζε το πρόβλημα εξεύρεσης ενέργειας [Baptiste P. J. et al., 2003]. Οι κυριότερες ενεργειακές πηγές με μικρές αποδόσεις βασίζονταν στην κίνηση των ζώων, στην αιολική ενέργεια (ανεμόμυλοι, ιστιοφόρα), στην ενέργεια από το νερό (υδρόμυλοι) και στη βιομάζα (οικιστικές απαιτήσεις).

Ουσιαστικά, τους δυο τελευταίους αιώνες, χάρη στην επιστημονική πρόοδο, ο ενεργειακός περιορισμός προοδευτικά χαλάρωσε με τη δυνατότητα εκμετάλλευσης πιο συμπυκνωμένων ενεργειακών πηγών όπως, ο άνθρακας, το πετρέλαιο, το αέριο και το Ουράνιο. Η επανάσταση αυτή έφερε μια άνευ προηγουμένου οικονομική ανάπτυξη (Διάγραμμα 1.7).



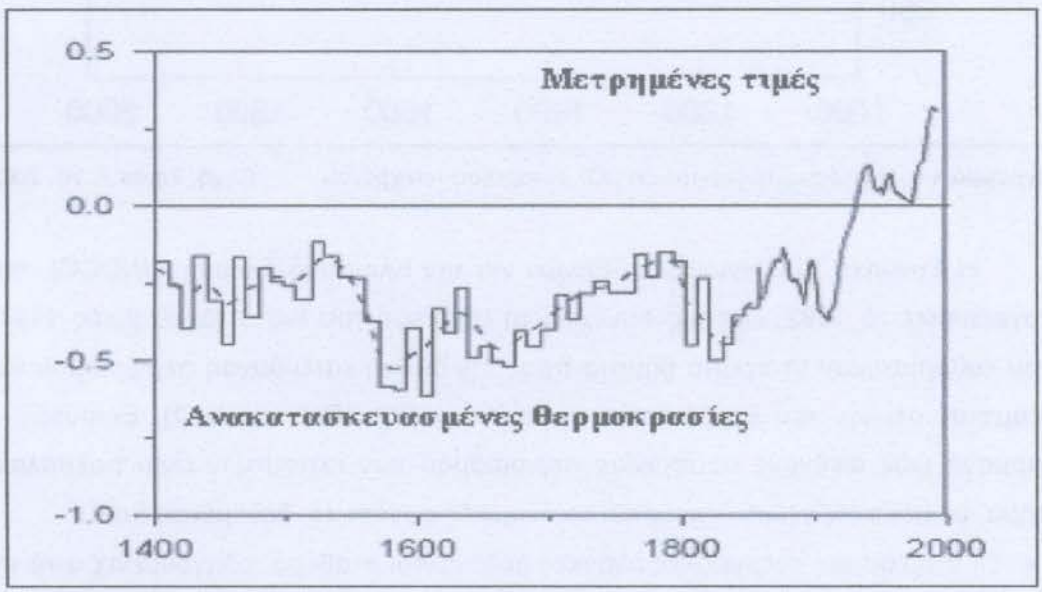
Διάγραμμα 1.7: Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση και ακαθάριστο εθνικό προϊόν.**Πηγή:** *Baptiste P. J. et al., 2003*

Παρόλα αυτά, η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας έχουν αναμφισβήτητα επιφέρει περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την παραγωγή, μετατροπή, μεταφορά και χρήση των διαφόρων πηγών ενέργειας ήταν ουσιώδεις στο παρελθόν, αλλά και σήμερα δεν μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες.

Η βιομηχανία εξόρυξης άνθρακα επέφερε μεγάλες απώλειες στις προηγούμενες γενιές (δυστυχήματα, επαγγελματικές νόσους, υποβάθμιση περιοχών, εκτεταμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, όξινη βροχή κλπ.). Ο ενεργειακός τομέας αποτέλεσε αιτία σημαντικών καταστροφών που σημάδεψαν την ιστορία του: πετρελαιοκηλίδες, αστοχίες υδροηλεκτρικών φραγμάτων, πυρηνικά ατυχήματα κλπ. Ο έλεγχος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαφόρων ενεργειακών συστημάτων σε σχέση με τις εκπομπές, τα απόβλητα, τη διατάραξη των οικοσυστημάτων, υπό φυσιολογικές ή μη, συνθήκες λειτουργίας, αποτελεί μείζον θέμα. Από αυτό το πρίσμα, η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και των υπολοίπων αερίων του θερμοκηπίου, ένεκα της χρήσης ορυκτών καυσίμων (άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου), αποτελεί ένα ζήτημα [*Baptiste P. J. et al., 2003*].

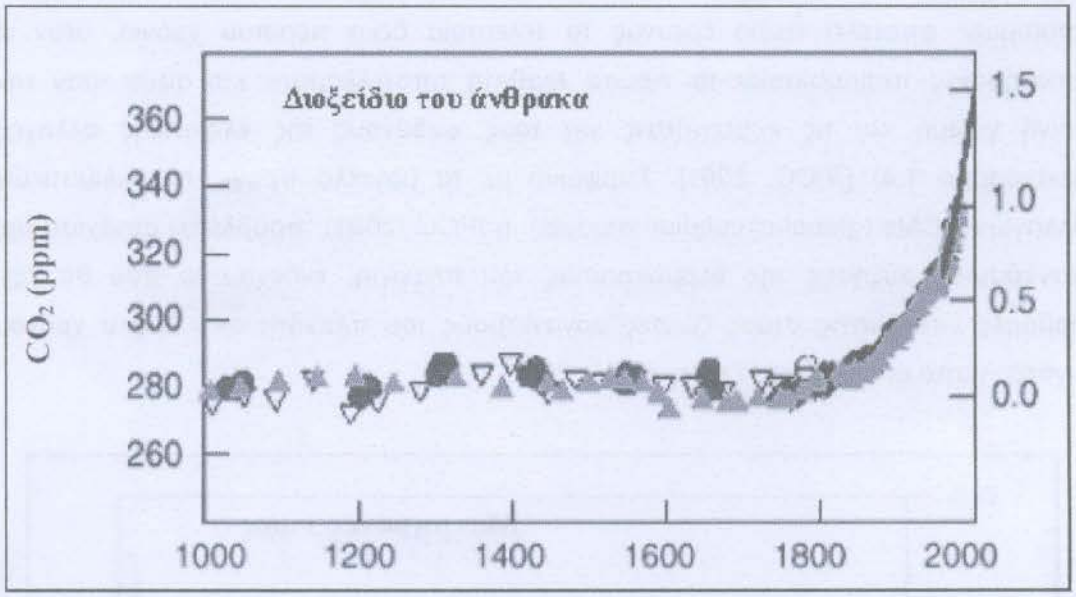
Οι εκπομπές CO_2 από ανθρωπογενείς ενέργειες αποτελούν την κύρια αιτία έντασης του φαινομένου του θερμοκηπίου και ο τομέας της ενέργειας είναι ο κύριος συντελεστής των εκπομπών CO_2 [*Miller A. I. et al. (2005), IPCC (2001)*]. Είναι

αξιοσημείωτο, ότι η συσχέτιση των κλιματικών αλλαγών με την καύση ορυκτών καυσίμων, αποτελεί πεδίο έρευνας τα τελευταία δέκα περίπου χρόνια, όταν οι επιστήμονες παρουσίασαν τα πρώτα αισθητά αποτελέσματα και αφύπνισαν την κοινή γνώμη και τις κυβερνήσεις για τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής (Διάγραμμα 1.8) [*IPCC, 2001*]. Σύμφωνα με τα μοντέλα πρόγνωσης κλιματικών αλλαγών GCMs (global circulation models), η IPCC (2001), προβλέπει συνέχιση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη, ενδεχόμενο που θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στους ζώντες οργανισμούς του πλανήτη σε κλίμακα χρόνου λιγότερη από έναν αιώνα [*Taylor F. W., 2002*].



Διάγραμμα 1.8: Μέση θερμοκρασία του πλανήτη (1400 - 2000). **Πηγή:** *IPCC (2001)*

Το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής έχει πλέον ενταχθεί ως μείζον και αναπόφευκτη παράμετρος στην παγκόσμια ενεργειακή πολιτική. Σήμερα, περίπου 29 δισεκατομμύρια τόνοι CO_2 ελευθερώνονται ετησίως στην ατμόσφαιρα εξαιτίας ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβάνοντας 23 δισεκατομμύρια από την καύση ορυκτών καυσίμων και το βιομηχανικό κλάδο [*IPCC, 2001*], προκαλώντας με τον τρόπο αυτό, μια απότομη μεταβολή στην ατμοσφαιρική συγκέντρωση (Διάγραμμα 1.9).



Διάγραμμα 1.9: Παγκόσμια συγκέντρωση CO^2 συναρτήσει του χρόνου. **Πηγή:** *Taylor F. W., 2002*

Η Συνθήκη των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNCCC), που υπογράφτηκε το 1992, είχε ως συνέχεια τη σύσκεψη του Κιότο (Δεκέμβριος 1997), όπου καθορίστηκαν τα πρώτα βήματα προς την διεθνή κατεύθυνση περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ειδικά των CO_2, CH_4 και N_2O). Εντούτοις, η εφαρμογή μιας διεθνούς συμφωνίας περιορισμού των εκπομπών είναι πολύπλοκο ζήτημα, με μείζονες γεωπολιτικές και οικονομικές συνέπειες, δεδομένου ότι:

- Οι παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες αυξάνονται σταθερά, οδηγούμενες από την ανάπτυξη καθώς και από τη δημογραφική αύξηση και οικονομική ανάπτυξη του τρίτου κόσμου [*IEA, 2001*].
- Με βάση τα στοιχεία του προηγούμενου κεφαλαίου, η συντριπτική πλειοψηφία των αναγκών παρέχεται από ορυκτά καύσιμα (άνθρακα, πετρέλαιο, αέριο) τα οποία παράγουν CO_2 (Διάγραμμα 1.6).
- Προβλέπεται, ότι αν δεν παρθούν μέτρα μείωσης των εκπομπών, τότε αυτές θα ξεπεράσουν το όριο των 50 τόνων το χρόνο μέχρι το έτος 2050, ποσότητα σχεδόν διπλάσια από τη σημερινή [*Williams R. H., 2001*].
- Η σταθεροποίηση της συγκέντρωσης του CO_2 στην ατμόσφαιρα στα επίπεδα των 550 ppm (στόχος αποδεκτός από την πλειοψηφία της επιστημονικής κοινότητας), προϋποθέτει μείωση των εκπομπών στο μισό σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα [*IPCC, 2001*].

Είναι προφανές ότι το πρόβλημα αποτελεί ένα πολυκριτηριακό ζήτημα καθώς, κάθε ένα από αυτά έχει διαφορετική και χρονικά εξαρτώμενη βαρύτητα.

Σήμερα, εκείνοι που λαμβάνουν τις αποφάσεις για την ενέργεια, δίνουν μεγάλο βάρος στην οικονομία, στην ασφαλή παροχή ενέργειας, στη χρήση εγχώριων πηγών, στη συμμετοχή της εγχώριας βιομηχανίας, στην απασχόληση, στην περιβαλλοντική μόλυνση και στην κοινωνική αποδοχή [*Vate J. F., 1997*].

Τρεις είναι οι βασικοί παράγοντες λύσης κατά τους [*Baptiste P. J. et al., 2003*]:

1. Εξοικονόμηση ενέργειας: Βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση και ορθολογιστική χρήση ενέργειας.
2. Διαχείριση αποβαλλόμενου άνθρακα: Ανάπτυξη τεχνικών για την σύλληψη και γεωλογική αποθήκευση του CO_2.
3. Εξέλιξη του ενεργειακού μίγματος: Αντικατάσταση των καυσίμων υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα (πετρέλαιο, λιγνίτης κλπ) με φυσικό αέριο, και μεγαλύτερη εξάρτηση από μορφές καυσίμων που δεν εκπέμπουν CO_2 όπως, η πυρηνική, οι ανανεώσιμες κλπ.

Η φαινομενική ενεργειακή αφθονία σήμερα δεν πρέπει να δημιουργεί την εντύπωση ότι οι πηγές ενέργειας είναι ανεξάντλητες. Με βάση τα στοιχεία των Πινάκων 1.1 και 1.2, καθίσταται σαφές, ότι ο άνθρωπος χρειάζεται να βελτιώνει τις τεχνικές παραγωγής συνεχώς, να δημιουργεί νέες ενεργειακές αποθήκες και έτσι, να αντισταθμίζει την σταδιακή μείωση των παγκόσμιων αποθεμάτων. Κατά συνέπεια, η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας δεν είναι απλά απαραίτητη για τη μείωση των εκπομπών του CO_2, αλλά ουσιώδης προκειμένου να διασφαλιστεί η σχετική διάρκεια των ενεργειακών πόρων στο πεδίο του χρόνου, να διευκολυνθεί η πρόσβαση στις αναπτυσσόμενες χώρες των οποίων οι ανάγκες θα είναι μεγαλύτερες στο μέλλον και τέλος, να διατηρηθεί το περιβάλλον και η ποιότητα ζωής των ανθρώπων των επόμενων γενεών σε υψηλά επίπεδα [*Baptiste P. J. et al., 2003*].

Η παραπάνω προσέγγιση περιλαμβάνει, βελτίωση της απόδοσης της παραγωγής ενέργειας και των συστημάτων εκμετάλλευσης, άρση της ενεργειακής σπατάλης και βέλτιστη χρήση των διαφορετικών ενεργειακών πόρων σε σχέση με τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει καθένας από αυτούς. Επιπλέον, η έρευνα πρέπει να οδηγεί συνέχεια σε νέα ενεργειακά συστήματα και ενεργειακές πηγές, ικανά να λειτουργήσουν στο άμεσο μέλλον.

Η πρόσβαση του ανθρώπου στην ενέργεια, που αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στην άνεση και στη ποιότητα ζωής θεωρείται σήμερα μια κατάκτηση του ανθρώπου στις κοινωνίες των βιομηχανικών κρατών. Ο περιορισμός της ενεργειακής κατανάλωσης με τον καθορισμό για παράδειγμα υψηλών τιμών, βρίσκει εμπόδιο στην κοινωνική αποδοχή. Άρα, ίσως συνδυασμός με άλλες λύσεις όπως, βελτίωση των συσκευών μαζικής χρήσης, αποδοτικότερη μόνωση χώρων κλπ, πιθανό να

επιφέρουν κάποιο αποτέλεσμα. Νέο πρόβλημα βέβαια μπορεί να ανακύψει όταν, σε μια σταθεροποιημένη ενεργειακά κοινωνία, οι πολίτες αγνοούν την αρχή του περιορισμού ενεργειακής σπατάλης στις δραστηριότητές τους.

Η καθιέρωση νέων, αυστηρών προτύπων στην κατανάλωση ενέργειας στον βιομηχανικό τομέα, έχει φέρει κάποια αποτελέσματα στη σοφή χρήση της ενέργειας. Ενδεικτικό το παράδειγμα στη Ιαπωνία, όπου σύμφωνα με τους [*Kosugi T. et al., 2005*], οι εκπομπές CO_2 για την οικονομική περίοδο 1990- 2001 μειώθηκαν κατά 5,1% στον τομέα της βιομηχανίας. Σαφώς μεγάλο ρόλο στην επιτυχή μείωση των εκπομπών σε ένα τόσο κρίσιμο τομέα, έπαιξαν η ανάπτυξη και εφαρμογή νέων τεχνολογιών. Αντίστοιχες πρακτικές εφαρμόζονται και στον τριτογενή τομέα εφαρμογών φωτισμού, θέρμανσης και κλιματισμού. Στην άλλη άκρη της αλυσίδας, η τάση για αποδοτικότερη παραγωγή ενέργειας σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των τεχνολογιών συμπαραγωγής, και η εκτεταμένη χρήση αυτών, αποτελεί σημαντικό βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση με σύγχρονη μείωση των εκπομπών CO_2 [*Laughton M., 1996*].

Η διαχείριση του αποβαλλόμενου άνθρακα με τη χρήση δεξαμενών άνθρακα σε δασικές ή γεωργικές εκτάσεις, φαίνεται ότι αποτελεί πεδίο αμφισβητήσεων καθώς, αυτοί οι μηχανισμοί είναι πολύ δύσκολο να ελεγχθούν. Επιπλέον, οι δεξαμενές διατρέχουν τον κίνδυνο να μην είναι σταθερές σε εύρος χρόνου, δεδομένου ότι ο απορροφημένος άνθρακας μπορεί να απελευθερωθεί εκ νέου σε περίπτωση πυρκαγιάς δασών ή αλλαγής χρήσης της γης [*Meyer I. N., 2003*].

Τελικά, οι δύο βασικές λύσεις που θα προσεγγίσουν τους στόχους που έχουν τεθεί στο Κιότο, δεν μπορεί να είναι άλλες από την εξοικονόμηση ενέργειας και τη χρήση των ήπιων μορφών ενέργειας. Στην εργασία, θα γίνει εκτενής αναφορά στην δυναμικότητα και εφαρμογή των ήπιων μορφών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρισμού. Αυτό σε καμία περίπτωση δεν σημαίνει ότι η δυναμική της εξοικονόμησης ενέργειας είναι λιγότερο σημαντική. Αντιθέτως, είναι πιο αποδοτική οικονομικά στο κοντοπρόθεσμο μέλλον. Οι δύο αυτές λύσεις πρέπει να δράσουν συμπληρωματικά [*Meyer I. N., 2003*].

Η στροφή του ενεργειακού τομέα στην βελτίωση του ενεργειακού μίγματος, αποτελεί το βήμα εκείνο προκειμένου, να μειωθεί η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και έτσι να μειωθούν οι εκπομπές του CO_2 ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας σε 0,5 - 1 τόνο CO_2 ανά τόνο ισοδύναμου πετρελαίου. Με τη πρακτική αυτή, αφενός εξασφαλίζονται οι παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες, αφετέρου, σταθεροποιείται η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα στα επίπεδα των 550 ppm. Αυτό προϋποθέτει εκμετάλλευση ενεργειακών πηγών χαμηλότερης περιεκτικότητας σε

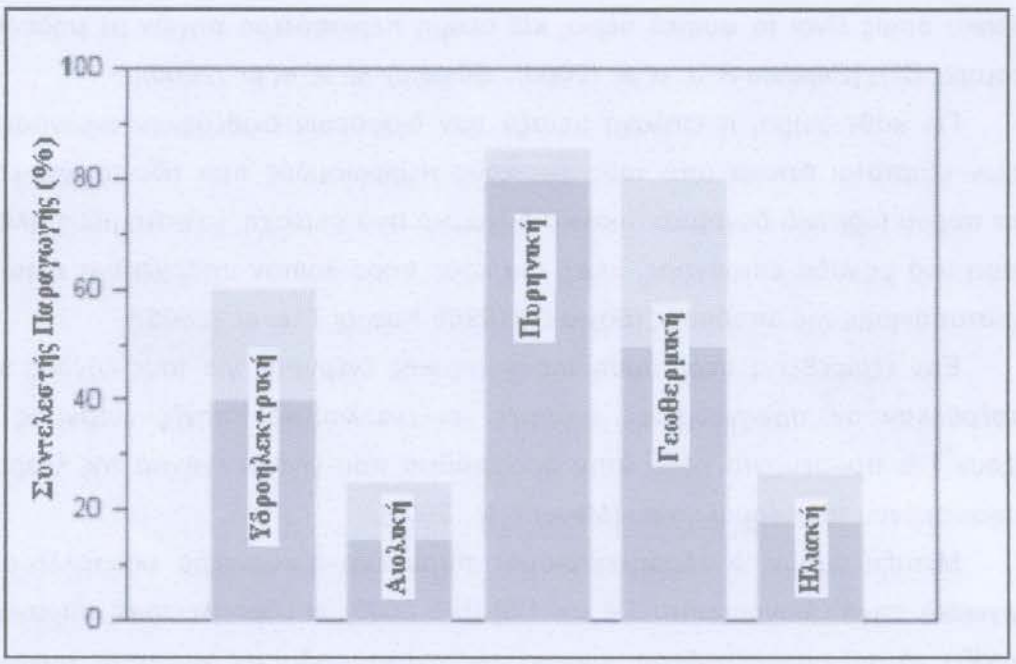
άνθρακα όπως είναι το φυσικό αέριο, και ακόμη περισσότερο πηγών με μηδενικές εκπομπές CO_2 [*Baptiste P. J, et al. (2003), Elhadidy M. A. et al. (2005)*].

Για κάθε χώρα, η επιλογή μεταξύ των διαφόρων διαθέσιμων ενεργειακών πόρων εξαρτάται έντονα από τους φυσικούς περιορισμούς που τίθενται για κάθε τύπο πόρου (υδατικό δυναμικό, αιολικό δυναμικό ανά περιοχή, μέγιστη μέση ηλιακή έκθεση ανά μονάδα επιφάνειας, κλπ). Για κάθε πόρο λοιπόν υπάρχει ένα κατώφλι βελτιστοποίησης της απόδοσης [*Boyle G (1996), Kosugi T. et al. (2005)*].

Εάν εξαιρεθεί η περίπτωση της πυρηνικής ενέργειας για τους λόγους που αναφέρθηκαν σε προηγούμενες ενότητες, οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας θα παίξουν ένα πρωτεύοντα ρόλο στην προσπάθεια που γίνεται ενάντια της έξαρσης του φαινομένου του θερμοκηπίου [*Meyer I. N., 2003*].

Μεταξύ αυτών, ο υδροηλεκτρισμός παραμένει η ευρύτερα εκμεταλλεύσιμη ενεργειακή πηγή (Διαγράμματα 1.4 και 1.5) [*BP, 2005*]. Η υδροηλεκτρική παραγωγή συνεχίζει να αυξάνεται σταθερά, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες με συνολικό παραγωγικό δυναμικό 9000 TWh [*BP (2005), IPCC (1996c)*]. Η αιολική ενέργεια, χάρη στην σπουδαία πρόοδο που έχει γίνει στην τεχνολογία των ανεμογεννητριών, είναι μια από τις ταχύτατα αναπτυσσόμενες μορφές. Το ποσό των ανεμογεννητριών που προστίθενται στο ηλεκτρικό δίκτυο αυξάνεται 30% - 40% κάθε χρόνο, με αποτέλεσμα η διείσδυση της αιολικής ενέργειας να είναι πλέον υπολογίσιμη [*Landberg L. et al., 2003*], παρά τον χαμηλό συντελεστή παραγωγής (περίπου 20%) (Διάγραμμα 1.10).

Η ηλιακή ενέργεια, αναμένεται να παραμείνει ως βοηθητική ενεργειακή πηγή για αρκετά χρόνια ακόμη παρά την υψηλή της δυναμική στο πεδίο του χρόνου. Εντούτοις, κάποιες εφαρμογές αυτής (ηλιακοί θερμαντήρες νερού) έχουν αυξήσει τη δυναμική κάποιων κρατών που παρουσιάζουν υψηλή ηλιοφάνεια χωρίς βέβαια να έχουν ακόμη προσεγγίσει το στόχο που θέτει η Λευκή Βίβλος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (100 εκατομμύρια m^2 εγκατεστημένων συλλεκτών μέχρι το 2010) [*Tsoutsos T. D., 2002*].



Διάγραμμα 1.10: Συντελεστής παραγωγής διαφόρων μη ορυκτών ενεργειακών πηγών. **Πηγή:** *Baptiste P. J. et al., 2003*

Η γεωθερμική ενέργεια μικρής έως μεσαίας έντασης ενεργειακής εφαρμογής για παραγωγή θερμότητας, προωθείται από πολλές χώρες (δίκτυα αστικής θέρμανσης). Είναι αξιοσημείωτο, ότι σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η παραγωγή θα ξεπεράσει το στόχο του 2010 (5000 MWth). Όσο αφορά στην εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού, αυτή περιορίζεται σε ένα μικρό αριθμό κρατών (σύνολο πέντε κράτη στην ΕΕ) όπου βρίσκονται κοντά σε ηφαιστειακά πεδία, με την Ιταλία να κατέχει την πρώτη θέση. Η παραγωγή κατέγραψε παρόλα αυτά μια αύξηση της τάξης του 7,2% το 2003 σε σχέση με το 2002 [*European Commission, 2005*].

Η εκμετάλλευση της βιομάζας που βασίζεται σε αυστηρά περιβαλλοντικά κριτήρια (σε αντίθετη περίπτωση ισοδυναμεί με αποψίλωση που αντιπροσωπεύει μια επιπλέον πηγή CO_2 στην ατμόσφαιρα), αυξάνεται με σταθερούς ρυθμούς, προϋποθέτει όμως την κατανάλωση νερού για άρδευση στην περίπτωση ενεργειακών φυτειών. Η συνολική παραγωγή ακατέργαστου βιοαερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση έφτασε στα 3219 ktoe για το έτος 2003, σημειώνοντας αύξηση της τάξης του 7,3% σε σχέση με το 2002. Το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή κατανάλωση υπολογίζεται στο 1% σήμερα. Εντούτοις, αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά, καθώς η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέση ως αντικειμενικό στόχο την συμμετοχή των βιοκαυσίμων στη συνολική κατανάλωση στο 2% και 5% για τα έτη 2005 και 2010 αντίστοιχα [*European Commission, 2005*].

Τέλος, αναφέρονται επιγραμματικά τα οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια τα οποία είναι αναγκαία, προκειμένου να συμπληρώσουν τα τεχνικά που αναπτύχθηκαν νωρίτερα [*Baptiste P. J. et al., 2003*]:

- Οικονομικός ανταγωνισμός (κόστος KWh),
- Επιπτώσεις στην απασχόληση,
- Ευαισθησία στις τιμές των πρώτων υλών (πετρέλαιο, αέριο, Ουράνιο),
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις, και
- Κοινωνική αποδοχή.

1.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο ηλεκτρικός τομέας στο ξεκίνημά του το 1880 ήταν μια επικερδής οικονομική δραστηριότητα με την ανάπτυξη τοπικών συστημάτων παραγωγής, διανομής και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας για τις τοπικές κοινωνίες. Μετέπειτα, αναπτύχθηκαν τα εθνικά διασυνδεδεμένα ηλεκτρικά συστήματα με αποκορύφωση, στα μέσα του 20ου αιώνα, τους μεγάλους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής για οικονομία κλίμακας και τα δίκτυα μεταφοράς, όπου σημαντικό ρόλο είχαν οι εθνικές κυβερνήσεις. Η έντονα αυξανόμενη ζήτηση στις ανεπτυγμένες οικονομίες ενίσχυσε την ιδέα για την ανάπτυξη ολοένα και μεγαλύτερων κεντρικών σταθμών παραγωγής, υδροηλεκτρικών, θερμικών ή και πυρηνικών.

Η ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του '70, η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στη δεκαετία του '80, ο περιορισμός των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων καθώς και η επιρροή των αρχών του νεοφιλελευθερισμού, άρχισαν σταδιακά να αλλάζουν τις στρατηγικές στον ηλεκτρικό τομέα. Αποκεντρωμένες μονάδες με αποδοτικές τεχνολογίες όπως της συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP) και μονάδες παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές, άρχισαν να εντάσσονται στα ηλεκτρικά δίκτυα για παράλληλη λειτουργία με τους κεντρικούς σταθμούς [*Χατζηβασιλειάδη Ι, 2004*]. Η αλλαγή του ρυθμιστικού πλαισίου στον ηλεκτρικό τομέα και η σταδιακή απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας που άρχισε στη δεκαετία του '90 δημιουργούν μια νέα δυναμική με την είσοδο του 21ου αιώνα.

Ο ηλεκτρικός τομέας αποτελεί σήμερα την πιο κρίσιμη υποδομή των σύγχρονων κοινωνιών όπου η αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζει άμεσα τη λειτουργία σημαντικών άλλων τεχνολογικών υποδομών με αυξανόμενο το ενδιαφέρον και εξάρτηση στο μέλλον. Παράλληλα, οι απαιτήσεις για αδιάλειπτη και υψηλής ποιότητας παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές καθίστανται επιτακτικές.

Μια μακρά και πολύ σημαντική για την οικονομία και την κοινωνία μεταβατική περίοδος στον ηλεκτρικό τομέα έχει αρχίσει. Αυτή χαρακτηρίζεται από νέους κανόνες και κρίσιμες αποφάσεις, νέες επιχειρηματικές προκλήσεις σε ένα ευρύτερο ανταγωνιστικό περιβάλλον και νέες τεχνολογίες με αναγκαίες επενδύσεις και προοπτικές για βιώσιμη ανάπτυξη. Σημαντικές ρυθμιστικές και τεχνολογικές εξελίξεις θα αποτελέσουν τη βάση για τη δημιουργία των νέων ηλεκτρικών συστημάτων αξιόπιστης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ευρώπη, η στρατηγική της ΕΕ στην έρευνα χαράσσει το δρόμο για βιώσιμα ηλεκτρικά συστήματα.

Η αποκεντρωμένη παραγωγή καλύπτει μεγάλο εύρος νέων τεχνολογιών με μικρές μονάδες εγκατεστημένες κοντά στην κατανάλωση και θα παίξει σημαντικό ρόλο. Η μεγάλη διείσδυση ανανεώσιμων πηγών και άλλων νέων και αποδοτικών τεχνολογιών αποτελεί τη νέα πρόκληση στον ηλεκτρικό τομέα και θα απαιτηθούν ανάλογες επεμβάσεις στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών ηλιακής ενέργειας, αιολικής ενέργειας, βιομάζας, μικρών υδροηλεκτρικών, συμπαραγωγής θερμότητας/ ψύξης, και ηλεκτρικής ενέργειας, κυψελών καυσίμου, συστημάτων αποθήκευσης, τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών (ICT), καθώς και άλλων τεχνολογιών (ηλεκτρονικά ισχύος, υπεραγωγιμότητα, υδρογόνο κλπ), συμπεριλαμβάνονται στους μεσοπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους στόχους.

Η διείσδυση και συμμετοχή των αποκεντρωμένων μονάδων στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για το 2030 εκτιμάται για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο 35% - 40%. Αυτό θεωρείται μεγάλη συμβολή στην ασφάλεια και στην αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς επίσης και στη βιώσιμη ανάπτυξη. Στον Πίνακα 1.3 παρουσιάζονται οι τιμές αναφοράς για τους εθνικούς ενδεικτικούς στόχους των κρατών μελών όσον αφορά τη συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2010.

Σύμφωνα με μελέτη του IEA, οι επενδύσεις στην ενέργεια μέχρι το τέλος του 2030 σε παγκόσμιο επίπεδο εκτιμώνται σε $16 τρις [*IEA, 2003*]. Η παραγωγή, μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας θα απορροφήσει μέχρι και το 70% (πάνω από $10 τρις) των παγκόσμιων ενεργειακών επενδύσεων, με σημαντικότερο μερίδιο τις επενδύσεις στα δίκτυα.

Πίνακας 1.3: Τιμές αναφοράς για τους εθνικούς ενδεικτικούς στόχους των κρατών μελών μέχρι το 2010.

ΧΩΡΕΣ	ΗΕ-ΑΠΕ TWh 1997	ΗΕ-ΑΠΕ % 1997	ΗΕ-ΑΠΕ % 2010
Βέλγιο	0,86	1,1	6,0
Δανία	3,21	8,7	29,0
Γερμανία	24,91	4,5	12,5
Ελλάδα	3,94	8,6	20,1
Ισπανία	37,15	19,9	29,4
Γαλλία	66,00	15,0	21,0
Ιρλανδία	0,84	3,6	13,2
Ιταλία	46,46	16,0	25,0
Λουξεμβούργο	0,14	2,1	5,7
Κάτω Χώρες	3,45	3,5	9,0
Αυστρία	39,05	70,0	78,1
Πορτογαλία	14,30	38,5	39,0
Φινλανδία	19,03	24,7	31,5
Σουηδία	72,03	49,1	60,0
Ηνωμένο Βασίλειο	7,04	1,7	10,0
Κοινότητα	338,41	13,9%	22%

Πηγή: *Οδηγία 2001/77/ΕΚ*

1.4 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας επιβάλλει για λόγους διαφάνειας και καθαρού ανταγωνισμού τον διαχωρισμό του ηλεκτρικού τομέα, κυρίως των κάθετα δομημένων επιχειρήσεων ηλεκτρισμού, στις μονάδες παραγωγής, στο σύστημα μεταφοράς (υψηλή τάση) και στο σύστημα διανομής (μέση και χαμηλή τάση). Παραδοσιακά, τα συστήματα διανομής λαμβάνονται ως ισοδύναμα φορτία από τα συστήματα μεταφοράς, ενώ τα συστήματα μεταφοράς λαμβάνονται ως ισοδύναμες πηγές ενέργειας από τα συστήματα διανομής [*Sun H. B. et al., 2005*]. Πρακτικά, ο διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς (TSO, Transmission System Operator) και ο διαχειριστής του δικτύου διανομής (DNO, Distribution Network Operator) αποτελούν φυσικά μονοπώλια με καθορισμένο το περιθώριο κέρδους και διέπονται από νόμους και κώδικες λειτουργίας ενιαίους για όλους όσους έχουν πρόσβαση στο δίκτυο, καταναλωτές και παραγωγούς [*Χατζηβασιλειάδη Ι, 2004*].

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και ο ελεύθερος ανταγωνισμός περιορίζονται στην παραγωγή και εμπορία. Μια κρατική ρυθμιστική αρχή παρακολουθεί, ελέγχει και ρυθμίζει τη λειτουργία της αγοράς για την εξυπηρέτηση των καταναλωτών και τις δράσεις όσων εμπλέκονται στον ηλεκτρικό τομέα. Βεβαίως, η αξιοπιστία και ασφαλής παροχή ηλεκτρικής ενέργειας διαχωρίζονται από τη λειτουργία της αγοράς. Οι διαχειριστές (TSO, DNO), θα πρέπει να διατηρούν ένα αποδεκτό επίπεδο ασφαλείας και αξιόπιστης παροχής.

Στη συνέχεια δίνεται μια σύντομη ανασκόπηση χρήσιμων εννοιών και μεθόδων. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στους σταθμούς παραγωγής πρέπει να μεταφερθεί και να διανεμηθεί στα σημεία καταναλώσεως που είναι συνήθως τα αστικά κέντρα, μικρότεροι οικισμοί, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, αγροτικές εγκαταστάσεις κ.λ.π. Κατά τη διαδικασία μεταφοράς και διανομής, τρία είναι τα σημεία κύριου ενδιαφέροντος [*Μήλιας- Αργείτης Ι., 1993*]: α) της καλής λειτουργίας, β) της ασφαλούς λειτουργίας και γ) της οικονομικής εκμεταλλεύσεως.

Με τον όρο καλή λειτουργία εννοείται, ότι το σύστημα λειτουργεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε οι μεταβολές τάσεως στα σημεία των καταναλώσεων να μην υπερβαίνουν ορισμένα όρια. Τούτο απαιτείται από την ανάγκη ομοιόμορφης και αποδοτικής λειτουργίας των συσκευών και πολλές φορές, για την αποφυγή συντομεύσεως του χρόνου ζωής τους. Γενικά, η κατανάλωση ζητεί όσο το δυνατό πιο σταθερή τάση δικτύου και το σύστημα πρέπει να ικανοποιεί την απαίτηση αυτή μέσα στα πλαίσια ορισμένων ανοχών.

Η ασφαλής λειτουργία αναφέρεται στο φαινόμενο *Joule* κατά το οποίο, η διέλευση ρεύματος μέσα από αγωγό προκαλεί την έκλυση θερμότητας. Η θερμότητα αυτή υπό ορισμένες συνθήκες και όταν υπερβαίνει ανεκτά όρια, μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά. Στην ασφαλή λειτουργία μπορούν να ενταχθούν και οι μέθοδοι εκείνες που χρησιμοποιούνται για να αποφευχθούν σπινθήρες και διασπάσεις λόγω υψηλών τάσεων καθώς και στον υπολογισμό των γραμμών για να αντέχουν στις μηχανικές τάσεις.

Η οικονομική εκμετάλλευση των γραμμών αποβλέπει στο να ελαχιστοποιήσει τις ετήσιες δαπάνες της γραμμής. Οι δαπάνες αυτές είναι συνδυασμός του αρχικού κόστους προμήθειας και εγκατάστασης της γραμμής και του κόστους λειτουργίας της που περιλαμβάνει και τις απώλειες της γραμμής. Για παράδειγμα, εάν μειωθεί η διατομή του αγωγού μιας γραμμής, θα μειωθεί και το κόστος προμήθειάς της, αλλά θα αυξηθούν οι απώλειες κατά μήκος των αγωγών της.

Ο ηλεκτρικός τομέας μέχρι πρόσφατα αναπτύχθηκε έτσι ώστε η ηλεκτρική ενέργεια από τις μονάδες παραγωγής όπου παράγεται, να μεταφέρεται μέσω των δικτύων στον καταναλωτή. Επομένως, η ροή σε αυτά τα δίκτυα (παθητικά δίκτυα)

έχει μια κατεύθυνση, από τον κεντρικό σταθμό στον καταναλωτή, που μπορεί να καλύπτει μεγάλες αποστάσεις με γραμμές μεταφοράς και δίκτυα διανομής με σημαντικές απώλειες (απώλειες μεταφοράς) [*Μήλιας- Αργείτης Ι. (2), 1993*]. Οι αποκεντρωμένες μονάδες συνδέονται συνηθέστερα στο Δίκτυο Διανομής κοντά στα φορτία ζήτησης και η ροή ηλεκτρικής ενέργειας στα δίκτυα μπορεί να είναι αμφίδρομη καθιστώντας αυτά σε «ενεργητικά δίκτυα» [*Sun H. B. et al., 2005*]. Το πρόβλημα που ανακύπτει, είναι ότι τα υπάρχοντα δίκτυα έχουν σχεδιαστεί σαν παθητικά με αποτέλεσμα να μην προσφέρουν ικανοποιητική απόδοση για αυτές τις νέες λειτουργικές απαιτήσεις, ιδιαίτερα όταν υπάρχει υψηλή διείσδυση αποκεντρωμένων μονάδων. Η ανάγκη μελέτης και ανάπτυξης ενεργητικών δικτύων που θα ανταποκρίνονται και στις νέες συνθήκες της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, είναι επιτακτική σήμερα και θα απαιτήσει νέες ιδέες που θα συμπράξουν με νέες τεχνολογίες [*Μήλιας- Αργείτης Ι. (1), 1993*].

Επομένως, ο ρόλος του διαχειριστή δικτύου διανομής είναι πολύ βασικός για την ανάπτυξη και λειτουργία των νέων δικτύων και την ένταξη των αποκεντρωμένων μονάδων. Όπως είναι φυσικό, στις νέες συνθήκες, οι επενδύσεις τόσο στη μεταφορά όσο και στη διανομή δεν είναι οικονομικά ελκυστικές με αποτέλεσμα τον περιορισμό των επενδύσεων, την προοδευτική υπερφόρτωση δικτύων με αύξηση των απωλειών και των κινδύνων μερικών ή ολικών διακοπών. Με τις αναθεωρήσεις και βελτιώσεις των κωδίκων (DNO) που γίνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα σε χώρες μέλη της ΕΕ, άρχισαν ήδη να δίδονται οικονομικά κίνητρα που ενθαρρύνουν επενδύσεις για τη μείωση των απωλειών διανομής και την εισαγωγή νέων τεχνολογιών.

Στα πλαίσια της στρατηγικής της ΕΕ για την ενέργεια, οι χώρες μέλη επεξεργάζονται και εφαρμόζουν προγράμματα για την ανάπτυξη της κατανεμημένης παραγωγής με μονάδες ανανεώσιμων πηγών και με αποδοτικές τεχνολογίες συμπαραγωγής προβλέποντας τις αναγκαίες ρυθμίσεις. Πρόσφατα (Φεβρουάριος 2004), ένα τέτοιο πρόγραμμα στη Μ. Βρετανία για μεγάλη διείσδυση συμπαραγωγής στο δίκτυο (10% για το 2010) συνδυάστηκε με την ίδρυση και λειτουργία ενός «Κέντρου Αποκεντρωμένης Παραγωγής και Βιώσιμης Ηλεκτρικής Ενέργειας» με πρωτοβουλία του Υπουργείου Βιομηχανίας (DTI) και της Ρυθμιστικής Αρχής, αλλά και την υποστήριξη του Διαχειριστή Δικτύου Διανομής. Αυτό το Κέντρο θα επιλύσει τυχόν προβλήματα και θα υποστηρίξει την οικονομική και αποδοτική ένταξη των μονάδων στο δίκτυο.

Οι πρόσφατες ολικές διακοπές ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές της Ευρώπης και των ΗΠΑ δημιουργούν την ανάγκη για τη λήψη μέτρων. Στις ΗΠΑ αναλαμβάνεται μια πρωτοβουλία μακράς πνοής από το υπουργείο ενέργειας (DOE, www.energy.gov) για την ανασχεδίαση και ανασυγκρότηση του δικτύου της χώρας με

νέες τεχνολογίες που θα αποτελέσει το δίκτυο του 21ου αιώνα. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση προβληματίζει η ανάπτυξη των διασυνδέσεων και η λειτουργία και διαχείριση του ενιαίου Ευρωπαϊκού Δικτύου. Καθίσταται αναγκαία η εισαγωγή νέων τεχνολογιών στο σύστημα μεταφοράς καθώς και νέων ιδεών και κανόνων στη δομή και διαχείριση.

Το Ευρωπαϊκό Σύνταγμα, που αναμένεται να αποτελέσει τον καταστατικό χάρτη της Ενωμένης Ευρώπης, περιλαμβάνει [*Ευρωπαϊκή Ένωση, 2003*]:

- Την Εξασφάλιση λειτουργίας της ενεργειακής αγοράς,
- Την εξασφάλιση ασφαλούς προμήθειας ενέργειας της ΕΕ,
- Την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και την ανάπτυξη νέων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επομένως, προδιαγράφονται ευοίωνες προοπτικές για την κατανεμημένη παραγωγή. Η ένταξη των μονάδων για μεγάλη διείσδυση με την ανάπτυξη και εφαρμογή νέων τεχνολογιών ικανοποιεί πλήρως και τις τρεις παραπάνω περιοχές.

1.5 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) συνέβαλαν στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή κατά 4,7% το 2002 και κατά 5% το 2003. Για τα έτη αυτά, τα δύο τρίτα της παραγωγής προήλθαν από βιομάζα και φωτοβολταϊκά συστήματα και το υπόλοιπο ένα τρίτο από αιολικά πάρκα και μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Πιο πρόσφατα, η συμμετοχή των ΑΠΕ ήταν 5,4% το 2004, 6,1% το 2005 και κατ' εκτίμηση 7,1% το 2006. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παραγωγή στα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα επηρεάζεται έντονα από τις κλιματικές συνθήκες και τη διαθεσιμότητα ύδατος στους ταμιευτήρες. Το μερίδιο των ΑΠΕ στην κατανάλωση ήταν 6% το 2002, λιγότερο από το ήμισυ του μέσου όρου της ΕΕ-15 που ήταν 13,5%. Λόγω του σημαντικού υετού, το 2003 το μερίδιο αυτό ανήλθε στο 9,6%, περίπου στο ήμισυ του στόχου 20,1% που έχει θέσει η χώρα για το 2010.

Οι **εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων** αυξήθηκαν με ρυθμούς παρόμοιους με το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ), με εξαίρεση τα NOx και το SO_2. Η αναμόρφωση και διαφοροποίηση του τομέα ενέργειας προσφέρει:

- εξορθολογισμένη χρήση και περιορισμό των απωλειών στις κατασκευές,
- μέτρα στον τομέα μεταφορών,
- μέτρα στο βιομηχανικό τομέα και
- μέτρα στο επίπεδο των θεσμών και των οργανισμών.

Ως προς τις **εκπομπές προδρόμων του όζοντος**, παρά τη μερική αποσύνδεση της εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων από την οικονομική ανάπτυξη που σημειώθηκε τα τελευταία έτη, αξιοσημείωτες προσπάθειες βρίσκονται σε εξέλιξη

για τη διασφάλιση μόνιμης καθοδικής πορείας και επίτευξης των στόχων που τίθενται στο πλαίσιο της ΕΕ, ειδικά για τα NOx και τις μη-μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις. Μεταξύ του 1990 και του 2002, οι εκπομπές αυξήθηκαν, κυμαινόμενες πάνω από το επίπεδο που είναι αναγκαίο για την επίτευξη των στόχων για το 2010 της Οδηγίας 2001/81/ΕΕ. Τα μέτρα που απαιτούνται για την εφαρμογή της Οδηγίας οφείλουν να εστιάσουν στον τομέα ενέργειας, ο οποίος ευθύνεται για το μεγαλύτερο τμήμα της υποβάθμισης της ατμοσφαιρικής ποιότητας.

1.5.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΡΓΩΝ ΑΠΕ

1.5.1.1 Αιολικά Πάρκα

Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μία περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες του πλανήτη σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Ο εγκλωβισμός, κατά τον Όμηρο, των ανέμων στον ασκό του Αιόλου αντιπροσωπεύει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και χρόνο που οι ίδιοι θα ήθελαν. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Είναι η εποχή που εξαπλώνονται ραγδαία τα συμβατικά καύσιμα και ο ηλεκτρισμός, ο οποίος φτάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 70, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις ΑΠΕ και την αιολική ενέργεια. Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και μεγαλύτερο μέρος του κοινού, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές με απλά υποσυστήματα που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες (Α/Γ)· μεταφορικά, πρόκειται για μικρούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με «καύσιμη ύλη» τον άνεμο. Υπάρχουν πολλά είδη Α/Γ, τα οποία κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: αφενός στις Α/Γ με οριζόντιο άξονα, ο δρομέας των οποίων είναι τύπου έλικος και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται παράλληλα προς τον άνεμο και αφετέρου τις Α/Γ με κατακόρυφο άξονα που παραμένει σταθερός. Το αιολικό πάρκο είναι ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούμενο από συστοιχίες

ανεμογεννητριών. Η θέση που μπορεί να φιλοξενηθεί, θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από αξιόλογο αιολικό δυναμικό, δηλαδή μεγάλη διάρκεια και μέση ή μεγάλη ένταση ανέμων.

1.5.1.2 Μικρά υδροηλεκτρικά έργα

Η υδραυλική ενέργεια, η ενέργεια του νερού, είναι μια ανανεώσιμη, και αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας που υπηρέτησε και υπηρετεί τον άνθρωπο στο δρόμο της ανάπτυξης. Πολυάριθμοι υδραυλικοί τροχοί, νερόμυλοι, δριστέλλες, υδροτριβεία, πριονιστήρια, κλωστοϋφαντουργεία και άλλοι μηχανισμοί υδροκίνησης συνεχίζουν ακόμη και σήμερα να χρησιμοποιούν τη δύναμη του νερού, συμβάλλοντας σημαντικά στην πρόοδο της τοπικής οικονομίας πολλών περιοχών, με απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Με βάση την ισχύουσα νομοθεσία στην Ελλάδα, ως μικρά υδροηλεκτρικά έργα (μΥΗΕ) ορίζονται αυτά με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη από 15 MWe. Η ονομαστική ισχύς ενός μΥΗΕ και η ηλεκτρική ενέργεια του παράγει είναι ανάλογη της παροχής του νερού που περνά μέσα από τον υδροστρόβιλο και της υψομετρικής διαφοράς που διανύει το νερό από την υδροληψία του μέχρι την εκμετάλλευσή του. Στην πλειονότητά τους, τα μΥΗΕ συνδέονται στο τοπικό δίκτυο στη μέση τάση (20 kV), το οποίο είτε επεκτείνεται για να προσεγγίσει το έργο είτε αναβαθμίζεται τοπικά για να μπορεί να μεταφέρει την επιπλέον ισχύ. Το μήκος του δικτύου μέσης τάσης που απαιτείται συνήθως να κατασκευαστεί ή να αναβαθμιστεί κυμαίνεται από 1 έως και 15 - 20 km.

1.5.1.3 Γεωθερμία

Γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και κάτω από κατάλληλες γεωτεκτονικές συνθήκες φθάνει στην επιφάνεια της γης με τη μορφή ατμού, ζεστού νερού, ή μίγματος ατμού και ζεστού νερού. Ως γεωθερμικό δυναμικό, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, νοείται το σύνολο των γηγενών φυσικών ατμών, των θερμών νερών, επιφανειακών ή υπογείων, και της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών που υπερβαίνουν τους είκοσι πέντε βαθμούς Κελσίου (25 °C). Γεωθερμικό πεδίο, σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία είναι ο ενιαίος μεταλλευτικός χώρος μέσα στον οποίο εντοπίζεται αυτοτελές γεωθερμικό δυναμικό. Τα γεωθερμικά πεδία ανάλογα με την θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών (ή ισοδύναμα, ανάλογα με την ενθαλπία τους) κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες. Στα γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας, όταν η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών κυμαίνεται από 25 μέχρι και 90 °C, και στα γεωθερμικά πεδία υψηλής

θερμοκρασίας, όταν η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών υπερβαίνει τους 90 °C.

1.5.1.4 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν άμεσα την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και στη χώρα μας κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα τόσο κατά τη καλοκαιρινή όσο και κατά την χειμερινή περίοδο. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες, οι οποίοι συνδυάζονται σε γεννήτριες, δηλαδή ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, και μονάδες αποθήκευσης όταν πρόκειται για αυτόνομα συστήματα. Οι σημερινές αποδόσεις των φωτοβολταϊκών συστημάτων κυμαίνονται μεταξύ 5% και 17%, ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής των συλλεκτών, η οποία μπορεί να είναι πολυκρυσταλλική, μονοκρυσταλλική ή άμορφη. Η τελευταία συνοδεύεται από τις μικρότερες αποδόσεις αλλά από το σαφώς χαμηλότερο κόστος.

1.5.1.5 Βιομάζα

Ως βιομάζα νοείται η ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που προέρχεται από οργανική ύλη. Αυτή η οργανική ύλη περιλαμβάνει το ξύλο, τα υπολείμματα από αγροτικές και δασικές δραστηριότητες, τα υπολείμματα από τις αγροτικές βιομηχανίες, τα προϊόντα ενεργειακών καλλιεργειών, καθώς και κάθε άλλο υλικό που διαθέτει οργανικό φορτίο, όπως είναι τα υπολείμματα κτηνοτροφικών μονάδων και η ιλύς από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού. Σκοπός της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ανάλογα με την εκάστοτε διαθέσιμη πρώτη ύλη επιλέγεται και η κατάλληλη διεργασία για τη βέλτιστη ενεργειακή της αξιοποίηση. Οι διεργασίες που είναι διαθέσιμες για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις θερμοχημικές και τις βιοχημικές. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την καύση, την αεριοποίηση και την πυρόλυση. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει την αναερόβια χώνευση και την αλκοολική ζύμωση. Από τις παραπάνω διεργασίες, οι πιο ώριμες τεχνολογικά, και για το λόγο αυτό συχνότερα χρησιμοποιούμενες ,είναι η καύση και η αξιοποίηση του βιοαερίου που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση.

1.5.1.6 Θαλάσσια ενέργεια

Η ενέργεια της θάλασσας λαμβάνει κυρίως τη μορφή των κυμάτων, της παλίρροιας και της θερμότητάς της. Παρότι υπάρχει σχεδόν παντού, δεν υφίστανται

εκμεταλλεύσιμα στοιχεία καταγραφής του ενεργειακού δυναμικού της θάλασσας στον ελλαδικό χώρο. Παράλληλα, η ενέργεια των κυμάτων είναι ουσιαστικά πολύ πιο δύσκολο να ελεγχθεί, σε σχέση με την υδραυλική ενέργεια π.χ. των ποταμών. Η εκμετάλλευσή της γίνεται με πλωτές και σταθερές κατασκευές. Οι τελευταίες έχουν τύχει αρκετών εφαρμογών σε χώρες όπως η Βρετανία, η Πορτογαλία και η Νορβηγία. Αντίθετα, οι πλωτές κατασκευές έχουν δοκιμασθεί μόνο σε πρότυπο επίπεδο, ενώ η εκμετάλλευση της παλιρροιακής ενέργειας, μέσω θαλασσίων φραγμάτων σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις, έχει προς το παρόν εγκαταλειφθεί, κυρίως ως αντιοικονομική, αλλά και διότι φαίνεται να δημιουργεί αρκετά περιβαλλοντικά προβλήματα. Η μετατροπή της ενέργειας των κυμάτων, της παλίρροιας και της θερμικής ενέργειας της θάλασσας σε εκμεταλλεύσιμη μορφή, με δυνατότητα μεταφοράς μέσω δικτύων, όπως η ηλεκτρική ενέργεια, είτε εξακολουθεί να ευρίσκεται σε νηπιακή ηλικία ή σε πρότυπο επίπεδο εφαρμογής είτε είναι τελείως ασύμφορη οικονομικά, τουλάχιστον έως σήμερα. Επί πλέον, δεν έχει εκδηλωθεί στη χώρα μας κανένα σχετικό αίτημα, ενώ σε άλλες χώρες, που υπάρχουν σχετικές διερευνητικές εφαρμογές, έχουν καταγραφεί προβληματισμοί, που καθιστούν την εκμεταλλευσιμότητά της αναποτελεσματική. Για όλους αυτούς τους λόγους, δεν κρίθηκε σκόπιμο, τουλάχιστον προς το παρόν να εξετασθούν και να διατυπωθούν κριτήρια χωροθέτησης εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ενέργειας της θάλασσας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

2.1 ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1.1 Ιστορική αναδρομή

Το 1889 η Γενική Εταιρεία Εργοληψιών κατασκεύασε στην Αθήνα την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στην ελληνική επικράτεια εγκαινιάστηκε με την ηλεκτροδότηση των ανακτόρων, ενώ πολύ σύντομα ο φωτισμός επεκτάθηκε και στο ιστορικό κέντρο της πρωτεύουσας. Δέκα χρόνια αργότερα οι πολυεθνικές εταιρείες ηλεκτρισμού έκαναν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα με την ίδρυση της Ελληνικής Ηλεκτρικής Εταιρείας, από την αμερικανική εταιρεία Thomson - Houston και τη συμμετοχή της Εθνικής Τράπεζας. Η Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία ανέλαβε την ηλεκτροδότηση κι άλλων μεγάλων ελληνικών πόλεων, με αποτέλεσμα μέχρι το 1929 να ηλεκτροδοτηθούν 250 πόλεις με πληθυσμό πάνω από 5000 κατοίκους. Στις πιο απόμακρες περιοχές, που ήταν ασύμφορο για τις μεγάλες εταιρίες να κατασκευάσουν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, την ηλεκτροδότηση αναλάμβαναν ιδιώτες ή οι αρχές τοπικής αυτοδιοίκησης.

Το 1950 υπήρχαν στη Ελλάδα 400 περίπου εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιούσαν ήταν το πετρέλαιο και ο γαιάνθρακας που εισάγονταν από το εξωτερικό, γεγονός που σε συνδυασμό με την κατάτμηση της παραγωγής εξωθούσε την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος σε τιμές τριπλάσιες ή και πενταπλάσιες απ' αυτές που ίσχυαν στις Ευρωπαϊκές χώρες, με αποτέλεσμα το ηλεκτρικό ρεύμα να αποτελεί ένα είδος πολυτελείας.

Για να εξαπλωθεί η ηλεκτρική ενέργεια ομοιόμορφα σε όλη τη χώρα και για να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά τόσο στη βιομηχανία όσο και στην ύπαιθρο, έπρεπε να αξιοποιηθούν οι εγχώριοι πλουτοπαραγωγικοί πόροι. Η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας απαιτούσε ωστόσο τεράστιες επενδύσεις, που δεν μπορούσαν να πραγματοποιηθούν από τους μεμονωμένους βιομηχάνους παραγωγής ενέργειας, με αποτέλεσμα να ενοποιηθεί η παραγωγή σε ενιαίο διασυνδεδεμένο δίκτυο, ώστε τα φορτία να επιμερίζονται σε εθνική κλίμακα, ενώ ήταν σαφές ότι η ύπαρξη ενιαίου φορέα θα επέτρεπε τον επιμερισμό του κόστους ανάμεσα στις κερδοφόρες και ζημιογόνες περιοχές. Έτσι τον Αύγουστο του 1950 ιδρύθηκε η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) με σκοπό τη χάραξη και εφαρμογή μιας εθνικής ενεργειακής πολιτικής.

Αμέσως με την ίδρυσή της, η ΔΕΗ στράφηκε προς την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας και την ενοποίηση των δικτύων σε ένα εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα, ενώ κύρια μέριμνά της αποτελούσε η ασφαλής και επαρκής ηλεκτροδότηση των απομακρυσμένων περιοχών από τα νησιά έως τους απόμακρους ορεινούς οικισμούς. Τα πλούσια λιγνιτικά κοιτάσματα του ελληνικού υπεδάφους που είχαν εντοπισθεί, άρχισαν να εξορύσσονται και να χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη στις λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής. Παράλληλα, η ΔΕΗ ξεκίνησε την αξιοποίηση της δύναμης των υδάτων με την κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών στα μεγάλα ποτάμια της χώρας, ενώ το 1956, αποφασίστηκε η εξαγορά όλων των ιδιωτικών και δημοτικών επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να υπάρχει ένας ενιαίος φορέας διαχείρισης.

Ανάλογη κατάσταση επικρατούσε το ίδιο χρονικό διάστημα και στην Ευρώπη με την πλειοψηφία των κυβερνήσεων να ενθαρρύνουν τη δημιουργία ισχυρών, ιδιωτικών και κυρίως κρατικών μονοπωλίων τα οποία αναλάμβαναν την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μία ευρεία γεωγραφική ζώνη και σε πολλές περιπτώσεις σε ολόκληρη την επικράτεια της χώρας, μία πολιτική που κυριάρχησε μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Παρόλα αυτά οι αλλαγές στους στόχους της ενεργειακής πολιτικής που ακολούθησαν τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του 1970, δημιούργησαν τους πρώτους προβληματισμούς σχετικά με την αποτελεσματικότητα των δημοσίων μονοπωλίων.

Εν συνεχεία, παρουσιάζεται η υπάρχουσα κατάσταση των συμβατικών παραγωγών ενέργειας τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα.

2.1.2 Υπάρχουσα κατάσταση στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Στη διευρυμένη Ευρωπαϊκή Ένωση των 25 κρατών μελών η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε το 2005 σε 3039 TWh από μια εγκατεστημένη ισχύ σταθμών παραγωγής της τάξης 725000 MW. Περίπου το 27% της παραχθείσης ενέργειας προήλθε από πυρηνικούς αντιδραστήρες, το 33% από καύση άνθρακα και λιγνίτη, το 19% από καύση φυσικού αερίου, ενώ το 14% από ανανεώσιμες πηγές (περιλαμβανομένης και της υδροηλεκτρικής που συνεισφέρει κατά 11% περίπου). Η χρήση του πετρελαίου για παραγωγή ενέργειας μειώνεται συνεχώς, με αποτέλεσμα να συμβάλλει το 2005 λιγότερο από 6% στην συνολική παραγωγή.

Μεταξύ των κρατών μελών υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις. Έτσι για παράδειγμα η Γαλλία παράγει περίπου το 75% της ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικούς αντιδραστήρες, η Πολωνία άνω του 90% από άνθρακα και λιγνίτη, ενώ στην Αυστρία, στην Σουηδία και την Λετονία περίπου το 50% προέρχεται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

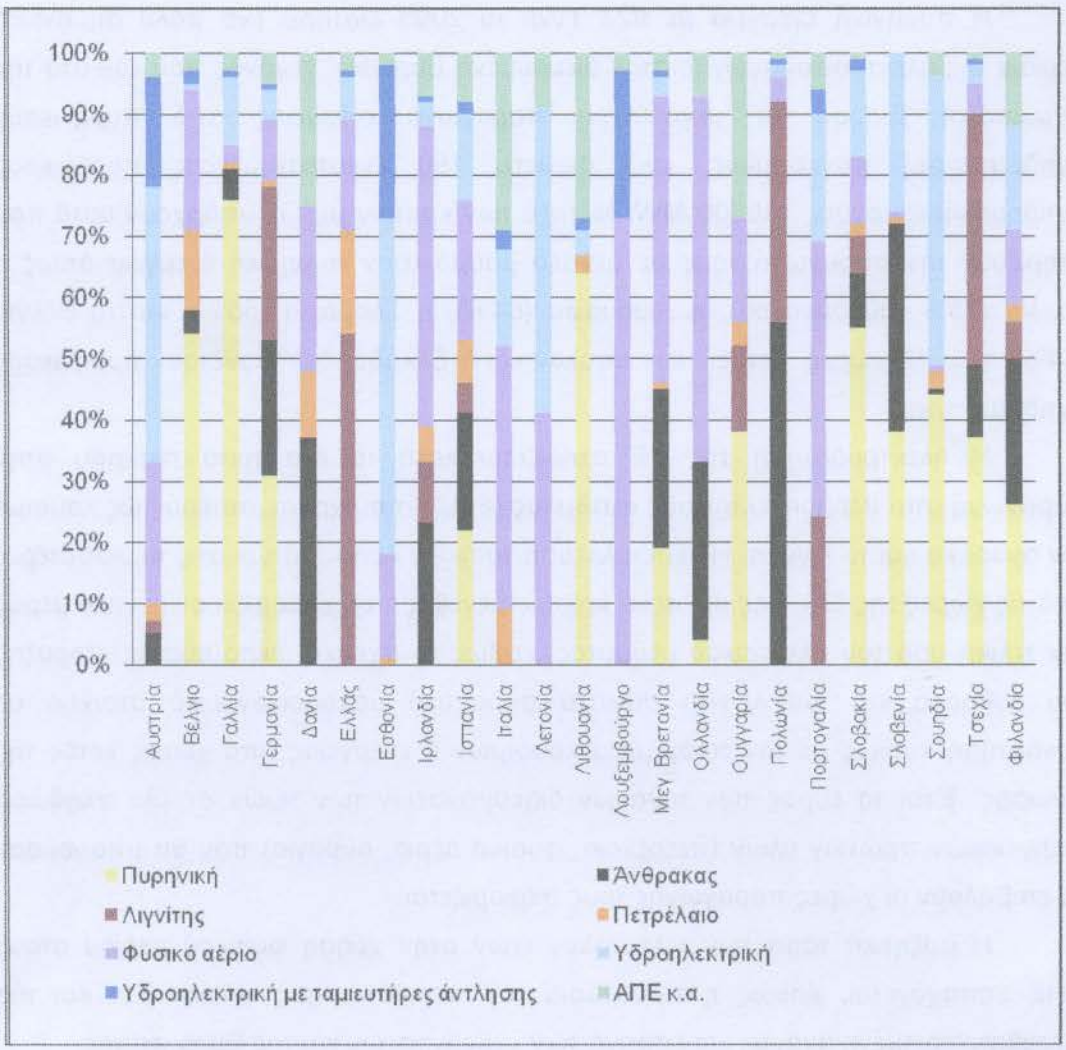
Η πυρηνική ενέργεια με 923 TWh το 2005 διατηρεί ένα πολύ σημαντικό μερίδιο της ηλεκτροπαραγωγής στην διευρυμένη Ευρώπη, γεγονός που καθιστά την Ευρωπαϊκή Ένωση τη μεγαλύτερη παραγωγό ενέργειας από πυρηνικούς αντιδραστήρες παγκοσμίως, ενώ διαθέτει 150 εγκατεστημένους πυρηνικούς αντιδραστήρες ισχύος 130000 MW. Μεταξύ των κρατών μελών υπάρχουν αυτά που στηρίζουν την παραγωγή τους σε μεγάλο βαθμό στην πυρηνική ενέργεια όπως η Γαλλία (75% του συνόλου), η Λιθουανία (64%), η Σλοβακία (55%), και το Βέλγιο (54%), ενώ 12 χώρες, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, δεν διαθέτουν πυρηνικούς αντιδραστήρες.

Η ηλεκτροδότηση της ΕΕ στηρίζεται κατά το ένα τρίτο περίπου στην παραγωγή από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς (ΘΗΣ), που χρησιμοποιούν ως καύσιμο τον άνθρακα και το λιγνίτη. Η εκμετάλλευση τοπικών κοιτασμάτων στις περισσότερες από τις χώρες της Ένωσης αποτελεί κρίσιμο μέγεθος που καθορίζει σε μεγάλο μέρος την τελική τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος, καθώς το σχετικά μικρό κόστος εξόρυξης του άνθρακα και του λιγνίτη συνιστά σημαντικό μακροοικονομικό στοιχείο σε συνάρτηση κυρίως με την προμήθεια καυσίμων ή ενέργειας από χώρες εκτός της Ένωσης. Έτσι το εύρος των πιθανών διακυμάνσεων των τιμών σε μία πληθώρα ενεργειακών πρώτων υλών (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ουράνιο) που θα μπορούσαν να επιβάλουν οι χώρες παραγωγής τους περιορίζεται.

Η αυξητική τάση των τελευταίων ετών στην χρήση φυσικού αερίου στους ΘΗΣ επιταχύνεται, καθώς η προστασία του περιβάλλοντος γίνεται όλο και πιο συνειδητοποιημένη ανάγκη και επιταγή των κυβερνήσεων και της Ευρωπαϊκής

Επιτροπής. Έτσι για παράδειγμα στην Ολλανδία άνω του 60% της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από φυσικό αέριο υποκαθιστώντας τον άνθρακα που συνεισέφερε άνω του 80% στην δεκαετία του '80.

Το υδάτινο δυναμικό αξιοποιείται σε όλες σχεδόν τις χώρες της Ένωσης με κορυφαίες βέβαια αυτές στις οποίες η γεωμορφολογία και οι κλιματικές συνθήκες δίνουν συγκριτικό πλεονέκτημα. Αναλυτικά ο τρόπος παραγωγής ανά κράτος μέλος φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.

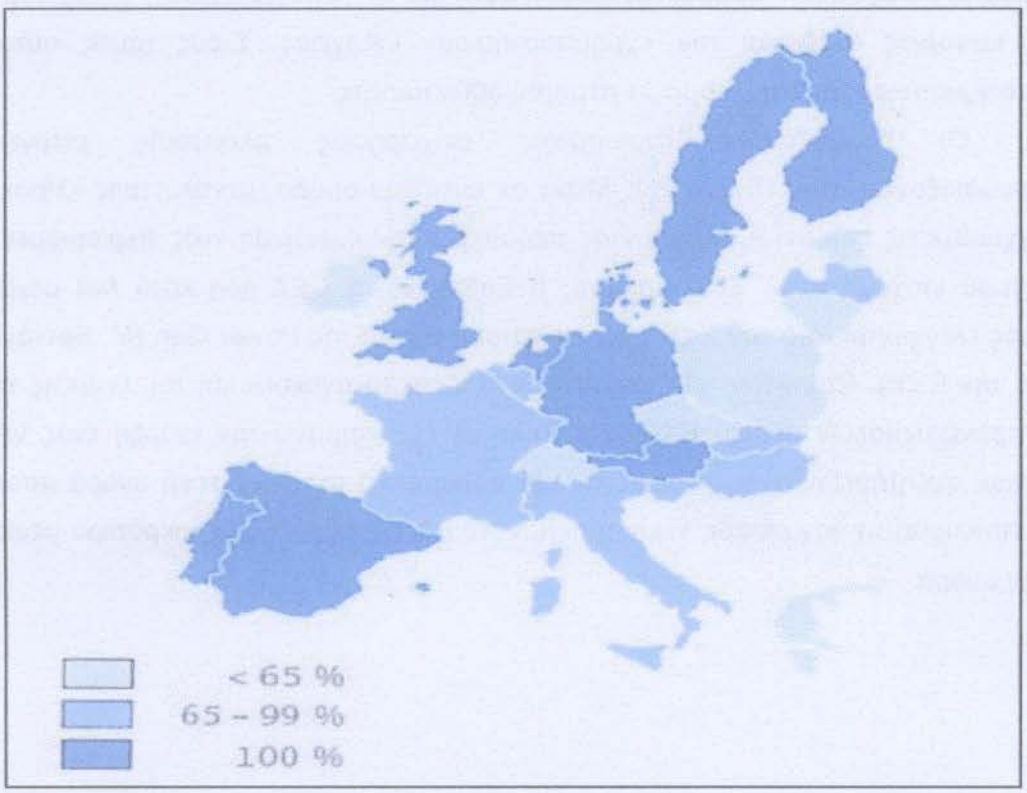


Εικόνα 2.1: Κατανομή ενεργειακών πόρων ηλεκτροπαραγωγής στην ΕΕ-25. **Πηγή:** Europrog 2005

Τα νέα δεδομένα στο ενεργειακό τοπίο (αυξημένο ποσοστό εξωτερικής ενεργειακής εξάρτησης, κλιματική αλλαγή) οδήγησαν στη θέσπιση του νομικού πλαισίου για τη δημιουργία μίας ισχυρής εσωτερικής αγοράς ενέργειας, εντός του οποίου η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προώθησε το 1992 δύο προτάσεις στο Συμβούλιο ώστε να θεσπιστούν κοινοί κανόνες λειτουργίας της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου. Όσον αφορά στον ηλεκτρισμό, η πρώτη οδηγία (96/92/ΕΚ) υιοθετήθηκε το 1996. Ωστόσο, η εξέλιξη της αγοράς, οι επιλογές που έκαναν τα κράτη μέλη και οι δυσκολίες οι οποίες επισημάνθηκαν στις συγκριτικές εκθέσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, οδήγησαν στην τροποποίηση της Οδηγίας 96/92/ΕΚ, με τη νέα οδηγία (2003/54/ΕΚ) η οποία υιοθετήθηκε τον Ιούνιο 2003. Η νέα οδηγία επέκτεινε την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε όλους τους μη οικιακούς καταναλωτές μέχρι τον Ιούλιο 2004 και σε όλους τους πελάτες μέχρι τον Ιούλιο 2007. Η νέα οδηγία συνοδεύεται από τον κανονισμό περί του διασυνοριακού

εμπορίου (1228/2003), ο οποίος καθιερώνει κοινούς κανόνες για το διασυνοριακό εμπόριο ηλεκτρικής ενέργειας και έχει άμεση ισχύ από την 1η Ιουλίου 2004.

Στους κόλπους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, όπου ο Λετονός επίτροπος ενέργειας Andris Piebgals (που διαδέχθηκε την Loyola de Palacio) υπό την προεδρία του Jose Manuel Barroso, ως πρωτεύων στόχος εξακολουθεί να τίθεται η απελευθέρωση της εσωτερικής αγοράς, καθώς 18 από τα κράτη μέλη καθυστερούν στην αφομοίωση των στόχων της οδηγίας 2003/54/EC, ενώ εξετάζεται και η περίπτωση έκδοσης και τρίτης οδηγίας σχετικά με την αγορά ενέργειας που κυρίως θα αναφέρεται στις δυσκολίες που προκύπτουν από τα διαφορετικά ιδιοκτησιακά καθεστώτα των δικτύων διανομής στα κράτη μέλη. Στο Σχήμα 2.2 φαίνεται ο βαθμός απελευθέρωσης της εσωτερικής αγοράς ανά κράτος μέλος.



Εικόνα 2.2: Βαθμός απελευθέρωσης της εσωτερικής αγοράς στην ΕΕ. **Πηγή:** *RWE Power*

Οι καθυστερήσεις αυτές γίνονται κατανοητές αν αναλογιστεί κανείς ότι στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, όπως και στην Ελλάδα, η δομή της αγοράς της ενέργειας ήταν μονοπωλιακή και ως επί το πλείστον ελεγχόμενη από δημόσιες επιχειρήσεις. Ενδιαφέρουσα εξαίρεση αποτελούσε η Γερμανία, όπου πριν την απελευθέρωση, δραστηριοποιούνταν 55 εταιρείες παραγωγής (με εγκατεστημένη ισχύ άνω των 1000 MW), 8 μεγάλες επιχειρήσεις με δίκτυο παραγωγής και διανομής, 70 τοπικές εταιρίες διανομής, 25 μεγάλα αστικά συγκροτήματα παραγωγής και

διάθεσης υπηρεσιών κοινής ωφέλειας (που παρείχαν ηλεκτρική ενέργεια, νερό, αέριο κλπ), καθώς και 700 μεσαίες και μικρότερες δημοτικές επιχειρήσεις υπηρεσιών κοινής ωφέλειας. Η εξέλιξη μετά την απελευθέρωση ήταν ραγδαία με τη συγκέντρωση του μεγαλύτερου μεριδίου της αγοράς παραγωγής και διανομής σε τέσσερα υπερτοπικά συγκροτήματα που απορρόφησαν μεγάλο ποσοστό των μικρότερων εταιρειών. Οι τέσσερις μεγάλες εταιρείες, R.W.E., E.ON, EnBW (γαλλικών συμφερόντων) και Vattefall (σουηδικών συμφερόντων) είναι πολυεθνικοί οργανισμοί με συμμετοχές σε πολλές χώρες εντός και εκτός Ευρώπης, και διαμορφώνουν μια τάση περαιτέρω διεθνοποίησης και συγκέντρωσης της ευρωπαϊκής αγοράς στα χέρια των ισχυρών παικτών. Νέοι επιχειρηματικοί τομείς (διαχείριση ενέργειας, ενεργειακή λογιστική, ενεργειακή επιθεώρηση, εταιρείες παροχής ενεργειακών υπηρεσιών) προέκυψαν με την απελευθέρωση στους τομείς της εμπορίας αλλά και του «χρηματιστήριου» ενέργειας. Στους τομείς αυτούς δραστηριοποιούνται στη Γερμανία περίπου 300 εταιρείες.

Οι δεσπόζουσες ευρωπαϊκές επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1. Μέσα σε αυτή την ομάδα, μεγαλύτερης κλίμακας συγχωνεύσεις επίκεινται, αυξάνοντας περαιτέρω την κυριαρχία ενός περιορισμένου αριθμού επιχειρήσεων. Συγκεκριμένα, η EnBW και η CEZ ήδη κατά ένα μεγάλο μέρος ελέγχονται από την EdF, ενώ επίκειται η αγορά της Power Gen (Μ. Βρετανία) από την E.ON. Επιπλέον, στη Γερμανία η πρόσφατη ανακοίνωση της έναρξης των διαπραγματεύσεων μεταξύ E.ON και Ruhrgas έχει σημάνει την έναρξη ενός νέου κύκλου συζητήσεων σχετικά με το αν μία πραγματικά ανταγωνιστική αγορά μπορεί να επιτευχθεί με την είσοδο νέων παικτών που διαθέτουν σαφώς μικρότερο μερίδιο στην αγορά.

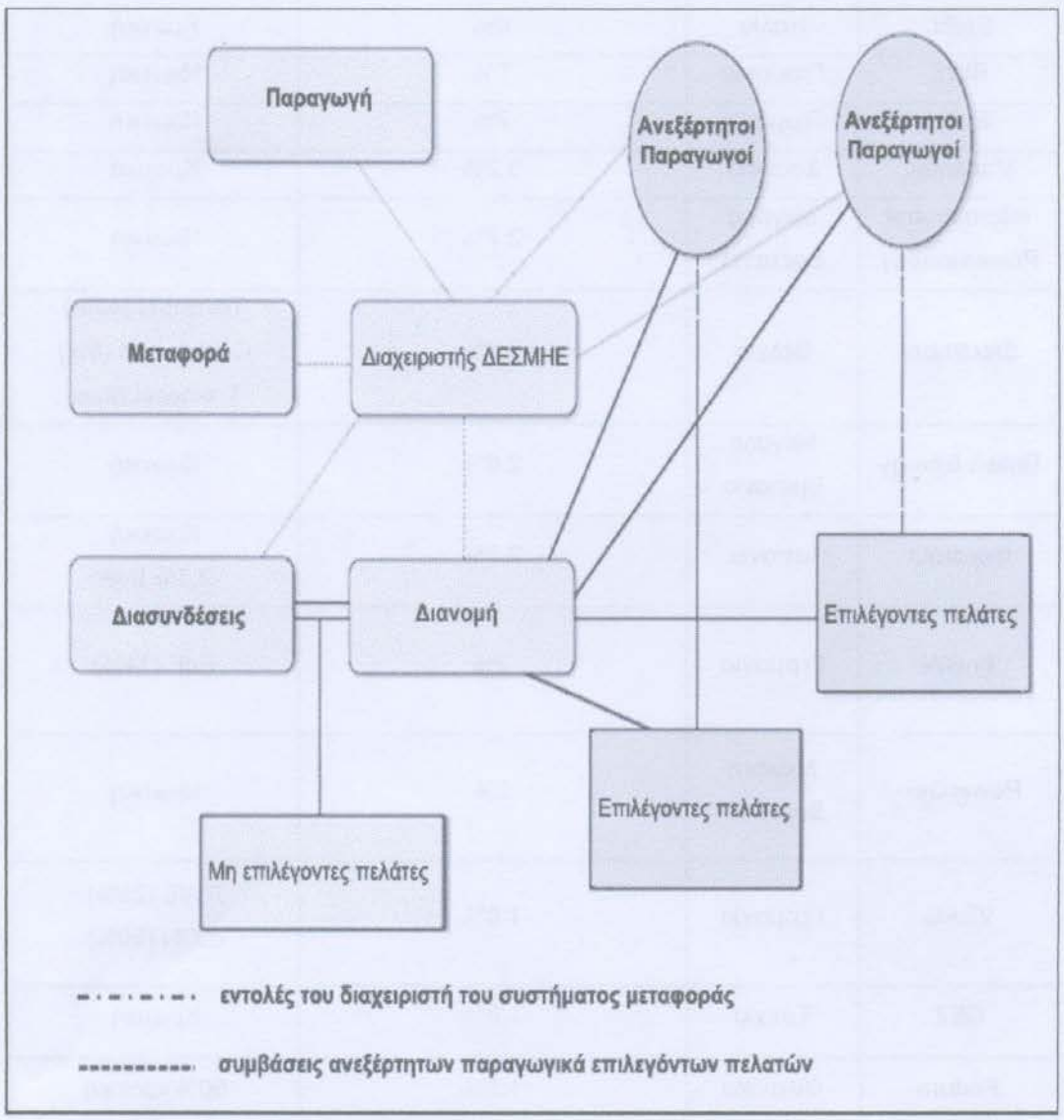
Πίνακας 2.1: Κυρίαρχες εταιρείες ηλεκτρισμού στην Ε.Ε.

Εταιρεία	Χώρα	Μερίδιο στην αγορά της Ε.Ε.	Καθεστώς ιδιοκτησίας
EdF	Γαλλία	17%	Κρατική
ENEL	Ιταλία	8%	Κρατική
RWE	Γερμανία	7%	Ιδιωτική
E.ON	Γερμανία	7%	Ιδιωτική
Vattenfall	Σουηδία	3,2%	Κρατική
International Power/Innogy	Μεγάλη Βρετανία	2,7%	Ιδιωτική
Electrabel	Βέλγιο	2,7%	Tractebel (40%) Communes (5%) Tractebel Suez
British Energy	Μεγάλη Βρετανία	2,6%	Ιδιωτική
Iberdrola	Ισπανία	2,3%	Ιδιωτική 2,3% EdP
EnBW	Γερμανία	2%	EdF (34%)
PowerGen	Μεγάλη Βρετανία	2%	Ιδιωτική
VEAG	Γερμανία	1,8%	RWE (25%) E.ON (50%)
CEZ	Τσεχία	1,8%	Κρατική
Fortum	Φιλανδία	1,8%	50% κρατική

Πηγή: *ΔΕΣΜΗΕ, 2006*

2.1.3 Υπάρχουσα κατάσταση στην Ελλάδα

Η υπάρχουσα κατάσταση στην ελληνική αγορά ενέργειας μετά την απελευθέρωσή της απεικονίζεται στο Σχήμα 2.3.



Εικόνα 2.3: Δομή της ελληνικής αγοράς ενέργειας μετά την απελευθέρωση. **Πηγή:** *IEA*

Μέχρι το 2002 η ΔΕΗ διατηρούσε το μονοπώλιο στην παραγωγή με συνολικά 23 σταθμούς παραγωγής στο διασυνδεδεμένο δίκτυο της ηπειρωτικής Ελλάδας. Ωστόσο, οι νέες επικρατούσες τάσεις και δεσμεύσεις που έχει αναλάβει η χώρα σε κοινοτικό επίπεδο σχετικά με το άνοιγμα της αγοράς ενέργειας, άλλαξαν τα ενεργειακά δεδομένα. Παρά το χαμηλό ρυθμό των αλλαγών, η απελευθερωμένη ελληνική αγορά ενέργειας όταν πραγματοποιηθεί θα έχει μία τελείως διαφορετική εικόνα από τη σημερινή, καθώς ήδη προσελκύει μεγάλες διεθνείς εταιρείες ικανές να

αποτελέσουν σοβαρή απειλή για τις κυρίαρχες Ελληνικά Πετρέλαια, ΔΕΗ και ΔΕΠΑ.

Έτσι, παρά το γεγονός ότι η ΔΕΗ παράγει ακόμα ποσοστό της τάξης του 92% της συνολικής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, ήδη στο χώρο δραστηριοποιούνται αρκετοί νέοι παίκτες είτε ως αυτοπαραγωγοί είτε ως συμπαραγωγοί. Συνολικά, η ικανότητα των ανεξάρτητων παραγωγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των αγωγών διασύνδεσης, είναι σήμερα στο 20% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγικής ισχύος της ηπειρωτικής χώρας, σε όρους καθαρής ισχύος, ενώ η ικανότητα κάλυψης της αγοράς (θερμικές μονάδες παραγωγής, αγωγοί διασύνδεσης που χρησιμοποιούνται για τις εισαγωγές) φθάνει ίσως το 10%.

Το άνοιγμα της αγοράς συνοδεύεται και από τη δημιουργία ισχυρών διεθνών συμμαχιών όπως αυτών της Enelco στην οποία συμμετέχουν η ιταλική Enel και η Προμηθέας Gas (συμφερόντων του ομίλου Κοπελούζου και της Gazprom), του ομίλου Μυτιληναίου με την ισπανική Endesa, της Motor-oil με την ισπανική Iberdrola, ή της Βιομηχανίας Φωσφορικών Λιπασμάτων με τον γαλλικό κολοσσό EdF. Αυτοτελώς έχουν ήδη εισέλθει στην αγορά ο όμιλος των ΕΛΠΕ με την μονάδα στη Θεσσαλονίκη (Ενεργειακή Θεσσαλονίκης ΑΕ), και οι ισχυροί όμιλοι των τεχνικών εταιρειών ΤΕΡΝΑ-ΓΕΚ (Ήρων Θερμοηλεκτρική ΑΕ) και Ελληνικής Τεχνοδομικής (Ηλεκτροπαραγωγή Θίσβης Α.Ε.) με σταθμούς παραγωγής στην Βοιωτία. Οι ήδη αδειοδοτηθέντες σταθμοί παραγωγής (που ως πρωτογενή πηγή ενέργειας έχουν το φυσικό αέριο) φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2.2: Αδειοδοτημένες μονάδες παραγωγής συμβατικών καυσίμων.

Παραγωγός	Θέση	Ισχύς (σε MW)
EdF – HE&D – ΒΦΛ	Νέα Καρβάλη	440
Enelco A.E.	Λιβαδειά	360
Enelco A.E.	Τραϊανούπολη Έβρου	360
Α.Ε. Τσιμέντων Τιτάν	Καμάρι Βοιωτίας	120
Αθηνά ΑΕΤΒ & ΤΕ	Νεοχωράκια Βοιωτίας	100
Αλουμίνιον της Ελλάδος ΒΕΑΕ	Αγ. Νικόλαος Βοιωτίας	334
Ενεργειακή Θεσσαλονίκης Α.Ε.	Διαβατά Θεσσαλονίκης	390
ΕΛΒΑΛ Α.Ε.	Οινόφυτα Βοιωτίας	40
Ηλεκτροπαραγωγή Θίσβης Α.Ε.	Θίσβη Βοιωτίας	421,6
Ήρων Θερμοηλεκτρική Α.Ε.	Θήβα	400
Κόρινθος Power Α.Ε.	Αγ. Θεόδωροι Κορινθίας	395,9
Μυτιληναίος Α.Ε.	Αγ. Νικόλαος Βοιωτίας	412
Μυτιληναίος Α.Ε.	Διμηνιό Μαγνησίας	400

Πηγή: *ΔΕΣΜΗΕ, 2006*

Οι συμβατικοί παραγωγοί στοχεύουν σε αύξηση του μεριδίου συμμετοχής τους στο επερχόμενο ανταγωνιστικό πλαίσιο της ελληνικής αγοράς. Προς την κατεύθυνση αυτή, υιοθετούν πρακτικές μεγιστοποίησης του κέρδους τους προσαρμοσμένες στα νέα ενεργειακά δεδομένα, όπως η ενεργοποίηση τους στην αγορά εκπομπών άνθρακα, η χρήση τεχνολογιών βελτίωσης της αποδοτικότητας του ενεργειακού τους εξοπλισμού και η ανάδειξη του εταιρικού τους προφίλ με συμμετοχή σε προγράμματα ενεργειακής διαχείρισης, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο πρόσφορο έδαφος για την εφαρμογή των εργαλείων εξοικονόμησης ενέργειας που προωθεί η πολιτεία.

2.2 ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Η κατανεμημένη παραγωγή αποτελεί μια νέα ιδέα στην οικονομική βιβλιογραφία της αγοράς του ηλεκτρισμού, αλλά στην πραγματικότητα ως ιδέα είναι κάθε άλλο παρά καινούργια. Όταν η ηλεκτρική παραγωγή βρισκόταν σε εμβρυακό στάδιο, η κατανεμημένη παραγωγή ήταν ο κανόνας και όχι η εξαίρεση. Τα πρώτα εργοστάσια παραγωγής ισχύος παρείχαν ηλεκτρισμό σε φορτία-πελάτες που βρίσκονταν σε μικρή ακτίνα από αυτούς.

Τα πρώτα ηλεκτρικά δίκτυα ισχύος (grids[1]) ήταν συνεχούς ρεύματος (Direct Current, DC), οπότε η τάση παροχής ήταν σχετικά περιορισμένη, όπως και η απόσταση μεταξύ σταθμού παραγωγής και καταναλωτή. Η εξισορρόπηση ζήτησης και προμήθειας υλοποιούταν μερικώς με τη χρήση τοπικής αποθήκευσης ενέργειας, όπως για παράδειγμα με τη χρήση συσσωρευτών οι οποίοι είχαν τη δυνατότητα άμεσης ηλεκτρικής σύνδεσης με το DC δίκτυο ισχύος. Παράλληλα, με τη μικρής κλίμακας παραγωγή, επιστρέφουν στο προσκήνιο και οι μονάδες τοπικής αποθήκευσης [*Dondi P. et al., 2002*].

Με το πέρασμα του χρόνου, τεχνολογικές εξελίξεις, όπως η εμφάνιση των δικτύων ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος (Alternate Current, AC), έδωσαν ώθηση στην ανάπτυξη του τομέα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, επιτρέποντας την μεταφορά του ηλεκτρισμού σε μεγάλες πλέον αποστάσεις. Η πρώτη εγκατάσταση διανομής ηλεκτρικής ενέργειας έγινε από τον Thomas Edison με τη χρησιμοποίηση τάσεως 60 V η οποία αργότερα αυξήθηκε [*Μήλιας- Αργείτης Ι. (2), 1993*]. Επιπλέον, οι οικονομίες κλίμακας[2] στην παραγωγή ηλεκτρισμού οδήγησαν σε μια αύξηση της παραγόμενης ισχύος των εργοστασίων, καθώς και στη μείωση του κόστους ανά μονάδα.

[1] grids (electric power networks) : δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας

[2] οικονομίες κλίμακας: μια επιχείρηση επιτυγχάνει οκονομίες κλίμακας όταν αυξάνοντας την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος μειώνεται το κόστος παραγωγής.

Κατασκευάστηκαν μαζικά ηλεκτρικά συστήματα, που συνίστατο από τεράστια δίκτυα μεταφοράς και διανομής, καθώς και μεγάλους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ισορροπία προσφοράς και ζήτησης επιτεύχθηκε από τη μέση επίδραση του συνδυασμού μεγάλων ποσοτήτων ακαριαία μεταβαλλόμενων φορτίων. Η ασφάλεια της παροχής αυξήθηκε αφού, η μερική ή πλήρης ανεπάρκεια κάποιας μονάδας παραγωγής σε ένα χρονικό διάστημα αντισταθμίστηκε από τις υπόλοιπες μονάδες παραγωγής εντός του διασυνδεδεμένου συστήματος. Στην πραγματικότητα, αυτή η διασύνδεση του συστήματος υψηλής τάσης είχε ως αποτέλεσμα να γίνει εφικτή η οικονομία κλίμακας. Την τελευταία δεκαετία, οι τεχνολογικές καινοτομίες και οι αλλαγές στο οικονομικό και στο ρυθμιστικό περιβάλλον έφεραν στο προσκήνιο την κατανεμημένη παραγωγή.

Αυτό επιβεβαιώνεται από την IEA (*International Energy Agency, 2003*) όπου παραθέτει τους πέντε βασικούς λόγους που συνετέλεσαν σ' αυτό:

- Ανάπτυξη των τεχνολογιών κατανεμημένης παραγωγής.
- Περιορισμοί στην κατασκευή νέων γραμμών μεταφοράς.
- Αυξημένη ζήτηση παροχής ηλεκτρισμού υψηλής αξιοπιστίας.
- Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- Προβληματισμοί για τις κλιματικές αλλαγές.

Η ενεργειακά απελευθερωμένη κοινή αγορά προχώρησε στις διαδικασίες φιλελευθεροποίησης του ενεργειακού τομέα με πολύ αργά βήματα, με διαφορετικά χαρακτηριστικά και σε διαφορετικούς χρόνους στις περισσότερες χώρες μέλη της ΕΕ. Όπως έγινε και σε άλλους τομείς, τα πρώτα βήματα και οι αρχικές ενέργειες για την κοινή αγορά της ενέργειας, όπως η Κοινοτικές Οδηγίες 96/92/EC και 98/30/EC αντίστοιχα, που καθορίζουν τα γενικά κριτήρια της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου, προσπαθούν να συμβιβάσουν τις ρυθμιστικές δομές των αγορών των κρατών μελών.

Παρά τις προσπάθειες τόσο σε κρατικό όσο και σε κοινοτικό επίπεδο, το ενεργειακό κόστος πέφτει και οι βελτιώσεις στην παρεχόμενη αξιοπιστία και στην αποδοτική ενεργειακή συντήρηση δεν είναι οι αναμενόμενες. Έλλειψη στην εγκατεστημένη ηλεκτρική ενέργεια σε τοπικό επίπεδο σε διάφορα μέρη στην Ευρώπη, προκαλούν τη δύσκολη αντιμετώπιση από τον ενεργειακό τομέα. Η κατάσταση δυσχεραίνεται ακόμη περισσότερο από την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση.

Ο αριθμός των διαχειριστών αγοράς (market operators) παραμένει μικρός σε πολλές χώρες, με αποτέλεσμα η κατανεμημένη παραγωγή να μην έχει πάρει τις αναμενόμενες διαστάσεις. Είναι πολλά τα εμπόδια που τίθενται στη εξάπλωση της

κατανεμημένης παραγωγής και ειδικότερα στα συστήματα ΣΗΘ. Επιγραμματικά, θα λέγαμε ότι έχουν να κάνουν με κανονιστικά και οικονομικά ζητήματα.

Έπειτα από το κοινό πλαίσιο εργασίας για την ενέργεια, είναι επιβεβλημένο να εφαρμοστούν συγκεκριμένες πολιτικές που θα οδηγήσουν στην αύξηση της αξιοπιστίας του ενεργειακού συστήματος και θα προωθήσουν «καθαρές» και αποδοτικές τεχνολογίες, με σκοπό να υπερπηδήσουν τα προαναφερθέντα εμπόδια. Όσο αφορά στη ΣΗΘ, ένα μέτρο υποστήριξης σαφώς ορισμένο χρειάζεται να τεθεί αν ληφθεί υπόψη ότι [*Cardona et al., 2005*]:

1. Για μικρές εφαρμογές ΣΗΘ στον τριτογενή τομέα, το κόστος κεφαλαίου εγκατάστασης σταθμού ΣΗΘ είναι σημαντικά υψηλότερο σε σχέση με το κόστος εγκατάστασης για ξεχωριστή παραγωγή. Έτσι, ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης είναι σύντομος μόνο εάν ο σταθμός επιτυγχάνει υψηλό χρόνο ετήσιας λειτουργίας (που συμβαίνει όταν ο ηλεκτρισμός και η θέρμανση απαιτούνται ταυτόχρονα και στους 12 μήνες το χρόνο και όταν η ζήτηση για θέρμανση είναι ομαλή).
2. Οι κύριοι μηχανισμοί εμπορίας εκπομπών και χορηγήσεων πράσινων πιστοποιητικών, δουλεύουν δύσκολα ιδιαίτερα στην Νότια Ευρώπη οπότε, τα συστήματα υψηλής απόδοσης ή οι πηγές εναλλακτικών μορφών ενέργειας βρίσκουν οριακή υιοθέτηση σε μικρές εφαρμογές.

Συνεπώς, οι ενέργειες υποστήριξης (οικονομικές και μη) είναι αναγκαίες.

Η κατανεμημένη παραγωγή είναι ουσιαστικά τόσο νέα προσέγγιση στο πεδίο της ηλεκτρικής βιομηχανίας, ώστε με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία να μην έχει δοθεί κάποιος γενικά αποδεκτός ορισμός αυτής. Έτσι, γίνεται προσπάθεια εξασφάλισης ενός κοινώς αποδεκτού ορισμού, εγχείρημα δύσκολο καθώς αποτελεί ένα πολυπαραμετρικό ζήτημα.

Οι Αγγλοαμερικανικές χώρες συχνά χρησιμοποιούν τον όρο *Embedded Generation*, με την έννοια ότι η παραγόμενη ισχύς ενός κατανεμημένου σταθμού εκτείνεται- παρέχεται σε τοπικό επίπεδο. Οι Βορειοαμερικανικές χώρες χρησιμοποιούν τον όρο *Dispersed* Generation, δηλαδή διάσπαρτη παραγωγή, ενώ στην Ευρώπη και σε κάποιες περιοχές στην Ασία χρησιμοποιείται ο όρος *Decentralized Generation*, δηλαδή αποκεντρωμένη παραγωγή. Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντάται πολύ συχνά ο όρος, όπου χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία, *Distributed Generation (DG)*, κατανεμημένη παραγωγή.

Επιπλέον, όσο αφορά στην κατάταξη των κατανεμημένων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το EPRI (Electric Power Research Institute, Ινστιτούτο Έρευνας Ηλεκτρικής Ενέργειας) ορίζει την κατανεμημένη παραγωγή ως παραγωγή "από μερικά Kilowatts έως 50 Megawatts". Το Διεθνές Συμβούλιο

Μεγάλων Ηλεκτρικών Συστημάτων (CIGRE International Council on Large Electric Systems), έχει δημιουργήσει μια ομάδα εργασίας στον τομέα της κατανεμημένης παραγωγής. Σύμφωνα με αυτή, μονάδες παραγωγής που (α) δεν υπερβαίνουν 100 MW, (β) είναι συνήθως συνδεδεμένες στο δίκτυο διανομής και (γ) η κατανομή φορτίου στις εγκαταστάσεις παραγωγής δεν γίνεται κεντρικά (not centrally dispatched[3]), συνιστούν κατανεμημένη παραγωγή [*CIGRE, 2003*]. Στον Πίνακα 2.1 ταξινομείται η κατανεμημένη παραγωγή με βάση την πηγή.

Πίνακας 2.3: Ταξινόμηση κατανεμημένης παραγωγής με βάση την CIGRE, 2003.

Ανανεώσιμη	Ορυκτό καύσιμο	Ανεκμετάλλευτη Ενέργεια	Άλλη
Ηλιακή	Συμπαραγωγή	Απορρίμματα	Συσσωρευτής
Αιολική	Αεριοστρόβιλος		
Μικρή υδροηλεκτρική	Κυψέλη καυσίμου	Βιομάζα	Σφόνδυλος

Πηγή: *CIGRE, 2003*

Λόγω επίσης των διαφορετικών κυβερνητικών ρυθμίσεων ανά χώρα, ο ορισμός για την κατάταξη κάθε κατανεμημένου σταθμού παραγωγής ποικίλει. Στον Πίνακα 2.2 αναφέρονται οι ορισμοί που προέκυψαν από τη CIRED (International Research Center on the Environment and Development,1999), στη βάση ενός ερωτηματολογίου που συμπληρώθηκε από τις χώρες μέλη.

Στην αγορά της Αγγλίας και Ουαλίας, τα εργοστάσια κατανεμημένης παραγωγής με δυναμικότητα μικρότερη από 100 MW δεν υφίστανται κεντρικό έλεγχο κατανομής φορτίου, ενώ αν η δυναμικότητα (capacity[4]) είναι μικρότερη των 50 MW, η παραγόμενη ισχύς δεν είναι υποχρεωτικό να εμπορευτεί στην χονδρική αγορά (wholesale market[5]). Ως εκ τούτου, ο όρος κατανεμημένη παραγωγή χρησιμοποιείται εξ' ορισμού για μονάδες με δυναμικότητα μικρότερη από 100 MW.

Στη Σουηδία, ο νόμος κάνει ειδική μεταχείριση σε μικρές μονάδες με μέγιστη παραγωγική δυναμικότητα τα 1500 kW. Έτσι, η κατανεμημένη παραγωγή στη Σουηδία συχνά ορίζεται ως παραγωγή ισχύος έως 1500 kW. Υπό το νομικό όμως καθεστώς της χώρας, ένα αιολικό πάρκο με 100 ανεμογεννήτριες των 1500 kW ισχύος έκαστη, νοείται ως κατανεμημένη παραγωγή, καθώς η κατάταξη κάθε μιας αιολικής ενεργειακής μονάδας, και όχι η κατάταξη του συνόλου του αιολικού πάρκου, είναι σύμφωνη με τη Σουηδική νομοθεσία. Εν αντιθέσει, για υδροηλεκτρικές μονάδες, η συνολική βαθμίδα είναι σύμφωνη με τη Σουηδική νομοθεσία. Κάποια από τα παραθαλάσσια Αιολικά πάρκα, έχουν μέγιστη δυναμικότητα μέχρι 1000 MW. Αυτά θα μπορούσανε να ενταχθούν στο νομοθετικό καθεστώς που ορίζει την κατανεμημένη

[3] not centrally dispatched: δε διανέμεται κεντρικά
[4] capacity: η δυναμικότητα ηλεκτρικής ισχύος
[5] wholesale market: χονδρική αγορά

παραγωγή, εφόσον σχεδιάζουν να εγκαταστήσουν ανεμογεννήτριες 1500 KW ισχύος [*Ackerman T. et al., 2001*].

Πίνακας 2.4: Ποιος είναι ο ορισμός που δίνετε για την διάσπαρτη παραγωγή.

ΧΩΡΑ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ
Αυστραλία	Συνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής (μέχρι 132kV), όπου παρέχεται η δυνατότητα άμεσης παροχής στο φορτίο του πελάτη.
Αυστρία	Παραγωγή συνήθως μέχρι 10MW, συνδεδεμένη στο δίκτυο μέσης τάσης.
Βέλγιο	Δεν συμπεριλαμβάνεται στην εθνική συντονισμένη παραγωγή.
Δημοκρατία Τσεχίας	Συνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής (μέχρι 110kV) και μέχρι την ανώτερη επιτρεπτή κατάταξη ισχύος.
Φιλανδία	Συνδεδεμένη σε επίπεδο τάσης από 20kV έως 0,4kV.
Γαλλία	Συνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής (μέχρι 132kV), όπου παρέχεται η δυνατότητα άμεσης παροχής στο φορτίο του πελάτη. Παραγωγή που συνδέεται στα εξής επίπεδα τάσης (0.4, 15 και 20kV).
Γερμανία	Δεν υπάρχει αυστηρός ορισμός, κυριότερες τεχνολογίες, ήλιου, ανέμου, μικρών υδροηλεκτρικών (σύνδεση μέχρι 20kV, ενώ για αιολικά πάρκα μέχρι 110 kV).
Ελλάδα	Σύνδεση στο σύστημα διανομής, όχι κεντρικά σχεδιασμένο. Η κατανομή φορτίου στις εγκαταστάσεις παραγωγής δε γίνεται κεντρικά.
Ινδία	Νέες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (σύνδεση μέχρι τα 11kV).
Ιταλία	Συνδεδεμένη στο σύστημα διανομής (από 0.4 kV έως 150 kV).
Ολλανδία	Ανήκει σε επιχείρηση δημόσιας ωφέλειας, βιομηχανία ή συνδυασμό αυτών, αλλά δε μετέχει στην βελτιστοποίηση της εθνικής παραγωγής (σύνδεση μέχρι τα 150kV).
Πολωνία	Δεν γίνεται κεντρική κατανομή φορτίου, και συνδέεται μέχρι τα 110kV.
Πορτογαλία	Όριο ισχύος τα 10MW (εκτός από CHP), Συμπαραγωγή ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Σύνδεση σε οποιοδήποτε επίπεδο τάσης.
Ισπανία	Συνδεδεμένη στο σύστημα διανομής.
Μ. Βρετανία	Συνδεδεμένη στο σύστημα διανομής (μέχρι τα 132kV), ενδεχομένως να γίνεται κεντρική κατανομή φορτίου.

Πηγή: *CIGRE, 1999*

Έτσι, κάποια κράτη ορίζουν την κατανεμημένη παραγωγή με βάση το επίπεδο τάσης, ενώ άλλα βασίζονται στην αρχή, ότι η κατανεμημένη παραγωγή συνδέεται σε κυκλώματα από τα οποία τα φορτία εξυπηρετούνται άμεσα. Υπάρχουν

και κράτη που ορίζουν την κατανεμημένη παραγωγή στηριζόμενα σε κάποια βασικά χαρακτηριστικά αυτής (για παράδειγμα, χρήση ανανεώσιμων, συμπαραγωγής, ή μη κατανομή φορτίου στις εγκαταστάσεις παραγωγής, κλπ) [*Pepermans G. et al., 2005*].

Το Ινστιτούτο των Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and electronics Engineer Inc, IEEE), καθορίζει την κατανεμημένη παραγωγή, ως παραγωγή ηλεκτρισμού από εγκαταστάσεις οι οποίες είναι σαφώς μικρότερες από τα κεντρικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι ώστε να είναι δυνατή η διασύνδεσή τους σχεδόν σε κάθε σημείο του συστήματος ισχύος. Οι *Dondi P. et al., (2002)*, ορίζουν την κατανεμημένη παραγωγή ως μικρή πηγή, ηλεκτρικής παραγωγής ενέργειας, ή αποθήκευσης (όπου τυπικά εκτείνεται από μερικά kW έως δεκάδες MW) που δεν είναι μέρος της μεγάλης κεντρικής πηγής ενέργειας, και εγκαθίσταται κοντά στο φορτίο. Επιπλέον, στον ορισμό αυτό περιλαμβάνουν και εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας, στοιχείο που δεν είναι ιδιαίτερα τυπικό στην βιβλιογραφία ενώ, αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η πηγή ενέργειας που καθορίζουν, είναι σχετικά πολύ μικρής κλίμακας συγκρινόμενη με τους ορισμούς των CIRED[6] και του Διεθνούς Συμβουλίου Μεγάλων Ηλεκτρικών Συστημάτων (CIGRE).

Ίσως να ήταν σκόπιμο να εξετασθεί τι δεν είναι κατανεμημένη παραγωγή. Με βάση αυτό το σκεπτικό, σχετικά με τον ορισμό της Ομάδας εργασίας του CIGRE, που παρουσιάστηκε νωρίτερα, φαίνεται ότι οι μονάδες κατανεμημένης παραγωγής δεν υφίστανται έλεγχο από το διαχειριστή του δικτύου μεταφοράς. Έτσι, μονάδες παραγωγής που κατασκευάζονται από τον διαχειριστή του δικτύου μεταφοράς ως υποκατάστατο της επέκτασης του δικτύου ισχύος και υπακούουν σε μέτρα εφαρμογής για κατανομή φορτίου δεν θεωρούνται ότι κατατάσσονται στην κατανεμημένη παραγωγή.

Είναι σαφές λοιπόν ότι υπάρχουν πολλοί ορισμοί για την κατανεμημένη παραγωγή, επιτρέποντας την υιοθέτηση ενός ευρύτερου φάσματος πιθανών σχημάτων παραγωγής. Κάποιοι ορισμοί επιτρέπουν τη σύνδεση μονάδων συμπαραγωγής μεγαλύτερης κλίμακας, ή μεγάλων αιολικών πάρκων στο δίκτυο μεταφοράς ισχύος, ενώ άλλοι εστιάζονται σε μικρής κλίμακας μονάδες παραγωγής που συνδέονται στο δίκτυο διανομής ισχύος.

Από όλους αυτούς τους ορισμούς αφήνεται να εννοηθεί ότι τουλάχιστο οι μικρής κλίμακας μονάδες παραγωγής που συνδέονται στο δίκτυο διανομής ισχύος πρέπει να θεωρούνται μέρος της κατανεμημένης παραγωγής (Κριτήριο 1). Επιπλέον, οι μονάδες παραγωγής που εγκαθίστανται κοντά στο φορτίο ή στην πλευρά του πελάτη-μετρητή μπορούνε να αναγνωριστούν ως μονάδες κατανεμημένης παραγωγής (Κριτήριο 2). Το τελευταίο κριτήριο επικαλύπτει μερικώς το πρώτο

[6] CIRED (International Electricity Conference & Exhibition): Διεθνές Συνέδριο Ηλεκτρισμού & Έκθεσης

καθώς, οι περισσότερες μονάδες παραγωγής που είναι εγκατεστημένες στον μετρητή, είναι επίσης συνδεδεμένες στο δίκτυο διανομής. Εντούτοις, το τελευταίο κριτήριο μπορεί να συμπεριλάβει και μεγαλύτερες μονάδες, εγκατεστημένες στην πλευρά του πελάτη, αλλά συνδεδεμένες στο δίκτυο μεταφοράς ισχύος [*Pepermans G. et al., 2005*].

Τα παραπάνω οδηγούν στον ορισμό που συμφωνεί με των [*Ackerman T. et al., 2001*]. Σύμφωνα με αυτόν, η κατανεμημένη παραγωγή καθορίζεται με βάση τη φύση σύνδεσής της στο δίκτυο, παρά με την δυναμικότητα παραγωγής. Ορίζεται πηγή κατανεμημένης παραγωγής, η πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος που συνδέεται απ' ευθείας στο δίκτυο διανομής ή στην πλευρά του μετρητή του πελάτη. Παρακάτω, γίνεται μια προσπάθεια χρήσης κάποιων επιπλέον κριτηρίων που ίσως να είναι χρήσιμη και απαραίτητη προκειμένου να γίνει πιο σαφής και αυστηρός ο ορισμός της κατανεμημένης παραγωγής.

2.2.1 Επίπεδο τάσης στη σύνδεση με το δίκτυο ισχύος

Ο διαχωρισμός που γίνεται σε αυτά τα δύο συστήματα με βάση το επίπεδο τάσης όπως για παράδειγμα, ότι τάση από 220 kV και πάνω θεωρείται ότι ανήκει στο δίκτυο μεταφοράς, ενώ κάτω από αυτή την τιμή στο δίκτυο διανομής, δεν είναι χρήσιμη καθώς, εταιρίες διανομής έχουν στη κατοχή τους και λειτουργούν γραμμές 220 kV, και εταιρίες μεταφοράς διαχειρίζονται γραμμές 110 kV. Άρα, αφού το επίπεδο τάσης δεν παρέχει σαφή κοινό διαχωρισμό σε διεθνές επίπεδο μεταξύ μεταφοράς και διανομής, θα πρέπει να γίνει άλλη προσέγγιση ορισμού των δυο συστημάτων.

Στο ανταγωνιστικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, οι νομικές ρυθμίσεις ορίζουν το σύστημα μεταφοράς, το οποίο το διαχειρίζεται ανεξάρτητη εταιρία η οποία δεν εμπλέκεται στην παραγωγή, διανομή και πώληση της ενέργειας. Αυτά βέβαια αναφέρονται σε κράτη με ξεκάθαρη νομοθετική ρύθμιση επί του θέματος. Είναι άξιο αναφοράς ότι σε κάποια κράτη όπως η Σουηδία, τα περιφερειακά δίκτυα περιλαμβάνονται στις νομικές ρυθμίσεις του κράτους. Τα δίκτυα αυτά ανήκουν σε μια περιοχή μεταξύ του μεγάλου εθνικού δικτύου μεταφοράς και του τοπικού δικτύου διανομής. Εντούτοις, εντάσσονται στο σύστημα του δικτύου διανομής. Κατά συνέπεια, το δίκτυο διανομής (συνήθως ακτινωτό) και το δίκτυο μεταφοράς (συνήθως πλέγμα) θα ορίζονται με βάση την ισχύουσα νομοθεσία του εκάστοτε εξεταζόμενου κράτους [*Ackerman T. et al., 2001*].

2.2.2 Ισχύς παραγωγής

Ένα από τα προφανή κριτήρια, θα έπρεπε να είναι η δυναμικότητα της εγκατεστημένης μονάδας. Εντούτοις, η βιβλιογραφική έρευνα που έγινε, έδειξε ότι δεν υπάρχει συμφωνία στα επίπεδα μέγιστης δυναμικότητας παραγωγής. Για παράδειγμα, μονάδες παραγωγής ισχύος μεγαλύτερης από 100 - 150 MW δεν είναι εφικτό να συνδεθούνε σε επίπεδα τάσης 110 kV, εξαιτίας τεχνικών περιορισμών [*Ackerman T. Et al., 2001*]. Καθώς αυτή η τάση είναι στις περισσότερες των περιπτώσεων η μέγιστη που κατέχουν και διαχειρίζονται οι οργανισμοί διανομής, θα έλεγε κάποιος ότι η μέγιστη δυναμικότητα ενός κατανεμημένου σταθμού παραγωγής είναι τα 100 - 150 MW.

Στο Βερολίνο όμως, η τοπική εταιρία BEW AG κατασκεύασε ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου τουρμπίνας αερίου, στο κέντρο της πόλης. Ο σταθμός παράγει ηλεκτρισμό (δυναμικότητας 300 MW) και περιφερειακή θέρμανση (δυναμικότητας 300 MW). Ο σταθμός συνδέεται σε διάφορες γραμμές του δικτύου διανομής (ισχύος 33 και 110 kV) που ανήκουν στην ίδια εταιρία. Η ηλεκτρική ισχύς όπως και η θερμότητα χρησιμοποιούνται κυρίως σε τοπικό επίπεδο. Κατ' επέκταση, ο σταθμός θα μπορούσε να χαρακτηριστεί κατανεμημένης παραγωγής, με βάση τον ορισμό που δίνουν οι *Ackerman T. et al., (2001)*, παρόλο που η δυναμικότητά του φτάνει τα 300 MW. Με βάση το επίσης σκεπτικό αυτό, οι *Ackerman T. et al., (2001)*, προτείνουν μια κατηγοριοποίηση της κατανεμημένης παραγωγής σε σχέση με την δυναμικότητά της (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 2.5: Κατηγοριοποίηση κατανεμημένης παραγωγής με βάση τη δυναμικότητα του σταθμού.

Κατηγορία	Ισχύς	
	Από	Έως
Πολύ μικρή	1 W	5 kW
Μικρή	5 kW	5 MW
Μεσαία	5 MW	50 MW
Μεγάλη	50 MW	300 MW

Πηγή: *Ackerman T. et al., (2001)*

Είναι όμως φανερό ότι η μέγιστη δυναμικότητα ενός σταθμού κατανεμημένης παραγωγής που μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο διανομής είναι συνάρτηση της δυναμικότητας του ίδιου του δικτύου διανομής. Εξαιτίας του ότι η δυναμικότητα ενός δικτύου διανομής μπορεί να ποικίλει ευρέως, δεν είναι δυνατό να συμπεριληφθεί ως στοιχείο ορισμού για την κατανεμημένη παραγωγή [*Pepermans G. et al., 2005*].

Εντούτοις, η δυναμικότητα θα έπρεπε να αποτελεί κριτήριο ορισμού της κατανεμημένης παραγωγής.

2.2.3 Περιοχή που καλύπτει η κατανεμημένη παραγωγή

Σε κάποιες περιπτώσεις, η κατανεμημένη παραγωγή περιγράφεται ως ισχύς που παράγεται και καταναλώνεται εντός του ιδίου δικτύου διανομής. Στη Νέα Ζηλανδία όμως, η εταιρία *Wairarapa Electricity* λειτούργησε ένα αιολικό πάρκο ισχύος 3,5 MW εντός του νοτίου δικτύου διανομής 11,33 kV. Η παραγόμενη ενέργεια χρησιμοποιείται εντός του υφιστάμενου δικτύου διανομής. Τις βραδινές όμως ώρες όπου η ζήτηση είναι χαμηλή και οι ταχύτητες ανέμου μεγάλες, το αιολικό πάρκο εξάγει ενέργεια πίσω στο δίκτυο μεταφοράς.

Κατά συνέπεια, ένας ορισμός της κατανεμημένης ενέργειας που υπαγορεύει ότι συνδέεται στο δίκτυο διανομής, θα ακύρωνε την ένταξη του παραπάνω προγράμματος στην κατηγορία της κατανεμημένης παραγωγής, παρόλο που πρόκειται για ένα τυπικό παράδειγμα κατανεμημένης παραγωγής. Άρα, θα ήταν δύσκολο να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο η περιοχή διανομής ενέργειας, διότι τότε θα απαιτούνταν σύνθετες αναλύσεις των ροών ισχύος στο δίκτυο διανομής.

2.2.4 Τεχνολογία κατανεμημένης παραγωγής

Συχνά ο όρος κατανεμημένη παραγωγή χρησιμοποιείται για να περιγράψει παραγωγή με συγκεκριμένη τεχνολογία όπως με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Θα δούμε όμως ότι είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε τεχνολογία για την υλοποίηση της κατανεμημένης παραγωγής. Στον Πίνακα 2.4 παραθέτονται επιγραμματικά οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό.

Από τον παρακάτω Πίνακα 2.4 είναι φανερό ότι είναι δύσκολο να εντάξουμε στον ορισμό της κατανεμημένης ενέργειας την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, διότι οι διαθέσιμες τεχνολογίες και οι ισχύς που αποδίδει κάθε είδος από αυτές, ειδικά στον τομέα των ανανεώσιμων, διαφέρουν μεταξύ των κρατών. Εκτός όμως από τις τεχνολογίες που βασίζονται στις ανανεώσιμες, βλέπουμε ότι και οι δυναμικότητες των συμβατικών μονάδων παραγωγής ποικίλουν εξίσου. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελούν οι αεριοστρόβιλοι όπου η ισχύς τους μπορεί να κυμαίνεται από μερικά kW έως και 500 MW. Από την άλλη, τίθεται σε αμφισβήτηση ακόμη και η ένταξη ΑΠΕ οποιασδήποτε μορφής και δυναμικότητας. Για παράδειγμα, μια τεράστια υδροηλεκτρική μονάδα που είναι εγκατεστημένη στα βουνά, θα μπορούσε να ενταχθεί στην κατανεμημένη παραγωγή [*Pepermans G. et al., 2005*].

Πίνακας 2.6: Τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής.

	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΤΥΠΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ
ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	Αεριοστρόβιλος συνδυασμένου κύκλου	35 - 450 MW
	Μηχανή εσωτερικής καύσης	5 kW - 10 MW
	Γεννήτρια καύσης	1 - 250 MW
	Μικρο-Τουρμπίνα	35 kW - 1 MW
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	Πολύ μικρό υδροηλεκτρικό	25 kW - 1 MW
	Μικρό υδροηλεκτρικό	1 - 100 MW
	Ανεμογεννήτρια	200 W - 3 MW
	Φωτοβολταϊκή συστοιχία	20 W - 100 kW
	Ηλιακό θερμικό, κεντρικός δέκτης	1 - 10 MW
	Ηλιακό θερμικό, σύστημα Lutz	10 - 80 MW
	Βιομάζα (αεριοποίηση)	100 kW - 20 MW
	Κυψέλη φωσφορικού οξέος	200 kW - 2 MW
	Κυψέλη τηγμένου άνθρακα	250 kW - 2 MW
	Κυψέλη καυσίμου ανταλλαγής πρωτονίου	1 kW - 250 kW
	Κυψέλη καυσίμου στερεού οξειδίου	250 kW - 5 MW
	Γεωθερμική	5 - 100 MW
	Ωκεανική ενέργεια	100 kW - 1 MW
	Μηχανή Stirling	2 - 10 kW
	Συσσωρευτές	500 kW - 5MW

Πηγή: *Pepermans G. et al., 2005*

2.2.5 Κατανεμημένη παραγωγή και περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Συχνά, οι τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής περιγράφονται ως περιβαλλοντικά φιλικές σε σχέση με τις αντίστοιχες τεχνολογίες ενός κεντρικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Εντούτοις, στον Πίνακα 2.5 φαίνεται ότι οι ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι μια πολύπλοκη διαδικασία καθώς, για κάθε τεχνολογία παραγωγής υπάρχουν έμμεσες και άμεσες εκπομπές ρύπων.

Οι έμμεσες εκπομπές είναι εκπομπές ρύπων κατά τη διαδικασία κατασκευής της μονάδας, αναζήτησης και μεταφοράς των πηγών ενέργειας. Ο Πίνακας 2.5 δείχνει, ότι οι εκπομπές ενός τυπικού σταθμού κατανεμημένης παραγωγής είναι σαφώς χαμηλότερες σε σχέση με αυτές των σταθμών που ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούν κάρβουνο. Επίσης, οι εκπομπές σε SO_2 και CO_2 των μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων και των αεροστρόβιλων συνδυασμένου κύκλου είναι επίσης χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των σταθμών αυτών. Η τεχνολογία βιομάζας δεν συμπεριλήφθηκε στην λίστα διότι θεωρείται CO_2 ουδέτερη καθώς, η ποσότητα του CO_2 που εκπέμπεται κατά την καύση της ισούται με το ποσό του CO_2 που

απορροφάται κατά τη διαδικασία ανάπτυξής της [*IEE, 2003*]. Η εκπομπή NOxS αναφέρεται ότι είναι 20 - 40% μικρότερη από τις μονάδες ορυκτών καυσίμων, ενώ οι εκπομπές SO_2 θεωρούνται αμελητέες [*Ackerman T. et al., 2001*]. Επιπρόσθετα, περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την μείωση των απωλειών στις γραμμές μεταφοράς ένεκα της σωστής χωροθέτησης των σταθμών κατανεμημένης παραγωγής σε σχέση με την τοποθεσία και δυναμικότητα, μπορεί να βελτιώσουν ακόμη περισσότερο το περιβαλλοντικό ισοζύγιο της κατανεμημένης παραγωγής [*Ackerman T. et al., 2001*].

Πίνακας 2.7: Σύγκριση χρόνου απόσβεσης και εκπομπών διαφόρων ενεργειακών τεχνολογιών.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	Απόσβεση (μήνες)	SO_2 (kg/GWh)	NOx (kg/GWh)	CO_2 (t/GWh)	CO_2 και $eqCO_2$ για CH_4 (t/GWh)
Μηχανές καύσης άνθρακα	1 - 1,1	630 - 1370	630 - 1560	830 - 920	1240
Πυρηνικές	Δ.Ε.	Δ.Ε.	Δ.Ε.	Δ.Ε.	Δ.Ε.
Αεροστρόβιλος συνδυασμένου κύκλου	0,4	45 - 140	650 - 810	370 - 420	450
Μεγάλο υδροηλεκτρικό	5 - 6	18 - 21	34 - 40	7 - 8	5
Πολύ μικρό υδροηλεκτρικό	9 - 11	38 - 46	71 - 86	16 - 20	Δ.Ε.
Μικρό υδροηλεκτρικό	8 - 9	24 - 29	45 - 56	10 - 12	2
Ανεμογεννήτρια 4,5 m/s	6 - 20	18 - 32	26 - 43	19 - 34	Δ.Ε.
Ανεμογεννήτρια 5,5 m/s	4 - 13	13 - 20	18 - 27	13 - 22	Δ.Ε.
Ανεμογεννήτρια 6,5 m/s	2 - 8	10 - 16	14 - 22	10 - 17	11
Φωτοβολταϊκό μονοκρυστ.	72 - 93	230 - 295	270 - 340	200 - 260	Δ.Ε.
Φωτοβολταϊκό πολυκρυστ.	58 - 74	260 - 330	250 - 310	190 - 250	228
Φωτοβολταϊκό άμορφο	51 - 66	135 - 175	160 - 200	170 - 220	Δ.Ε.
Γεωθερμική	Δ.Ε.	Δ.Ε.	Δ.Ε.	Δ.Ε.	50 - 70
Κυματική	Δ.Ε.	Δ.Ε.	Δ.Ε.	Δ.Ε.	2

Πηγή: *Pepermans G. et al., 2005*

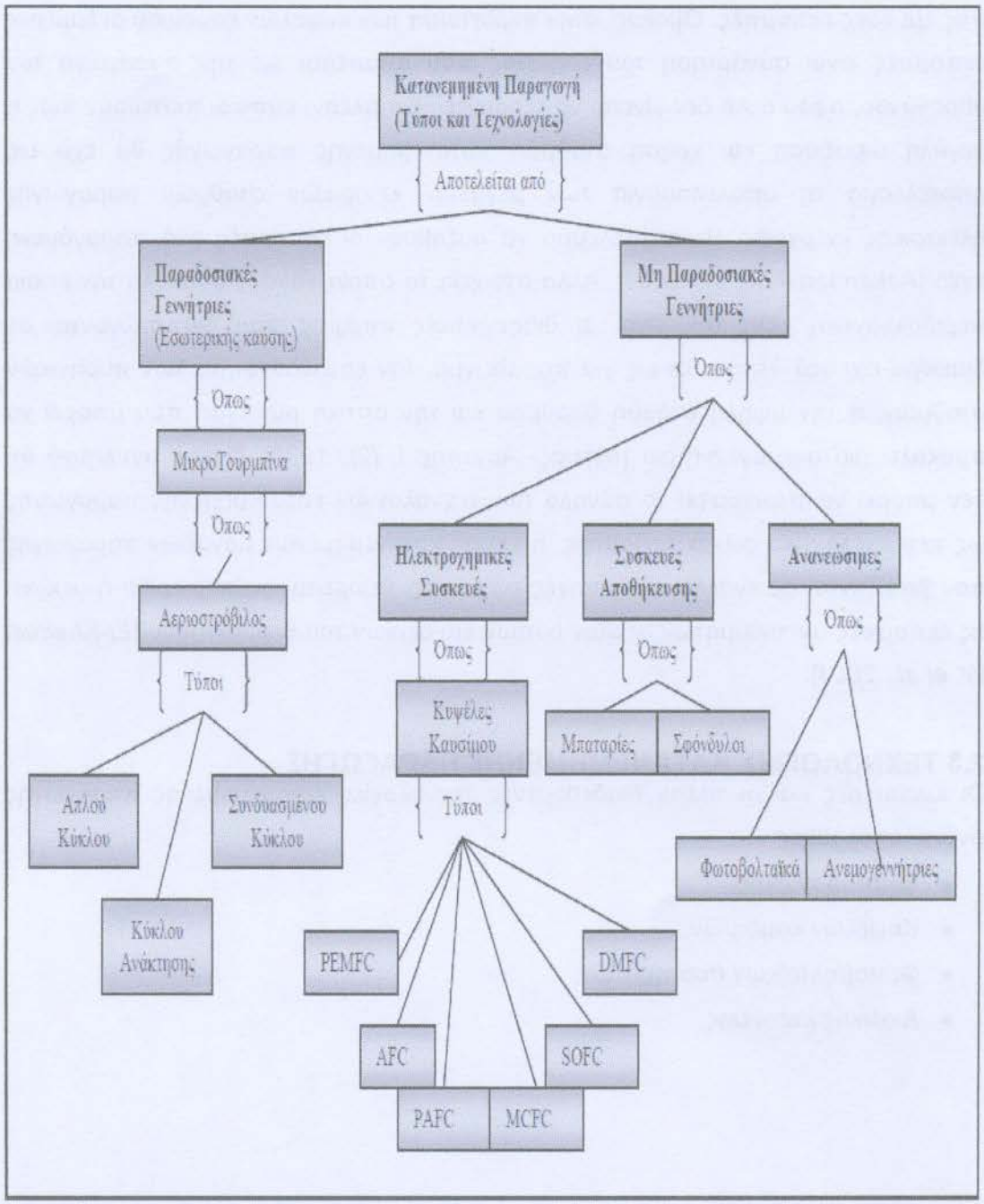
Οι συστοιχίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και οι κυψέλες καυσίμου δεν έχουν άμεσες εκπομπές. Πέρα από τις εκπομπές κατά τη διαδικασία της κατασκευής, το μίγμα καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που αποθηκεύεται στις μπαταρίες, θα πρέπει να συμπεριληφθεί

στις έμμεσες εκπομπές. Ομοίως, στην περίπτωση των κυψελών καυσίμου οι έμμεσες εκπομπές είναι συνάρτηση του μίγματος που απαιτείται για την παραγωγή του υδρογόνου, αφού αυτό δεν γίνεται να εξορυχτεί. Επιπλέον, κάποιοι πιστεύουν πως η μεγάλη διείσδυση και χρήση σταθμών κατανεμημένης παραγωγής θα έχει ως αποτέλεσμα τη υπολειτουργία των μεγάλων κεντρικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με αποτέλεσμα να αυξηθούν οι εκπομπές ανά παραγόμενη kWh [*Ackerman T. et al., 2001*]. Άλλα στοιχεία τα οποία κάνουν δύσκολη την ενιαία περιβαλλοντική εκτίμηση, είναι οι διαφορετικές απόψεις που διατυπώνονται σε διάφορα σχετικά θέματα όπως για παράδειγμα, την επικινδυνότητα των πυρηνικών σταθμών, ή την υψηλή στάθμη θορύβου και την οπτική ρύπανση που μπορεί να προκαλεί μια ανεμογεννήτρια [*Μήλιας- Αργείτης Ι. (2), 1993*]. Γίνεται αντιληπτό ότι δεν μπορεί να περιγραφεί το σύνολο των τεχνολογιών κατανεμημένης παραγωγής ως περιβαλλοντικά φιλικό. Εντούτοις, η χρήση κατανεμημένων μονάδων παραγωγής που βασίζονται σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας, θεωρείται ότι περιορίζει ή μειώνει τις εκπομπές ανεπιθύμητων αερίων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου [*El-Khattam W. et al., 2004*].

2.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Οι κυριότερες και οι πλέον διαδεδομένες τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής είναι οι ακόλουθες:

- Συμπαραγωγής.
- Κυψελών καυσίμων.
- Φωτοβολταϊκών συστημάτων.
- Αιολικής ενέργειας.



Διάγραμμα 2.1: Τύποι και Τεχνολογίες Κατανεμημένης Παραγωγής. **Πηγή:** *El-Khattam W. et al., 2004*

2.3.1 Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας

2.3.1.1 Η έννοια της συμπαραγωγής

Ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων ενός καταναλωτή (ή μιας ομάδας καταναλωτών) είναι η αγορά ηλεκτρισμού από το εθνικό δίκτυο και η καύση κάποιου καυσίμου (σε λέβητα, κλίβανο, κ.λπ.) για την παραγωγή θερμότητας. Όμως, η ολική κατανάλωση καυσίμων μειώνεται σημαντικά εάν εφαρμοσθεί η Συμπαραγωγή ή, Συνδυασμένη παραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, ή εν συντομία ΣΗΘ (στα Αγγλικά: Cogeneration ή Combined Heat and Power, CHP) [*Havelsky V. (1999), EPA (2005)*].

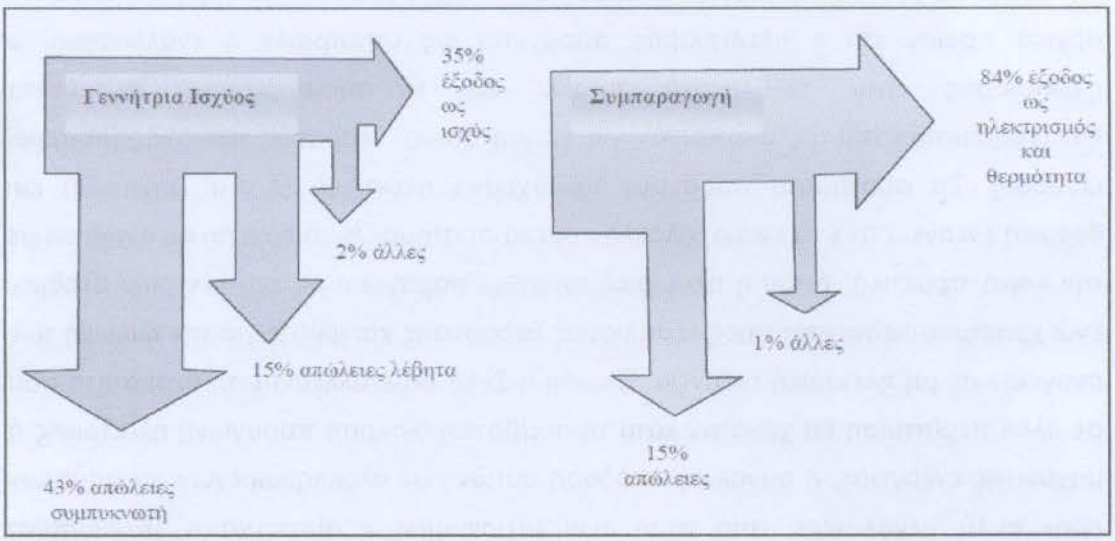
Τα εργοστάσια ΣΗΘ, είναι εργοστάσια ισχύος, όπου η θερμότητα είναι το αρχικό προϊόν και ο ηλεκτρισμός παράγεται ως υποπροϊόν ή εναλλακτικά, ο ηλεκτρισμός είναι το αρχικό προϊόν και η συσσωρευμένη θερμότητα ξαναχρησιμοποιείται ως υποπροϊόν για χρήση όπως, θέρμανση περιοχής [*Koeppel G.,2003*]. Τα συστήματα παράγουν ταυτόχρονα ηλεκτρική (ή /και μηχανική) και θερμική ενέργεια σε ένα ενιαίο, ολοκληρωμένο σύστημα. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την κοινή πρακτική, όπου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε ένα κεντρικό σταθμό, ενώ χρησιμοποιείται επιτόπιος εξοπλισμός θέρμανσης και ψύξης για την κάλυψη των αναγκών σε μη ηλεκτρική ενέργεια. Επειδή η ΣΗΘ εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που σε άλλη περίπτωση θα χανόταν κατά τη συμβατική διακριτή παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, η συνολική απόδοση αυτών των ολοκληρωμένων συστημάτων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των μεμονωμένων συστημάτων [*Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Γ.Δ Έρευνας και Μεταφορών, Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας), Havelsky V. (1999)*]. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα που προσφέρουν οι τεχνολογίες ΣΗΘ είναι, ότι οι μονάδες μπορούν να εγκατασταθούν στο σημείο που είναι αναγκαία η παροχή ενέργειας (on-site). Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι απώλειες μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας από τους κεντρικούς σταθμούς. Επίσης, η ΣΗΘ είναι ευπροσάρμοστη και μπορεί να συνδυαστεί με υπάρχουσες ή καινούργιες τεχνολογίες στον βιομηχανικό, εμπορικό, και οικιστικό τομέα [*EPA, 2005*].

Κατά τη λειτουργία ενός συμβατικού θερμοηλεκτρικού σταθμού, μεγάλα ποσά θερμότητας αποβάλλονται στο περιβάλλον είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων (συμπυκνωμάτων ατμού, πύργων ψύξης, ψυγείων νερού κινητήρων Diesel, κ.λπ.) είτε μέσω των καυσαερίων (αεριοστροβίλων, κινητήρων Diesel, κινητήρων Otto, κ.λπ.).Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της θερμότητας μπορεί να ανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα. Έτσι, ενώ οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής έχουν βαθμό απόδοσης 30 - 45%, ο βαθμός απόδοσης των συστημάτων συμπαραγωγής

φθάνει το 80 - 90% [*Φραγκόπουλος Χ. Α (1994), Laughton M. (1996)*]. Μια τυπική σύγκριση, ως προς τον βαθμό απόδοσης, της συμπαραγωγής με τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας παρουσιάζει το Διάγραμμα 2.2.

Η Συμπαραγωγή πρωτοεμφανίστηκε στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α. γύρω στα 1890. Κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα, οι περισσότερες βιομηχανίες είχαν δικές τους μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ατμολέβητα-στρόβιλο, που λειτουργούσαν με άνθρακα.

Πολλές από τις μονάδες αυτές βασίζονταν στη συμπαραγωγή [*Fisk R. W. et al., (1996), Orlando J. A. (1996)*].



Διάγραμμα 2.2: Τύποι και τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής. **Πηγή:** *Fisk R. W. et al., (1996), Orlando J. A. (1996)*

Η χρήση της συμπαραγωγής αναπτύχθηκε περισσότερο όταν οι μηχανικοί αντικατέστησαν τους βασικούς μηχανισμούς των ατμομηχανών με ηλεκτρικές μηχανές, κάνοντας το πέρασμα από τα συστήματα μηχανικής ισχύος στα συστήματα ηλεκτρικής ισχύος. Στις αρχές του 20ου αιώνα, το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής παραγωγής προερχόταν από λέβητες καύσης άνθρακα και γεννήτριες ατμοστροβίλου, με τον αποβαλλόμενο ατμό να χρησιμοποιείται σε εφαρμογές θέρμανσης βιομηχανιών. Στις αρχές του 1900, το 58% της συνολικής παραγωγής στις ΗΠΑ εκτιμάται ότι προερχόταν από εφαρμογές συμπαραγωγής [*Onovwiona et al., 2004*].

Κατόπιν, ακολούθησε κάμψη κυρίως για δύο λόγους:

1. Ανάπτυξη των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρισμού, που προσέφεραν σχετικά φθηνή και αξιόπιστη ηλεκτρική ενέργεια και
2. Διαθεσιμότητα υγρών καυσίμων και φυσικού αερίου σε χαμηλές τιμές, που έκανε τη λειτουργία λεβήτων οικονομικά συμφέρουσα.

Συνεχίζοντας με το παράδειγμα των Η.Π.Α., η βιομηχανική συμπαραγωγή μειώθηκε στο 15% του όλου δυναμικού ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το 1950 και έπεσε στο 5% μέχρι το 1974 [*Onovwiona et al. (2004), Orlando J. A. (1996)*]. Η πορεία αυτή έχει πλέον αντιστραφεί όχι μόνον στις Η.Π.Α. αλλά και σε χώρες της Ευρώπης, στην Ιαπωνία και στον Καναδά, γεγονός το οποίο οφείλεται κυρίως στην απότομη αύξηση των τιμών των καυσίμων, από το 1973 και μετά [*Φραγκόπουλος Χ. Α (1994)*].

Η υποστήριξη για τα συστήματα ΣΗΘ, ξεκίνησε το 1978 όταν ιδρύθηκε η PURPA (US Public Utilities Regulatory Policy Act), η οποία επέτρεψε την πώληση της πλεονάζουσας ενέργειας των συστημάτων ΣΗΘ πίσω στο δίκτυο. Αυτές οι ρυθμίσεις έδωσαν ώθηση στην αυξημένη χρήση της ΣΗΘ που μέχρι τότε το μονοπωλιακό καθεστώς του ενεργειακού τομέα δεν παρείχε ευνοϊκή μεταχείριση [*Beyene A., 2005*].

Στις ΗΠΑ εφαρμόζονται δύο ρυθμιστικές παράμετροι για εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας: Η NSR (new source review) και η PSD (prevention of significant deterioration). Η πρώτη ρύθμιση, απαιτεί από τις εταιρίες την έκδοση άδειας, είτε πριν από την κατασκευή νέας εγκατάστασης, είτε πριν οι εκπομπές αυξηθούν σημαντικά. Η δεύτερη ρύθμιση, αφορά την προφύλαξη από κάποια σημαντική φθορά (ή επιδείνωση κάποιας κατάστασης). Σε περιοχές όπου τα επίπεδα ρύπων ξεπερνούν τα εθνικά όρια, η εγκατάσταση ενός σταθμού ΣΗΘ είναι αδύνατη αφού βρίσκει εμπόδιο στη δεύτερη ρύθμιση. Η νέα εγκατάσταση θα συνεπάγεται νέα πηγή εκπομπών, προστιθέμενη στα υφιστάμενα επίπεδα, παρόλο που οι συνολικές εκπομπές θα είναι μειωμένες. Το ζήτημα είναι, ότι αυξάνονται οι εκπομπές ρύπων σε τοπικό επίπεδο με αποτέλεσμα να τίθεται σε ισχύ και η πρώτη ρύθμιση.

Το συμπέρασμα από τα παραπάνω, είναι ότι όχι μόνο αγνοείται η συνολική μείωση των εκπομπών που επιτυγχάνεται με τη χρήση ΣΗΘ, αλλά επίσης εφαρμόζονται σε τοπικό επίπεδο διαδικασίες που αφενός είναι χρονοβόρες, αφετέρου πολυδάπανες. Κατά συνέπεια, εταιρίες που θέλουν να εφαρμόσουν ΣΗΘ αποθαρρύνονται. Μακροπρόθεσμα, η κοινωνία θα πρέπει να εφαρμόσει τεχνολογίες που θα στηρίζονται στην αρχή: ελάχιστη κατανάλωση πόρων και ελάχιστες εκπομπές. Πιστεύεται, ότι αυτός ο στόχος είναι δυνατό να επιτευχθεί μόνο αν γίνουν συμφωνίες με συγκεκριμένους επιχειρηματικούς τομείς, με σκοπό να δοθεί ώθηση στην ενεργειακή απόδοση και στην ευρύτερη χρήση συστημάτων ΣΗΘ. Επιπλέον, θα πρέπει να τεθούν στόχοι βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και μείωσης των ρυπογόνων εκπομπών με τη συνδρομή των εταιριών παροχής ενέργειας και των κυβερνήσεων [*Laughton M., 1996*].

Μετά από έρευνα που έγινε σε 300 εργοστάσια, φάνηκε ότι η ΣΗΘ είναι η πιο αποδοτική ενεργειακά και οικονομικά λύση. Συγκεκριμένα, η απόδοσή της ξεπερνά το

80%. Επιπλέον, η πηγή ενέργειας είναι συχνά η αποβαλλόμενη θερμότητα με αποτέλεσμα να περιορίζονται οι πρόσθετες εκπομπές στην περιοχή. Στα εργοστάσια, οι συνολικές οικονομίες ξεπέρασαν το ένα εκατομμύριο KWh /έτος και αυτό οφείλεται αποκλειστικά στα συστήματα ΣΗΘ [*Beyene A., 2005*].

Η ΣΗΘ δεν αποτελεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία αλλά περισσότερο μια εφαρμογή τεχνολογιών για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης ή/ και ψύξης, καθώς και για μηχανική ή/ και ηλεκτρική ενέργεια των τελικών καταναλωτών. Λόγω των πρόσφατων τεχνολογικών εξελίξεων, έχουν αναπτυχθεί νέες διατάξεις των συστημάτων ΣΗΘ που τα καθιστούν οικονομικά συμφέροντα σε ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών. Οι νέες γενιές των αεριοστροβίλων, ατμοστροβίλων, κυψελών καυσίμου, παλινδρομικών μηχανών και μικροτουρμπινών, συνιστούν το αποτέλεσμα εντατικής και συνδυασμένης έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης, τόσο από ινστιτούτα όσο και από τη βιομηχανία. Οι μηχανές αυτές έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν με μια μεγάλη ποικιλία καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο, ο άνθρακας, το πετρέλαιο, τα εναλλακτικά καύσιμα και να παράγουν μηχανική ενέργεια ή ισχύ στον άξονα για κατάλληλη εκμετάλλευση. Τα προηγμένα υλικά και οι τεχνικές σχεδίασης μέσω Η/Υ, έχουν αυξήσει σημαντικά την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του εξοπλισμού, μειώνοντας ταυτόχρονα τα κόστη και τις εκπομπές ρύπων [*Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Γ.Δ Έρευνας και Μεταφορών, Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας), EPA (2005)*].

Η συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι από τη φύση της μη αποδοτική, αφού μετατρέπεται μόνο το ένα τρίτο της ενέργειας των καυσίμων σε ωφέλιμη ενέργεια [*Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Γ.Δ Έρευνας και Μεταφορών, Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας), Fisk R. W. et al. (1996)*]. Συχνά, οι εφαρμογές συμπαραγωγής περιλαμβάνουν την καύση ορυκτών καυσίμων, με διαφορετικά προϊόντα καύσης που προκαλούν βλάβες στο περιβάλλον. Αυτά μπορεί να είναι, CO_2, NOx, SO_2, CO, άκαυστοι υδρογονάνθρακες και σωματίδια. Εντούτοις, δεδομένου ότι η απόδοση των συστημάτων ΣΗΘ είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των συμβατικών, το επίπεδο των εκπομπών (εκπομπές ανά μονάδα χρήσιμης παραγόμενης ενέργειας), της ΣΗΘ είναι χαμηλότερο από αυτό των συμβατικών μονάδων [*Katsigiannis P. A. et al (2005), Onovwiona H. I. et al. (2004)*].

Η ΣΗΘ αποτελεί μια οικονομικά παραγωγική προσέγγιση για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω της πρόληψης της ρύπανσης, ενώ ο παραδοσιακός έλεγχος της ρύπανσης που επιτυγχάνεται απλά μέσω της επεξεργασίας των καυσαερίων δεν παρέχει κανένα οικονομικό όφελος και, στην πραγματικότητα, μειώνει την απόδοση και την ωφέλιμη παραγωγή ενέργειας.

Η απόδοση του συνολικού συστήματος προκύπτει από μια αλληλεπίδραση μεταξύ των μεμονωμένων βαθμών απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής και ανάκτησης θερμότητας. Δεδομένου ότι από ένα σύστημα ΣΗΘ προκύπτουν δύο ή περισσότερα χρησιμοποιήσιμα ενεργειακά προϊόντα, ο καθορισμός του συνολικού βαθμού απόδοσης των συστημάτων αυτών είναι πιο σύνθετος απ' ότι στα απλά συστήματα. Το όλο σύστημα μπορεί να αντιμετωπισθεί ως δύο υποσυστήματα, το σύστημα ηλεκτρικής ισχύος (συνήθως μια μηχανή ή ένας στρόβιλος) και το σύστημα ανάκτησης θερμότητας (συνήθως κάποιος τύπος λέβητα). Η απόδοση του συνολικού συστήματος προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ των μεμονωμένων βαθμών απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής και ανάκτησης θερμότητας.

Τα αποδοτικότερα συστήματα ΣΗΘ (με πάνω από 80% συνολικό βαθμό απόδοσης) είναι εκείνα που ικανοποιούν μεγάλη θερμική ζήτηση με την ταυτόχρονη παραγωγή σχετικά μικρότερης ηλεκτρικής ισχύος. Όσο αυξάνεται η απαιτούμενη θερμοκρασία της ανακατωμένης ενέργειας, τόσο μειώνεται ο λόγος της παραγόμενης ισχύος προς τη θερμότητα [*Horlock J. H., 1992*].

Η μειωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντική για τα οικονομικά της ΣΗΘ, καθώς η διάθεση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά είναι τεχνικά ευκολότερη απ' ό,τι είναι στην περίπτωση της πλεονάζουσας θερμικής ενέργειας. Εντούτοις, την περίοδο αυτή υπάρχουν ακόμη εμπόδια στη διανομή της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά [*Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Γ.Δ Έρευνας και Μεταφορών, Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας)*].

Παρά τις σημαντικές αποδόσεις που πηγάζουν από την διαθέσιμη αποβαλλόμενη θερμότητα, και παρά το γεγονός ότι η χρήση των συστημάτων ΣΗΘ υποστηρίζεται από τις πολιτείες με οικονομικά κίνητρα, η εκτενέστερη εφαρμογή τους είναι αργή, ακόμη και στις περιπτώσεις όπου η εξόφληση γίνεται σε σύντομο χρόνο και οι οικονομίες είναι σημαντικές. Η αγορά δεν έχει αναπτύξει την απαραίτητη εμπιστοσύνη, κυρίως λόγω ρυθμιστικών και τεχνικών δυσκολιών [*Beyene A., 2005*].

Σύμφωνα με στοιχεία της EIA (Energy Information Agency, 1996), μέχρι το 1996 η συνολική δυναμικότητα των εγκατεστημένων μονάδων ΣΗΘ στις ΗΠΑ υπολογιζόταν στα 51 GW, περίπου 6% της συνολικής παραγωγής ενέργειας. Ζητήματα όμως που σχετίζονταν με τεχνικά θέματα καθώς και με προδιαγραφές διασύνδεσης (όπως είδαμε νωρίτερα), δεν επιλύθηκαν, με συνέπεια να τεθεί πέδη στην ανάπτυξη των συστημάτων ΣΗΘ. Στην Ευρώπη 9% της συνολικής παραγωγής ενέργειας βασίζεται στη ΣΗΘ, ενώ είναι αξιοσημείωτο ότι στη Δανία αγγίζει το 40% [*Beyene A., 2005*].

Με τη νέα Οδηγία της ΕΕ [*Directive 2004/8/EC*], υπάρχει ο σκοπός της δημιουργίας ενός κοινού πλαισίου εργασίας για την προώθηση των σταθμών ΣΗΘ, ώστε στη βάση της χρήσιμης ζήτησης θέρμανσης, να δοθεί η δυνατότητα στα κράτη μέλη, να εντάξουν ενέργειες υποστήριξης δίχως την παρενόχληση που ασκεί η ανταγωνιστική λογική της κοινής ενεργειακής αγοράς.

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία των τοπικών αγορών της ενέργειας, θα ληφθούν υπόψη από τους νόμους και τα διοικητικά μέτρα που θα παρθούν από τα κράτη μέλη το αργότερο μέχρι τις 21 Φεβρουαρίου 2006, προκειμένου να υπάρξει πλήρης συμμόρφωση με τη Οδηγία 2004/8/EC. Το ποσοτικό μέρος αυτής αντικατοπτρίζει τις δυο φάσεις προσέγγισης της αξιολόγησης ενός σταθμού παραγωγής ενέργειας:

i. *Φάση 1*: Εναρμονισμένη μεθοδολογία υπολογισμού του ηλεκτρισμού από τη ΣΗΘ.
ii. *Φάση 2*: Μεθοδολογία καθορισμού της απόδοσης της ΣΗΘ.

Οι *Cardona et al., 2005*, προτείνουν τα εξής:

- Τα οικονομικά κίνητρα πρέπει να είναι ανάλογα με τα επιδιωκόμενα οφέλη, ώστε να ενισχύονται οι πιο αποδοτικές μονάδες και να προωθούνται οι έρευνες που γίνονται σε συνεχή βάση για τη βελτίωση της απόδοσης.
- Τα οικονομικά κίνητρα δεν πρέπει να θέτουν πέδη στην αγορά των μη-ΣΗΘ συστημάτων, ώστε να αποφεύγεται η εύνοια στη χρήση άλλων τεχνολογιών.

Επίσης θα πρέπει να απλοποιηθούν και διαδικασίες στον τομέα περιβαλλοντικής αδειοδότησης και πώλησης ενέργειας, προκειμένου να αρθούν οι παράγοντες αυτοί που αποθαρρύνουν τις ιδιωτικές επενδύσεις.

Στο επόμενο υποκεφάλαιο θα γίνει μια αναφορά στις βασικές αρχές της συμπαραγωγής, προκειμένου να καταστεί σαφής η διάκριση μεταξύ των κυριότερων συστημάτων ΣΗΘ.

2.3.1.2 Βασικές αρχές της συμπαραγωγής – Είδη Συστημάτων ΣΗΘ

Τα περισσότερα συστήματα συμπαραγωγής μπορούν να χαρακτηρισθούν [*Fisk R. W. et al., 1996*]:

- Ως συστήματα «κορυφής» (topping systems) ή,
- ως συστήματα «βάσης» (bottoming systems).

Στα συστήματα «κορυφής», ρευστό υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ η αποβαλλόμενη θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται σε θερμικές διεργασίες (θέρμανση χώρων) ή ακόμη και για παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στα συστήματα «βάσης», παράγεται πρώτα θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας (όπως π.χ., σε φούρνους χαλυβουργείων, υαλουργείων, εργοστασίων τσιμέντου κλπ) και κατόπιν τα θερμά αέρια διοχετεύονται συνήθως σε λέβητα ανακομιδής θερμότητας (recuperator), όπου παράγεται ατμός που κινεί ατμοστροβιλογεννήτρια. Είναι επίσης δυνατό, τα θερμά αέρια να διοχετευθούν σε αεριοστρόβιλο που κινεί την ηλεκτρογεννήτρια, χωρίς την παρεμβολή λέβητα [*Φραγκόπουλος Χ. Α. et al., 1994*].

Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογίες ΣΗΘ υλοποιούνται με παλινδρομικές μηχανές, αεριοστρόβιλους, ατμοστρόβιλους, ακόμη και συνδυασμένους κύκλους. Επίσης αναπτύχθηκαν και οι μικρής κλίμακας μονάδες ΣΗΘ. Έτσι, οι εφαρμογές ΣΗΘ καλύπτουν [*Laughton M., 1996*]:

- Συστήματα μικρής κλίμακας με μηχανές ανάφλεξης αερίου, ισχύος 1MW. Τα συστήματα αυτά βρίσκουν εφαρμογές σε συγκροτήματα γραφείων, ξενοδοχεία, κέντρα αναψυχής, καθώς και σε μονάδες διαχείρισης αποβλήτων.
- Βιομηχανικά συστήματα μικρής- μεσαίας κλίμακας, βασισμένα σε αεριοτουρμπίνες ή και σε πετρελαιομηχανές με ισχύ έως και δεκάδες MW. Οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούνται και σε νοσοκομεία.
- Μεγάλα βιομηχανικά συστήματα τεχνολογίας ατμοστροβίλων που ξεκινούν από δεκάδες MW. Οι βιομηχανικοί τομείς χημικών, μετάλλου, χαρτιού, τροφίμων, διυλιστηρίων κάνουν χρήση αυτής της κλίμακας ΣΗΘ.

Τα σύγχρονα συστήματα ΣΗΘ μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Συστήματα ατμοστροβίλου.
- Συστήματα αεριοστροβίλου.
- Συστήματα με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης.
- Συστήματα συνδυασμένου κύκλου.
- Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά.
- Μικρές μονάδες συμπαραγωγής (μΣΗΘ).
- Μικροτουρμπίνες (ή μικροστρόβιλοι, microturbines).
- Κυψέλες καυσίμου.
- Μηχανές Stirling.

Τα συστήματα ΣΗΘ παρέχουν μεγάλη δυναμική στην άρση της ενεργειακής σπατάλης, ειδικά όταν συγχρόνως παράγουν θέρμανση, ψύξη και ηλεκτρισμό για χρήση. Διάφορα συστήματα ΣΗΘ σχεδιάζονται με προσομοίωση στους υπολογιστές με σκοπό την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης της πρωτογενούς ενέργειας [*Havelsky V., 1999*].

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, μια συνηθισμένη συμβατική μονάδα συμπαραγωγής αποτελείται από μια μηχανή εσωτερικής καύσης, αεριοστρόβιλο ή ατμοστρόβιλο, συζευγμένη με μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μονάδα αυτή, συνδέεται σε σύστημα εναλλακτών θερμότητας που εκμεταλλεύεται, αφενός την θερμότητα, των καυσαερίων, αφετέρου την παραγόμενη θερμότητα από τη ψύξη των κυλίνδρων της μηχανής καύσης. Η εκμετάλλευση της πρωτογενούς ενέργειας με μηχανή εσωτερικής καύσης φτάνει το 91%. Το 48 - 64% αυτής, γίνεται θερμότητα ενώ το 25 - 37% γίνεται ηλεκτρική ενέργεια [*Havelsky V., 1999*].

Το μειονέκτημα του προαναφερθέντος συμβατικού συστήματος ΣΗΘ, είναι ότι για να σημειώσει τόσο υψηλή ενεργειακή και οικονομική απόδοση, θα πρέπει να εφαρμοστεί σε εγκαταστάσεις όπου η ανάγκη για θερμότητα και ηλεκτρισμό είναι ισορροπημένη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Είναι γεγονός, πως δεν υπάρχει ισορροπημένη ανάγκη για ηλεκτρισμό και θέρμανση στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές των συμβατικών συστημάτων ΣΗΘ. Επιπλέον, υπάρχει υψηλή απαίτηση για ψύξη σε διάφορες εφαρμογές. Από ενεργειακή και οικονομική άποψη, η αποδοτικότερη εκμετάλλευση της πρωτογενούς ενέργειας είναι εφικτή με τη χρήση τέτοιων συστημάτων ΣΗΘ, τα οποία είναι ικανά να παράγουν συγχρόνως ηλεκτρισμό, θέρμανση και ψύξη με τη δυνατότητα ρύθμισης των αναλογιών κάθε ενεργειακής μορφής στην έξοδο. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται *συνδυασμένα συστήματα συμπαραγωγής* (combined cogeneration systems, CCS) [*Havelsky et al., 1999*]. Η οικονομία στην πρωτογενή ενέργεια μπορεί να ξεπεράσει το 60% υπό συνθήκες συγκεκριμένων εφαρμογών, σε σύγκριση με συμβατικά συστήματα ξεχωριστής παραγωγής.

Η τηλεθέρμανση, είναι μια ακόμη εφαρμογή που μπορεί να υλοποιηθεί με συστήματα ΣΗΘ. Σύμφωνα με τους *Hu et al., (2005)*, εφαρμόστηκε τηλεθέρμανση σε έξι διαφορετικές περιοχές της Νότιας Κίνας. Στις τέσσερις από αυτές η εφαρμογή βασίστηκε σε σταθμούς συμπαραγωγής μεγάλης δυναμικότητας και υψηλής απόδοσης. Παρατηρήθηκε μείωση στη κατανάλωση του άνθρακα (ως βασική καύσιμη ύλη) σε ποσοστά 71 - 86%, οφειλόμενη σε δύο λόγους:

1. Στην εγκατάσταση μεγάλης δυναμικότητας και υψηλής απόδοσης λεβήτων στους σταθμούς συμπαραγωγής, που αντικατέστησε τους αμέτρητους μικρούς λέβητες και τις θερμάστρες χαμηλής απόδοσης.

2. Στη χρήση της τεχνολογίας συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θέρμανσης, που χρησιμοποιεί με αποδοτικό τρόπο μεγάλο μέρος της αποβαλλόμενης θερμότητας από τη διαδικασία ηλεκτροπαραγωγής.

Φαίνεται από τα παραπάνω, ότι από κοινωνικοοικονομικής πλευράς, η περιορισμένη χρήση γης και οι περιορισμένες μεταφορές, διανομή και αποθήκευση άνθρακα, αυξάνουν τα οφέλη της χρήσης ΣΗΘ.

Οι συνολικές εκπομπές άνθρακα από μια μονάδα ΣΗΘ μπορούν να υπολογιστούν από τη συνολική κατανάλωση του καυσίμου. Γενικότερα, μπορεί να είναι χαμηλότερες ή υψηλότερες σε σχέση με τις εκπομπές από την ξεχωριστή παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού και εξαρτώνται από τις σχετικές αποδόσεις της ΣΗΘ καθώς και από το ποσοστό του άνθρακα στο καύσιμο που χρησιμοποιείται *[Pout C., et al., 2005].*

Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου πρέπει να είναι γνωστή η κατανομή του εκπεμπόμενου άνθρακα. Για παράδειγμα, κάποιος που θα αγοράσει θερμότητα ή ηλεκτρισμό από έναν διαχειριστή μιας μονάδας ΣΗΘ, ενδέχεται να πρέπει να αναφέρει τις εκπομπές άνθρακα στα πλαίσια της υποχρέωσης υποβολής περιβαλλοντικής αναφοράς για την επιχείρησή του, ή επειδή το ορίζει πολεοδομικός νόμος, κλπ.

Δε υπάρχει κάποιος κατάλληλος τρόπος εκτίμησης του άνθρακα που καταναλώνεται σε μια εφαρμογή παραγωγής ενέργειας. Αν αναλογιστούμε τη περίπτωση της επιβολής φόρου άνθρακα στη θέρμανση και στον ηλεκτρισμό, είναι προφανές ότι η αύξηση των τιμών στην αγορά θα είναι ανάλογη της κλίμακας έντασης (carbon intense) του άνθρακα. Ο ιδιοκτήτης ΣΗΘ, θα αυξήσει τις τιμές του προϊόντος του στις νέες τιμές της αγοράς, σαν να ήταν οι εκπομπές άνθρακα από τη παραγωγή θέρμανσης και ηλεκτρισμού του συστήματος ΣΗΘ ίσες με αυτές στην αγορά. Εάν όμως το συγκεκριμένο σύστημα έχει καλύτερη απόδοση, όσο αφορά στις εκπομπές άνθρακα, σε σχέση με τις εκπομπές άνθρακα ενός ξεχωριστού συστήματος για θέρμανση και ηλεκτρισμό, τότε οι πραγματικές εκπομπές άνθρακα θα είναι μικρότερες από αυτές που αναφέρονται στην αρχική τιμή που θέτει ο πωλητής [*Pout et al., 2005*].

Ως ένταση άνθρακα, ορίζεται ο λόγος άνθρακα προς παραγόμενη ενέργεια (για παράδειγμα kg άνθρακα ανά kWh), ξεχωριστά για θέρμανση και ηλεκτρισμό. Γενικότερα, η ένταση άνθρακα χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα οφέλη σε σχέση με τον άνθρακα που σχετίζονται με συγκεκριμένες τεχνολογίες και/ ή λειτουργικά συστήματα. Έτσι, συνηθίζεται να αναφερόμαστε στη μέση ένταση άνθρακα για κάποια προκαθορισμένη περίοδο, (ως συνήθως έτος). Για προγενέστερες καταστάσεις, οι εντάσεις άνθρακα μπορούν άμεσα να υπολογιστούν από τα

δεδομένα κατανάλωσης καυσίμου. Όταν πρόκειται να σχεδιαστεί ένας σταθμός ΣΗΘ, τότε η ένταση άνθρακα για το σταθμό και τη λειτουργία αυτού, θα βασιστεί στη μελλοντική κατανάλωση καυσίμου. Οι *Pout et al. (2005)*, προτείνουν η ένταση άνθρακα για τη ΣΗΘ να είναι ανάλογη με αυτές που εφαρμόζονται στις ΑΠΕ.

Εάν τα συστήματα συμπαραγωγής εγκατασταθούν κατάλληλα τότε [*Berta et al., 2005*]:

- Θα επιφέρουν σημαντική οικονομία στην ενέργεια (πάνω από 30% σε σχέση με την ξεχωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας), συνεισφέροντας στη μείωση των εκπομπών CO_2 μέσω των ήδη διαθέσιμων τεχνολογιών.
- Θα περιοριστούν οι εκπομπές ρύπων όπως CO, HC, NOx, SOx, και PM ειδικά αν χρησιμοποιηθούν αεριοστρόβιλοι.
- Θα είναι μικρότερης κλίμακας οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με αυτές των μεγάλων θερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής.
- Δεν θα παρουσιάσουν κινδύνους αστοχίας, ούτε θα απαιτηθούν ιδιαίτερες αδειοδοτήσεις, καθώς είναι συστήματα μικρής κλίμακας και λειτουργούν σε περιοχές που είναι ήδη εκτεθειμένες σε περιβαλλοντικές πιέσεις της ίδιας φύσης.

Από την άλλη, τα συστήματα ΣΗΘ παρουσιάζουν και μειονεκτήματα κυρίως για οικονομικούς λόγους, οι οποίοι καθυστερούν την ευρεία διείσδυση αυτών [*Berta et al., 2005*]:

- Αστάθεια στα τιμολόγια και στη νομοθεσία στα αρχικά στάδια της ελεύθερης αγοράς.
- Οι διαχειριστές του ηλεκτρικού τομέα είναι προσκολλημένοι σε προγράμματα μεγάλης κλίμακας, και δεν δείχνουν διάθεση να ασχοληθούν με ένα νέο πρόβλημα που απαιτεί μεγάλη ελαστικότητα και προσαρμοστικότητα.
- Οι τελικοί χρήστες θέρμανσης δεν είναι ιδιαίτερα διατεθειμένοι να επενδύσουν στην παραγωγή ενέργειας που επιφέρει οφέλη, αλλά μακροπρόθεσμα.
- Τα κέρδη και οι ζημιές των μονάδων παραγωγής ΣΗΘ, επηρεάζονται άμεσα από τα χαρακτηριστικά των σχεδιασμών και από τις τρέχουσες στρατηγικές.

Ο *Watson J., (2004)*, εξέτασε την περίπτωση της αμοιβαίας λήψης αναγκαίων μέτρων μεταξύ των εταιριών παροχής ενέργειας και των απλών καταναλωτών προκειμένου να διευρυνθεί η χρήση της παραγωγής μικρής κλίμακας (microgeneration). Η έρευνα έδειξε ότι η επένδυση σ' αυτό τον τομέα παραγωγής θα έχει αποσβεστεί σε βάθος χρόνου μιας δεκαετίας τουλάχιστο (για τα δεδομένα της Μ.

Βρετανίας). Αυτό το διάστημα είναι προφανώς πολύ μεγάλο για τους καταναλωτές αλλά και για τις εταιρίες τις ίδιες για να θεωρηθεί επιτυχής επένδυση.

Εξαίρεση ενδεχομένως να αποτελέσει η περίπτωση όπου θα επιβληθεί η αγορά μονάδας μΣΗΘ (micro CHP), με σκοπό την αντικατάσταση λέβητα κεντρικής θέρμανσης παλαιάς τεχνολογίας. Τότε, ο χρόνος της οριακής απόσβεσης του επιπλέον κόστους κτήσης και εγκατάστασης της μονάδας, θα είναι πολύ συντομότερος. Αυτό, μπορεί να παρέχει ένα επιπλέον κίνητρο εγκατάστασης μΣΗΘ στην αγορά που θα δημιουργηθεί από την αντικατάσταση παρωχημένων συστημάτων θέρμανσης.

Γενικότερα όμως, η εξάπλωση των συστημάτων παραγωγής μικρής κλίμακας, δυσχεραίνεται και από την ασυμφωνία στους κανόνες φορολογίας για τους καταναλωτές, τις εταιρίες του ενεργειακού κλάδου και άλλων τομέων της βιομηχανίας. Ένας τρόπος αντιμετώπισης αυτών των εμποδίων, είναι να δοθεί η δυνατότητα συμμετοχής στο παιχνίδι της αγοράς με ίσους όρους και στους καταναλωτές, δίνοντάς τους μερίδιο αντίστοιχο με αυτό του τομέα των εταιριών και επεκτείνοντας τις μορφές των επενδύσεων που είναι επιλέξιμες για χρηματοδότηση. Τέτοια αλλαγή στον οικονομικό τομέα, θα μπορούσε να κάνει πιο ελκυστική την αγορά μιας μονάδας μικρής παραγωγής για πολλούς καταναλωτές, και θα βοηθούσε κάποιες τεχνολογίες όπως των φωτοβολταϊκών να αποκτήσουν ανταγωνιστικότητα στην αγορά. Επιπλέον, θα δινόταν η δυνατότητα στους καταναλωτές να επενδύσουν σε πολλά άλλα μέτρα ενεργειακής απόδοσης τα οποία μπορεί να είναι και πιο οικονομικά.

Η ανάλυση των παραπάνω μοντέλων επένδυσης στη μικρο-παραγωγή (microgeneration), έδειξε ότι υπάρχει η δυναμική διαμόρφωσης άλλης σχέσης μεταξύ καταναλωτών και εταιριών του ενεργειακού τομέα. Οι διαφορετικές δομές κυριότητας στα μοντέλα και η προοπτική υποδομών επικοινωνίας και ελέγχου μπορεί να δημιουργήσουν μια γνήσια σχέση συνεργασίας και αλληλοσυμπλήρωσης. Για παράδειγμα, η δυνατότητα πληροφόρησης της τιμής πώλησης της KWh σε πραγματικό χρόνο, μπορεί να ενθαρρύνει τους καταναλωτές στη φιλοσοφία: αγοράζω όταν η KWh είναι χαμηλή και πουλάω όταν είναι ακριβή. Ομοίως, τα κατανεμημένα συστήματα ελέγχου θα μπορούν να δίνουν την εντολή, σε συσκευές των κατοικιών των καταναλωτών, έναρξης ή παύσης λειτουργίας ανάλογα με την τιμή της KWh. Πιστεύεται επίσης, ότι αυτή η κατάσταση θα ωθήσει τους καταναλωτές σε μια συνείδηση κοινής ευθύνης. Από κάποιους χαρακτηρίζεται ως λύση κλειδί για ένα αειφόρο ενεργειακό σύστημα.

Επιπλέον, κάποιες έρευνες έδειξαν ότι η χρήση μονάδων μΣΗΘ ώθησαν τους καταναλωτές στην αλλαγή κάποιων συνηθειών που είχαν, προκειμένου να βελτιστοποιήσουν τη χρήση της ενέργειας που οι ίδιοι παράγουν στην κατοικία τους.

Ακόμη και αν η οικονομική κατάσταση γίνει πιο ελκυστική, οι εταιρίες του ενεργειακού τομέα θα αντιλαμβάνονται τη μικρο- παραγωγή ως μια επέκταση του status quo, με απομακρυσμένο έλεγχο (remote control) σε ένα μεγάλο αριθμό μονάδων εγκατεστημένων στις κατοικίες των καταναλωτών. Εναλλακτικά, οι καταναλωτές μπορεί να ασπαστούν τη νέα δυναμική που ανοίγεται με την μικρο-παραγωγή και με την τεχνολογία πληροφορικής και επικοινωνιών, και να παίξουν ένα πιο ενεργό ρόλο στην παροχή των ενεργειακών υπηρεσιών που οι ίδιοι απαιτούν.

Στο τεχνικό σκέλος τώρα, πάλι ο τελικός χρήστης αποτελεί τον παράγοντα εκείνο που θα καθορίσει τον τύπο και τη δυναμικότητα της μονάδας ΣΗΘ. Ο λόγος θέρμανσης και ηλεκτρισμού (Heat to Power ratio), εξαρτάται από τον τύπο του τελικού χρήστη: Για θέρμανση και ζεστό νερό, για οικιακή χρήση, για χρήση σε νοσοκομεία ή εμπορικά κέντρα, κλπ., ο λόγος κυμαίνεται μεταξύ 3 και 10, ενώ για τη βιομηχανία ο λόγος κυμαίνεται από 2 έως 5 σε ετήσια βάση.

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια σύντομη αναφορά σε κάποια από τα παραπάνω είδη ΣΗΘ.

2.3.1.3 Συστήματα Ατμοστροβίλου

Είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα συμπαραγωγής, με δυναμικότητες 500 kW - 100 MW. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε καύσιμο [*Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (Γ.Δ Έρευνας και Μεταφορών, Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας)*]. Ακόμη και στερεά απόβλητα μπορούν να καούν σε ειδικούς λέβητες εφοδιασμένους με συστήματα κατακράτησης ή και εξουδετέρωσης ρύπων και τοξικών ουσιών, που δημιουργούνται κατά την καύση. Ο βαθμός απόδοσης φθάνει το 60 - 85%. Βασικός παράγοντας που προκαλεί την μείωση της απόδοσης του ατμοστροβίλου είναι η παρουσία σταγονιδίων στον ατμό, τα οποία είναι και η αιτία φυσικής διάβρωσης των πτερυγίων. Για τους παραπάνω λόγους, ο λόγος ξηρότητας του ατμού στην έξοδο του στροβίλου δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 0,9 [*Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (Γ.Δ Έρευνας και Μεταφορών, Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας)*]. Γενικότερα όμως, τα συστήματα ατμοστροβίλου έχουν υψηλή αξιοπιστία, που φθάνει το 95%, υψηλή διαθεσιμότητα (90 - 95%) και μεγάλη διάρκεια ζωής (25 - 35 έτη). Όμως, ο χρόνος εγκατάστασης είναι σχετικά μεγάλος: 12 - 18 μήνες για μικρές μονάδες και μέχρι τρία έτη για μεγαλύτερα συστήματα [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*].

Βρετανίας). Αυτό το διάστημα είναι προφανώς πολύ μεγάλο για τους καταναλωτές αλλά και για τις εταιρίες τις ίδιες για να θεωρηθεί επιτυχής επένδυση.

Εξαίρεση ενδεχομένως να αποτελέσει η περίπτωση όπου θα επιβληθεί η αγορά μονάδας μΣΗΘ (micro CHP), με σκοπό την αντικατάσταση λέβητα κεντρικής θέρμανσης παλαιάς τεχνολογίας. Τότε, ο χρόνος της οριακής απόσβεσης του επιπλέον κόστους κτήσης και εγκατάστασης της μονάδας, θα είναι πολύ συντομότερος. Αυτό, μπορεί να παρέχει ένα επιπλέον κίνητρο εγκατάστασης μΣΗΘ στην αγορά που θα δημιουργηθεί από την αντικατάσταση παρωχημένων συστημάτων θέρμανσης.

Γενικότερα όμως, η εξάπλωση των συστημάτων παραγωγής μικρής κλίμακας, δυσχεραίνεται και από την ασυμφωνία στους κανόνες φορολογίας για τους καταναλωτές, τις εταιρίες του ενεργειακού κλάδου και άλλων τομέων της βιομηχανίας. Ένας τρόπος αντιμετώπισης αυτών των εμποδίων, είναι να δοθεί η δυνατότητα συμμετοχής στο παιχνίδι της αγοράς με ίσους όρους και στους καταναλωτές, δίνοντάς τους μερίδιο αντίστοιχο με αυτό του τομέα των εταιριών και επεκτείνοντας τις μορφές των επενδύσεων που είναι επιλέξιμες για χρηματοδότηση. Τέτοια αλλαγή στον οικονομικό τομέα, θα μπορούσε να κάνει πιο ελκυστική την αγορά μιας μονάδας μικρής παραγωγής για πολλούς καταναλωτές, και θα βοηθούσε κάποιες τεχνολογίες όπως των φωτοβολταϊκών να αποκτήσουν ανταγωνιστικότητα στην αγορά. Επιπλέον, θα δινόταν η δυνατότητα στους καταναλωτές να επενδύσουν σε πολλά άλλα μέτρα ενεργειακής απόδοσης τα οποία μπορεί να είναι και πιο οικονομικά.

Η ανάλυση των παραπάνω μοντέλων επένδυσης στη μικρο-παραγωγή (microgeneration), έδειξε ότι υπάρχει η δυναμική διαμόρφωσης άλλης σχέσης μεταξύ καταναλωτών και εταιριών του ενεργειακού τομέα. Οι διαφορετικές δομές κυριότητας στα μοντέλα και η προοπτική υποδομών επικοινωνίας και ελέγχου μπορεί να δημιουργήσουν μια γνήσια σχέση συνεργασίας και αλληλοσυμπλήρωσης. Για παράδειγμα, η δυνατότητα πληροφόρησης της τιμής πώλησης της KWh σε πραγματικό χρόνο, μπορεί να ενθαρρύνει τους καταναλωτές στη φιλοσοφία: αγοράζω όταν η KWh είναι χαμηλή και πουλάω όταν είναι ακριβή. Ομοίως, τα κατανεμημένα συστήματα ελέγχου θα μπορούν να δίνουν την εντολή, σε συσκευές των κατοικιών των καταναλωτών, έναρξης ή παύσης λειτουργίας ανάλογα με την τιμή της KWh. Πιστεύεται επίσης, ότι αυτή η κατάσταση θα ωθήσει τους καταναλωτές σε μια συνείδηση κοινής ευθύνης. Από κάποιους χαρακτηρίζεται ως λύση κλειδί για ένα αειφόρο ενεργειακό σύστημα.

Επιπλέον, κάποιες έρευνες έδειξαν ότι η χρήση μονάδων μΣΗΘ ώθησαν τους καταναλωτές στην αλλαγή κάποιων συνηθειών που είχαν, προκειμένου να βελτιστοποιήσουν τη χρήση της ενέργειας που οι ίδιοι παράγουν στην κατοικία τους.

Ακόμη και αν η οικονομική κατάσταση γίνει πιο ελκυστική, οι εταιρίες του ενεργειακού τομέα θα αντιλαμβάνονται τη μικρο- παραγωγή ως μια επέκταση του status quo, με απομακρυσμένο έλεγχο (remote control) σε ένα μεγάλο αριθμό μονάδων εγκατεστημένων στις κατοικίες των καταναλωτών. Εναλλακτικά, οι καταναλωτές μπορεί να ασπαστούν τη νέα δυναμική που ανοίγεται με την μικρο-παραγωγή και με την τεχνολογία πληροφορικής και επικοινωνιών, και να παίξουν ένα πιο ενεργό ρόλο στην παροχή των ενεργειακών υπηρεσιών που οι ίδιοι απαιτούν.

Στο τεχνικό σκέλος τώρα, πάλι ο τελικός χρήστης αποτελεί τον παράγοντα εκείνο που θα καθορίσει τον τύπο και τη δυναμικότητα της μονάδας ΣΗΘ. Ο λόγος θέρμανσης και ηλεκτρισμού (Heat to Power ratio), εξαρτάται από τον τύπο του τελικού χρήστη: Για θέρμανση και ζεστό νερό, για οικιακή χρήση, για χρήση σε νοσοκομεία ή εμπορικά κέντρα, κλπ., ο λόγος κυμαίνεται μεταξύ 3 και 10, ενώ για τη βιομηχανία ο λόγος κυμαίνεται από 2 έως 5 σε ετήσια βάση.

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια σύντομη αναφορά σε κάποια από τα παραπάνω είδη ΣΗΘ.

2.3.1.3 Συστήματα Ατμοστροβίλου

Είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα συμπαραγωγής, με δυναμικότητες 500 kW - 100 MW. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε καύσιμο [*Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (Γ.Δ Έρευνας και Μεταφορών, Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας)*]. Ακόμη και στερεά απόβλητα μπορούν να καούν σε ειδικούς λέβητες εφοδιασμένους με συστήματα κατακράτησης ή και εξουδετέρωσης ρύπων και τοξικών ουσιών, που δημιουργούνται κατά την καύση. Ο βαθμός απόδοσης φθάνει το 60 - 85%. Βασικός παράγοντας που προκαλεί την μείωση της απόδοσης του ατμοστροβίλου είναι η παρουσία σταγονιδίων στον ατμό, τα οποία είναι και η αιτία φυσικής διάβρωσης των πτερυγίων. Για τους παραπάνω λόγους, ο λόγος ξηρότητας του ατμού στην έξοδο του στροβίλου δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 0,9 [*Ευρωπαϊκή Επιτροπή, (Γ.Δ Έρευνας και Μεταφορών, Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας)*]. Γενικότερα όμως, τα συστήματα ατμοστροβίλου έχουν υψηλή αξιοπιστία, που φθάνει το 95%, υψηλή διαθεσιμότητα (90 - 95%) και μεγάλη διάρκεια ζωής (25 - 35 έτη). Όμως, ο χρόνος εγκατάστασης είναι σχετικά μεγάλος: 12 - 18 μήνες για μικρές μονάδες και μέχρι τρία έτη για μεγαλύτερα συστήματα [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*].

Οι τρεις βασικές διατάξεις ατμοστροβίλων είναι οι ακόλουθες:

- Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης (Διάγραμμα 2.3).
- Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο απομάστευσης (Διάγραμμα 2.4).
- Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο σε κύκλο βάσης (Διάγραμμα 2.5).

Σε ένα σύστημα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης, ατμός υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας (20 - 100 bar και 480 - 540 °C) παράγεται σε λέβητα με κατανάλωση καυσίμου και χρησιμοποιείται για την κίνηση ατμοστροβίλου, στον άξονα του οποίου είναι συνδεδεμένη ηλεκτρογεννήτρια. Ο ατμός εξέρχεται από το στρόβιλο σε πίεση και θερμοκρασία κατάλληλη για τις θερμικές διεργασίες. Ο όρος «αντίθλιψη» οφείλεται στο ότι η πίεση αυτή είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής (3 - 20 bar). Απομάστευση (δηλ. εξαγωγή) μέρους του ατμού από ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου στις επιθυμητές πιέσεις είναι επίσης δυνατή.

Σε ένα σύστημα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο απομάστευσης, μέρος του ατμού εξάγεται (απομαστεύεται) από μία ή περισσότερες ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου στις επιθυμητές πιέσεις, ενώ ο υπόλοιπος εκτονώνεται μέχρι την πίεση του συμπυκνωτή (λέγεται και ψυγείο ατμού) που είναι 0,05 - 0,10 bar.

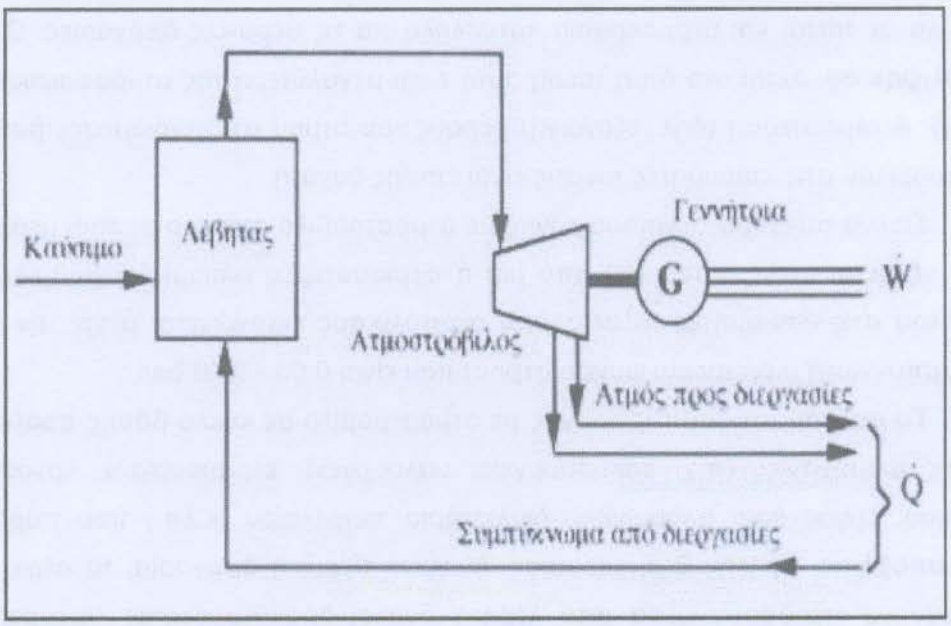
Τα συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο σε κύκλο βάσης προέκυψαν από τις βιομηχανίες (π.χ. χαλυβουργεία, υαλουργεία, κεραμουργεία, εργοστάσια τσιμέντου, εργοστάσια αλουμινίου, διυλιστήρια πετρελαίου, κ.λπ.) που παράγουν αέρια απόβλητα υψηλής θερμοκρασίας. Μετά τη θερμική διεργασία, τα αέρια αυτά μπορούν να περάσουν μέσα από λέβητα ανακομιδής θερμότητας (recuperator), όπου παράγεται ατμός που κινεί μια ατμοστροβιλογεννήτρια. Έτσι, η μονάδα παραγωγής θερμότητας μετατρέπεται σε σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού.

Σε σύγκριση με το σύστημα απομάστευσης, το σύστημα αντίθληψης έχει τα εξής πλεονεκτήματα [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*]:

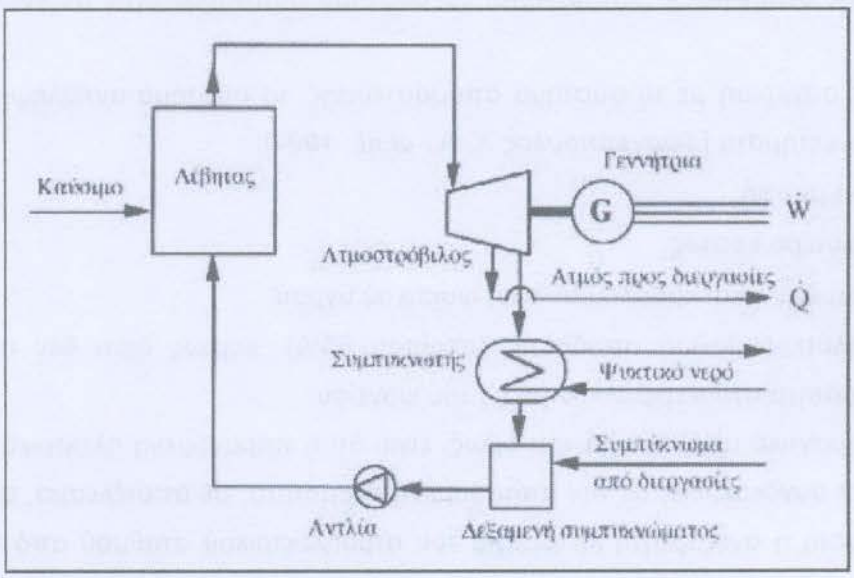
- Απλή μορφή.
- Μικρότερο κόστος.
- Μειωμένη ή και καθόλου ανάγκη ψυκτικού υγρού.
- Υψηλότερο βαθμό απόδοσης (περίπου 85%), κυρίως διότι δεν αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον μέσω του ψυγείου.

Σημαντικό μειονέκτημά του όμως, είναι ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι στενά συνδεδεμένη με την απαιτούμενη θερμότητα, με αποτέλεσμα, αφενός να είναι αδύνατη η ανεξάρτητη λειτουργία του ατμοηλεκτρικού σταθμού από το δίκτυο θέρμανσης, αφετέρου να είναι αναγκαία η αμφίδρομη σύνδεση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού για την κάλυψη πρόσθετων αναγκών ή για τη διοχέτευση της πιθανής

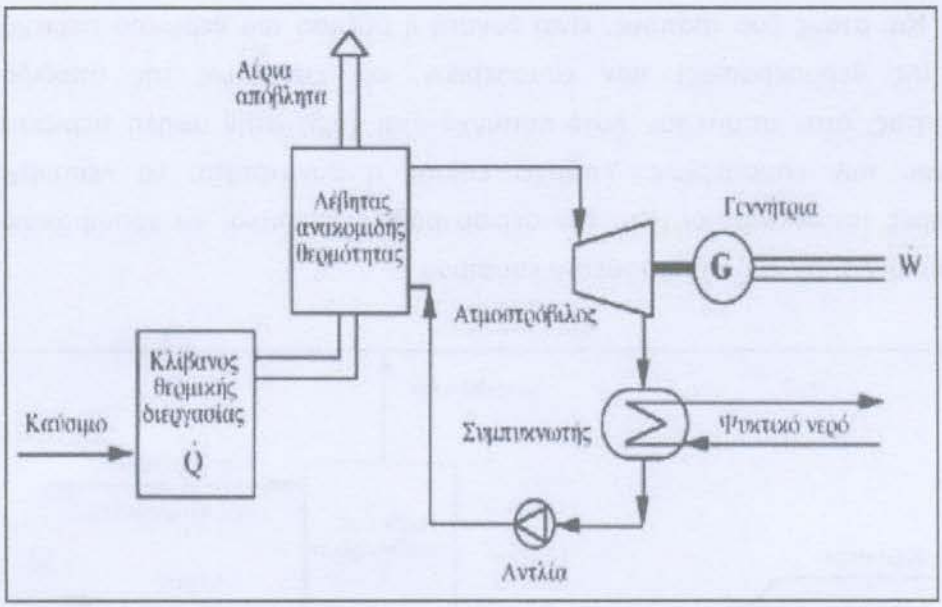
περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα απομάστευσης είναι ακριβότερα και έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης (περίπου 80%) από τα συστήματα αντίθλιψης. Όμως, έχουν τη δυνατότητα ανεξάρτητης (μέσα σε ορισμένα όρια) ρύθμισης της ηλεκτρικής και θερμικής ισχύος. Αυτό επιτυγχάνεται με ρύθμιση της ολικής παροχής ατμού και επομένως της παροχής ατμού προς τον συμπυκνωτή. Στα Διαγράμματα 2.3 - 2.5, δίνονται τα διαγράμματα ροής των τριών συστημάτων [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*].



Διάγραμμα 2.3: Σύστημα ΣΗΘ με ατμοστρόβιλο αντίθλησης. **Πηγή:** *Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*



Διάγραμμα 2.4: Σύστημα ΣΗΘ με ατμοστρόβιλο απομάστευσης. **Πηγή:** *Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*



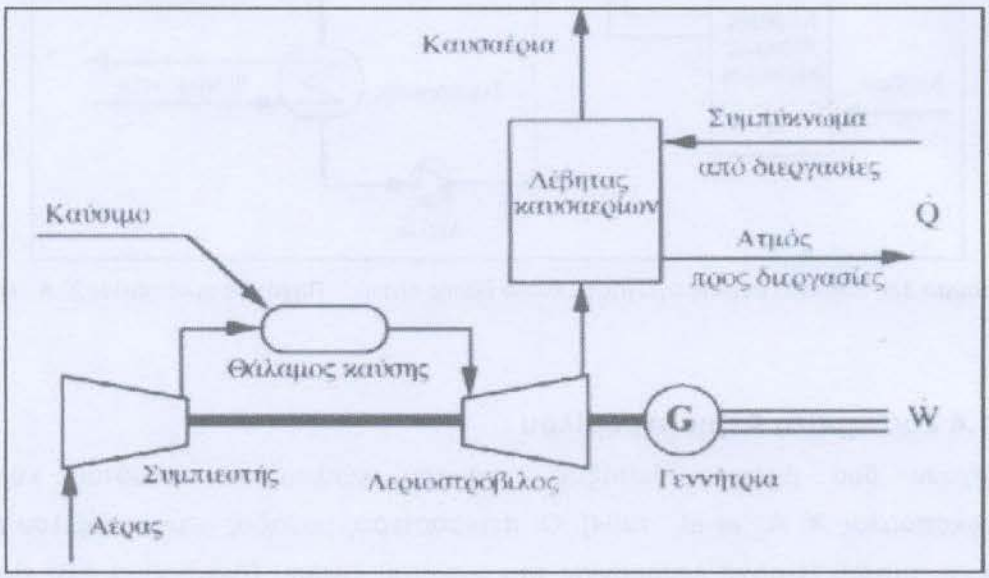
Διάγραμμα 2.5: Σύστημα συμπαραγωγής με κύκλο βάσης ατμού. **Πηγή:** *Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*

2.3.1.4 Συστήματα Αεριοστροβίλου

Υπάρχουν δυο βασικές διατάξεις: ανοικτού κύκλου και κλειστού κύκλου [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*]. Οι περισσότερες μονάδες αεριοστρόβιλου είναι ανοικτού τύπου. Η αρχή λειτουργίας του ανοικτού κύκλου (Διάγραμμα 4.6) είναι η εξής: αέρας αναρροφάται από την ατμόσφαιρα, συμπιέζεται και οδηγείται στον θάλαμο καύσης. Τα καυσαέρια εκτονώνονται στον αεριοστρόβιλο (που κινεί τη γεννήτρια), από τον οποίο αποβάλλονται σε θερμοκρασίες 300 - 600°C. Η σημαντική ισχύς που απαιτείται για την κίνηση του συμπιεστή και η υψηλή θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι οι κύριες αιτίες του μικρού βαθμού απόδοσης ενός τέτοιου συστήματος ηλεκτροπαραγωγής (25 - 35% και σε σύγχρονες προηγμένες μονάδες 40%) [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*]. Η υψηλή θερμοκρασία των καυσαερίων κάνει τις μονάδες αυτές ιδανικές για συμπαραγωγή (Διάγραμμα 4.6), με αντίστοιχη αύξηση του βαθμού απόδοσης στο 60 - 80%. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι εκμετάλλευσης της θερμότητας των καυσαερίων:

- Άμεση χρήση σε θερμικές διεργασίες (θέρμανση, ξήρανση κλπ)
- Διοχέτευση των καυσαερίων σε λέβητα ανακομιδής θερμότητας (λέγεται και λέβητας καυσαερίων). Εκεί παράγεται ατμός υψηλών χαρακτηριστικών, που είναι κατάλληλος όχι μόνον για θερμικές διεργασίες αλλά και για την κίνηση ατμοστροβίλου (συνδεδεμένου με γεννήτρια ή άλλο μηχάνημα). Στη δεύτερη περίπτωση πρόκειται για σύστημα συνδυασμένου κύκλου (Combined Cycle).

Και στους δύο τρόπους, είναι δυνατή η αύξηση του θερμικού περιεχομένου (δηλ. της θερμοκρασίας) των καυσαερίων, και επομένως της αποδιδόμενης θερμότητας, όταν απαιτείται. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στην υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου των καυσαερίων. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα, να λειτουργήσουν καυστήρες τοποθετημένοι μετά τον αεριοστρόβιλο οι οποίοι θα χρησιμοποιούν τα καυσαέρια για την καύση πρόσθετου καυσίμου.



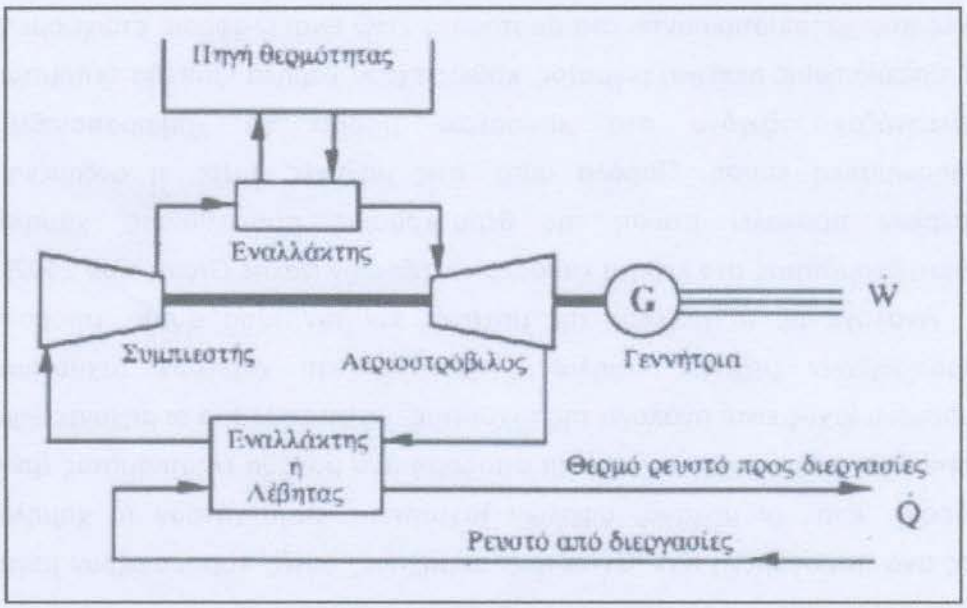
Διάγραμμα 2.6: Σύστημα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου. **Πηγή:** *Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*

Τα συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου έχουν ισχύ 100 kW – 100 MW. Λειτουργούν συνήθως με φυσικό αέριο ή ελαφρά αποστάγματα πετρελαίου (π.χ. καύσιμο Diesel), ενώ ευοίωνες παρουσιάζονται οι προοπτικές για χρήση γαιανθράκων σε εξαεριωμένη μορφή. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν καύσιμα αέρια, που παράγονται, π.χ., κατά την καταλυτική σχάση υδρογονανθράκων σε διυλιστήρια πετρελαίου.

Στα συστήματα κλειστού κύκλου, το εργαζόμενο ρευστό (συνήθως ήλιο ή αέρας) κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Θερμαίνεται μέχρι την κατάλληλη θερμοκρασία σε εναλλάκτη θερμότητας, πριν από την είσοδο στον αεριοστρόβιλο, και ψύχεται μετά την έξοδό του από αυτόν (Διάγραμμα 2.7). Καθώς το ρευστό δεν συμμετέχει στην καύση, διατηρείται καθαρό και έτσι αποφεύγεται η μηχανική και η χημική διάβρωση του αεριοστροβίλου από τα προϊόντα της καύσης.

Η εξωτερική καύση (πηγή θερμότητας) επιτρέπει τη χρήση οποιουδήποτε καυσίμου στα συστήματα αυτά: άνθρακα, απόβλητα βιομηχανιών ή πόλεων, βιομάζα,

υγρά ή αέρια καύσιμα παραγόμενα από βιομάζα, κ.λπ. Πυρηνική ή ηλιακή ενέργεια μπορούν επίσης να αποτελέσουν την πηγή θερμότητας.



Διάγραμμα 2.7: Σύστημα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο κλειστού κύκλου. **Πηγή:** *Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*

Στην Ευρώπη και στην Ιαπωνία λειτουργούν συστήματα αυτού του τύπου (2 - 50 MW), ο αριθμός τους όμως είναι περιορισμένος. Μετά την απόκτηση αρκετής εμπειρίας, η αξιοπιστία των συστημάτων κλειστού κύκλου προβλέπεται ότι θα είναι τουλάχιστον ίση με εκείνη των συστημάτων ανοικτού κύκλου, ενώ η διαθεσιμότητα θα είναι υψηλότερη χάρη στις μικρότερες απαιτήσεις συντήρησης, που οφείλονται στην καθαρότητα του εργαζόμενου ρευστού [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*].

2.3.1.5 Συστήματα με παλινδρομική μηχανή εσωτερικής καύσης

Τα συστήματα αυτά, δε χρειάζονται συχνή συντήρηση και επισκευή. Η δυναμικότητά τους κυμαίνεται από δεκάδες kW μέχρι και πάνω από 10 MW, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μορφές καύσιμης ύλης. Με τα παραπάνω δεδομένα, είναι κατάλληλα για εφαρμογές συμπαραγωγής σε φορτία κατοικιών, εμπορικών συγκροτημάτων και μικρών βιομηχανικών μονάδων [*Onovwiona H. I.,2004*].

Οι μηχανές Diesel χρησιμοποιούνται ευρέως σε μεγάλης κλίμακας μονάδες ΣΗΘ, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν και σε μικρότερη κλίμακα. Λειτουργούν με καύσιμο Diesel ή βαρύ πετρέλαιο, ή ακόμη και με τη μέθοδο του διπλού καυσίμου όπου γίνεται πρωτίστως η καύση με φυσικό αέριο με ένα μικρό ποσοστό πιλοτικού Diesel. Τα βασικά στοιχεία που απαρτίζουν τα παραπάνω συστήματα είναι, η

μηχανή, η γεννήτρια, το σύστημα ανάκτησης θερμότητας, το σύστημα εξόδου των καυσαερίων, το σύστημα ηχομόνωσης και τα όργανα ελέγχου. Η γεννήτρια οδηγείται από τη μηχανή και η θερμότητα ανακτάται από το σύστημα εξάτμισης και ψύξης. Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ΣΗΘ είναι ελαφρού/ στοιχειομετρικού (lean/ stoichiometric mixture) μίγματος, καθώς έχουν χαμηλά επίπεδα εκπομπών και το πλεονάζον οξυγόνο στα καυσαέρια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συμπληρωματική καύση. Παρόλα αυτά, στις μηχανές αυτές, η αυξημένη ροή καυσαερίων προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας προκαλώντας, χαμηλότερη ανάκτηση θερμότητας στο λέβητα καυσαερίων [*Energy Nexus Group, Feb 2002*].

Ανάλογα με το μέγεθος της μηχανής και τον τύπο αυτής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανές υψηλών , μεσαίων και χαμηλών ταχυτήτων. Η αποδιδόμενη ισχύς είναι ανάλογη της ταχύτητας, με αποτέλεσμα οι μηχανές υψηλών ταχυτήτων να πετυχαίνουν τη μέγιστη απόδοση ανά μονάδα εκτοπίσματος (μέγεθος κυλίνδρου). Έτσι, οι μηχανές υψηλών ταχυτήτων, επιτυγχάνουν το χαμηλότερο κόστος ανά παραγόμενη KW. Εντούτοις, οι μηχανές αυτές παρουσιάζουν μεγάλους ρυθμούς αλλοίωσης, συντομεύοντας τις περιόδους συντήρησης.

Όσον αφορά στην σωστή λειτουργία των μηχανών ενός συστήματος ΣΗΘ, αυτή εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα, την αξιοπιστία, τις απαιτήσεις συντήρησης και τις εκπομπές. Οι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης έχουν ένα εύρος απόδοσης από 25 έως 45%. Η συνολική απόδοση ενός συστήματος ΣΗΘ με αυτού του τύπου τις μηχανές φτάνει το 90%, ενώ η ηλεκτρική κυμαίνεται από 28 έως 39% και αυξάνει με το μέγεθος της μηχανής.

Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Μονάδες μικρής κλίμακας με αεριομηχανή (15 - 1000 kW) ή κινητήρα Diesel (75 - 1000 kW).
2. Συστήματα μέσης ισχύος (1000 - 6000 kW) με αεριομηχανή ή κινητήρα Diesel.
3. Συστήματα μεγάλης ισχύος (άνω των 6000 kW) με κινητήρα Diesel.

Αεριομηχανές (Gas engines) ονομάζονται οι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης που λειτουργούν με αέριο καύσιμο, π.χ. φυσικό αέριο, βιοαέριο, κ.λπ. Εμπορικά είναι διαθέσιμοι οι ακόλουθοι τύποι αεριομηχανών:

i. Βενζινοκινητήρες αυτοκινήτων που έχουν μετατραπεί σε αεριομηχανές. Είναι συνήθως μικρές μηχανές (15 - 30 kW), ελαφρές, με μεγάλη συγκέντρωση ισχύος. Η μετατροπή, επηρεάζει πολύ λίγο τον βαθμό απόδοσης, ενώ μειώνει την ισχύ κατά 18% περίπου. Χάρη στη μαζική παραγωγή οι τιμές τους είναι χαμηλές αλλά η διάρκεια ζωής τους είναι σχετικά μικρή (1000 - 3000 ώρες).
ii. Κινητήρες Diesel αυτοκινήτων που έχουν μετατραπεί σε αεριομηχανές. Έχουν ισχύ μέχρι 200 kW. Η μετατροπή επιτυγχάνεται με τροποποιήσεις των

εμβόλων, των κεφαλών και του μηχανισμού των βαλβίδων, που επιβάλλονται λόγω του ότι η έναυση δεν γίνεται πλέον με απλή συμπίεση αλλά με σπινθηριστή. Συνήθως, η μετατροπή δεν προκαλεί μείωση της ισχύος, καθώς υπάρχει περιθώριο μείωσης της περίσσειας αέρα.

iii. Σταθερές μηχανές που έχουν μετατραπεί σε αεριομηχανές ή που έχουν από την αρχή σχεδιασθεί ως αεριομηχανές. Οι μηχανές αυτές είναι βαριές και στιβαρές. Κατασκευάζονται για εφαρμογές στη βιομηχανία και στα πλοία. Η ισχύς τους φθάνει 3000 kW. Η ανθεκτική κατασκευή τους μειώνει τις απαιτήσεις συντηρήσεων αλλά αυξάνει το κόστος αγοράς τους. Είναι μηχανές κατάλληλες για συνεχή λειτουργία σε υψηλό φορτίο.

iv. Σταθερές μηχανές διπλού καυσίμου. Είναι κινητήρες Diesel ισχύος μέχρι 6000 kW. Το καύσιμο αποτελείται κατά 90% από φυσικό αέριο, η έναυση του οποίου γίνεται όχι με σπινθιριστή αλλά με έγχυση υγρού καυσίμου Diesel (που αποτελεί το υπόλοιπο 10% της προσφερόμενης ενέργειας). Έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να λειτουργούν είτε με φυσικό αέριο είτε με καύσιμο Diesel, το οποίο βέβαια αυξάνει το κόστος αγοράς και συντήρησης.

Όπως και στην περίπτωση των αεριοστροβίλων, τα καυσαέρια των κινητήρων βρίσκουν είτε άμεση είτε έμμεση χρήση. Η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι 300 - 400 °C, δηλ. αισθητά χαμηλότερη από εκείνη του αεριοστροβίλου, γι' αυτό και κάνει πιο συχνή την ανάγκη για συμπληρωματική πηγή θερμότητας. Αυτή αποκτάται, είτε με τοποθέτηση καυστήρα και προσαγωγή αέρα για καύση συμπληρωματικού καυσίμου στον λέβητα καυσαερίων (ή στον κλίβανο της θερμικής διεργασίας), είτε με εγκατάσταση βοηθητικού λέβητα. Οι μεγάλοι κινητήρες προσφέρουν τη δυνατότητα συνδυασμένου κύκλου.

Ο βαθμός απόδοσης μικρών και μεσαίων κινητήρων είναι 35 - 45%, ενώ σε σύγχρονους μεγάλους κινητήρες φθάνει το 50%. Ο βαθμός απόδοσης ενός συστήματος συμπαραγωγής με εμβολοφόρο κινητήρα εσωτερικής καύσης βρίσκεται στην περιοχή του 80%. Τέλος, η διάρκεια ζωής είναι 15 - 20 έτη και εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδας, την ποιότητα του καυσίμου και την ποιότητα της συντήρησης. Οι παλινδρομικοί κινητήρες απαιτούν τακτικότερη συντήρηση σε σχέση με τα προηγούμενα συστήματα, με αποτέλεσμα μικρότερη μέση ετήσια διαθεσιμότητα: 80 - 90% [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*].

Οι μηχανές ηλεκτρονικής ανάφλεξης είναι καταλληλότερες για μικρότερες εφαρμογές συμπαραγωγής, με το σύστημα ανάκτησης θερμότητας να παράγει νερό θερμοκρασίας 160 °C ή ατμό πίεσης 20 bar. Συνήθως τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο, αλλά υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης προπανίου, βενζίνης και βιοαερίου. Γενικώς, τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα συστήματα μΣΗΘ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

παλινδρομικών μηχανών εσωτερικής καύσης σε σχέση με άλλες τεχνολογίες συμπαραγωγής, είναι το χαμηλό κόστος κτήσης, η αξιόπιστη επί τόπου (on-site) παροχή ενέργειας, η ευκολία επισκευής και η ευρεία υποδομή συντήρησης [*Onovwiona H. I., 2004*].

Οι κύριες εκπομπές ρύπων των παλινδρομικών μηχανών εσωτερικής καύσης είναι, NOx, CO, πτητικά οργανικά συστατικά (VOCs), ενώ άλλοι ρύποι όπως SOx και σωματιδιακή ύλη, εξαρτώνται από τον τύπο των καυσίμων και της μηχανής που χρησιμοποιείται (Πίνακας 2.6). Γενικώς, οι εκπομπές SOx είναι περισσότερες σε μεγάλες, αργών ταχυτήτων μηχανές diesel που καίνε μαζούτ [*Energy Nexus Group, Feb 2002*]. Η σωματιδιακή ύλη εμφανίζεται σε μηχανές diesel που καίνε υγρά καύσιμα.

Πίνακας 2.8: Χαρακτηριστικά παλινδρομικών μηχανών εσωτερικής καύσεως.

	Cummins Power*						Coast Intelligen, Inc**	
Ηλεκτρική Ισχύς (kW)	7,5	16	16	20	35	50	55	80
Μηχανή/ τύπος καυσίμου	Diesel/ diesel	ΗΑ/ΦΑ	Diesel/ diesel	ΗΑ/ΦΑ	Diesel/ diesel	Diesel/ diesel	ΗΑ/ΦΑ	ΗΑ/ΦΑ
Συσκευή ελέγχου εκπομπών	Καμία	Καμία	Καμία	Καμία	Καμία	Turbocharger	ΕΚΜ	ΕΚΜ
Λόγος αέρα/ καυσίμου		16,8		16,6				
ΛΣ	18,5:1	9,4:1	18,5:1	9,4:1	17,3:1	16,5:1		
NOx, (g/bhph)	12,6	7,8	12,6	8,2	6,99	7,97	<0,15[a]	<0,15[a]
CO, (g/bhph)	3,13	36,8	3,13	38,6	1,26	0,75	<0,60[a]	<0,60[a]
Άκαυστοι υδρογ/κες (g/bhph)	1,64	1,3	1,64	1,2	0,50	0,4	<0,15[a]	<0,15[a]
SO_2, (g/bhph)					0,62	0,6		
Σωματίδια (g/bhph)	0,66	Αμελητέα	0,66	Αμελητέα	N/A	0,13		

Πηγή: *CumminsPower (www.cumminspower.com), CoastIntelligen (www.coastintelligen.com)*

a: Οι εκπομπές διορθωμένες σε 15% O_2, ΛΣ: λόγος συμπίεσης, ΦΑ: Φυσικό αέριο, ΗΑ: ηλεκτρονική ανάφλεξη, ΕΚΜ: εξελιγμένος καταλυτικός μεταλλάκτης.

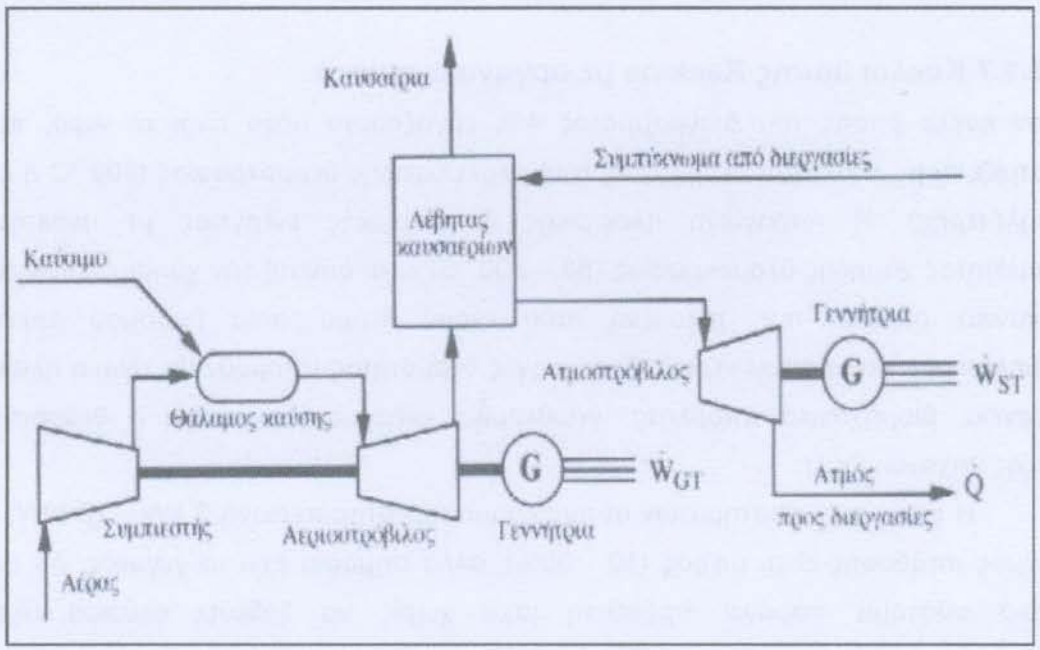
** Η Cummins Power Generation είναι μια από τις μεγαλύτερες παγκοσμίως κατασκευάστριες εταιρείες γεννητριών diesel με έδρα την Σιγκαπούρη.*

*** Η Coast Intelligen κατασκευάζει συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ολοκληρωμένα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις.*

2.3.1.6 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου

Ο όρος «συνδυασμένος κύκλος» αναφέρεται σε συστήματα με δύο θερμοδυναμικούς κύκλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο ρευστό και λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Ο κύκλος υψηλής θερμοκρασίας (κορυφής) αποβάλλει θερμότητα, που ανακτάται και χρησιμοποιείται από τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας (βάσης) για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, αυξάνοντας έτσι τον βαθμό απόδοσης [*Horlock J. H., 1992*].

Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστροβίλου - ατμοστροβίλου (κύκλοι Joule - Rankine). Στο Διάγραμμα 2.8 απεικονίζονται τα βασικά στοιχεία ενός τέτοιου συστήματος [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*].



Διάγραμμα 2.8: Σύστημα συμπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου με ατμοστρόβιλο αντίθλιψης. **Πηγή:** *Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*

Η υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεριοστροβίλου (περίπου 17%), επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στον λέβητα καυσαερίων, εάν κριθεί αναγκαία για την αύξηση ισχύος του συστήματος. Η συμπληρωματική καύση αυξάνει τον βαθμό απόδοσης του συστήματος κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο, αλλά κάνει την εγκατάσταση και ιδιαίτερα τις διατάξεις ρύθμισης και ελέγχου πιο περίπλοκες. Η ισχύς των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20 - 400 MW, ενώ κατασκευάζονται

επίσης και μικρότερες μονάδες με ισχύ 4 - 11 MW. Ως προς τα καύσιμα ισχύει ότι αναφέρθηκε για τα συστήματα αεριοστροβίλου.

Ο χρόνος εγκατάστασης είναι 2 - 3 έτη. Είναι δυνατή η ολοκλήρωση της εγκατάστασης σε δύο πεδία: Εγκαθίσταται πρώτα η μονάδα αεριοστροβίλου, που μπορεί να είναι έτοιμη για λειτουργία σε 12 - 18 μήνες. Ενώ αυτή λειτουργεί, συμπληρώνεται το σύστημα με τη μονάδα του ατμοστροβίλου. Η αξιοπιστία των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου είναι 80 - 85 %, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα 77 - 85% και ο οικονομικός χρόνος ζωής 15 - 25 έτη [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*].

Είναι επίσης δυνατός ο συνδυασμός κύκλου Diesel με κύκλο Rankine. Η διάταξη μοιάζει με εκείνη του Διαγράμματος 2.8, όπου η μονάδα συμπιεστή – θαλάμου καύσης - αεριοστροβίλου αντικαθίσταται από τον κινητήρα Diesel και τους εναλλάκτες θερμότητας που τον συνοδεύουν.

2.3.1.7 Κύκλοι βάσης Rankine με οργανικά ρευστά

Στον κύκλο βάσης του Διαγράμματος 4.8, εργαζόμενο μέσο είναι το νερό, που εξατμίζεται με ανάκτηση θερμότητας από αέρια υψηλής θερμοκρασίας (600 °C ή και υψηλότερης). Η παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας με ανάκτηση θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας (80 – 300 °C) είναι δυνατή εάν χρησιμοποιηθούν οργανικά ρευστά, π.χ. τολουένη, που έχουν θερμοκρασία βρασμού αρκετά χαμηλότερης εκείνης του νερού. Έτσι, πηγές θερμότητας μπορούν να είναι η ηλιακή ενέργεια, βιομηχανικά απόβλητα, γεωθερμική ενέργεια, καυσαέρια ή θερμότητα ψύξης μηχανών, κ.λπ.

Η ισχύς των συστημάτων αυτών κυμαίνεται στην περιοχή 2 kW - 10 MW. Ο βαθμός απόδοσης είναι μικρός (10 - 30%), αλλά σημασία έχει το γεγονός, ότι ένα τέτοιο σύστημα παράγει πρόσθετη ισχύ χωρίς να ξοδεύει καύσιμο. Από κατασκευαστικής πλευράς, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των υλικών, ώστε να μην παθαίνουν διάβρωση από το οργανικό ρευστό (π.χ. χρήση ανοξείδωτου χάλυβα), και στη στεγανότητα των στοιχείων του συστήματος, ώστε να μην διαφεύγει το οργανικό ρευστό στην ατμόσφαιρα.

Ο χρόνος εγκατάστασης μικρών συστημάτων (μέχρι 50 kW), και ιδιαίτερα εκείνων που είναι κατάλληλα για χρήση στον εμπορικό - κτιριακό τομέα, είναι 4 - 8 μήνες, ενώ για μεγαλύτερες μονάδες είναι 1 - 2 έτη. Καθώς η τεχνολογία αυτή είναι σχετικά νέα, δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για την αξιοπιστία των συστημάτων. Εκτιμάται ότι η μέση ετήσια διαθεσιμότητά τους είναι 80 - 90%. Η αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 20 έτη [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al., 1994*].

2.3.1.8 Μονάδες Συμπαραγωγής Μικρής Κλίμακας (μΣΗΘ)

Αξίζει να γίνει εκτενής αναφορά στα συστήματα μΣΗΘ, καθώς αναμένεται ότι η μαζική παραγωγή αυτών με ηλεκτρική ισχύ 10 – 1000 kW θα δώσει μεγάλη ώθηση στη διάδοσή τους. Τα συστήματα μΣΗΘ έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος,
- Μικρό όγκο,
- Εύκολη εγκατάσταση (το μόνο που χρειάζεται είναι η σύνδεσή τους με τα υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα), και
- αυτοματοποιημένη λειτουργία χωρίς τη συνεχή παρακολούθηση από εξειδικευμένο προσωπικό.

Τα συστήματα μΣΗΘ (micro CHP) υλοποιούνται σήμερα με τέσσερις τεχνολογίες:

1. κυψέλες καυσίμου στερεού οξέος,
2. κυψέλες καυσίμου πολυμερισμένης μεμβράνης,
3. μηχανές εσωτερικής καύσης και
4. μηχανές Stirling.

Από αυτές, τα συστήματα που βασίζονται στις μηχανές Stirling αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερο και πιστεύεται ότι θα αντικαταστήσουν τα συμβατικά συστήματα κεντρικής θέρμανσης κατοικιών. Από την άλλη, δεν είναι ακόμη σίγουρο ποιοι τύποι κινητήριων μηχανών, ποίου μεγέθους, με ποια διαμόρφωση και λειτουργικά χαρακτηριστικά μΣΗΘ, θα εισχωρήσουν στην αγορά μακροπρόθεσμα. Οπωσδήποτε, απαιτείται έρευνα ώστε να καθοριστούν οι στρατηγικές που θα μεγιστοποιήσουν τα μακροπρόθεσμα οφέλη της μΣΗΘ προσέγγισης, σε σχέση με τις εκπομπές CO_2, τα ενεργειακά κόστη για τους καταναλωτές, και τη διαχείριση της ζήτησης στη βιομηχανία ηλεκτρισμού [*Peacock et al., 2005*].

Η λογική ανάπτυξης των συστημάτων μΣΗΘ σε επίπεδο κατοικίας, βασίζεται σε δυο παράγοντες: Πρώτον, ότι θα είναι οικονομικά ελκυστικά στον καταναλωτή: αν και το κόστος αγοράς ενός συστήματος μΣΗΘ είναι μεγαλύτερο από εκείνο του συμβατικού λέβητα (ο οποίος παράγει μόνο θερμότητα), το μΣΗΘ παρέχει τη δυνατότητα οικονομίας στην κατανάλωση ρεύματος από το δίκτυο, και σε κάποιες περιπτώσεις επιπλέον έσοδα στον ιδιοκτήτη από την πώληση περίσσειας ρεύματος προς το δίκτυο. Δεύτερον, το μΣΗΘ σύστημα θα ικανοποιεί τη ζήτηση σε θέρμανση και ηλεκτρική ενέργεια με ένα πιο αποδοτικά ενεργειακό τρόπο σε σχέση με τις συμβατικές καταστάσεις, με αποτέλεσμα να μειώνει την χρήση της πρωτογενούς ενέργειας και των εκπομπών του CO_2. Σε σχέση δε με το θέμα των εκπομπών CO_2, πιστεύεται ότι η ευρύτερη ανάπτυξη της μΣΗΘ, θα ενθαρρύνει τους καταναλωτές να κάνουν πιο σοφή χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας [*Watson J., 2004*].

Οι μΣΗΘ μονάδες χαρακτηρίζονται βασικά από το μέγεθος της κινητήριας μηχανής (prime mover size Poe), την ηλεκτρική απόδοση (electrical efficiency ζe) και την απόδοση ανάκτησης θερμότητας (heat- recovery efficiency ζhr). Η κινητήρια μηχανή έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (απόδοση λειτουργίας, ικανότητα παρακολούθησης του φορτίου, χαρακτηριστικά έναρξης- παύσης λειτουργίας, απαιτήσεις για service, αναμενόμενος χρόνος ζωής κλπ), τα οποία επηρεάζουν την απόδοσή της.

Πέρα από την κινητήρια μηχανή και τον εναλλάκτη θερμότητας, το σύστημα μΣΗΘ μπορεί να περιλαμβάνει, σύστημα αποθήκευσης θερμότητας, βοηθητικό λέβητα, ακόμη και συσκευή ηλεκτρικής αποθήκευσης. Η λειτουργία του συστήματος ελέγχεται από έναν λογικό ελεγκτή που βασίζεται στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της κατοικίας για θέρμανση και ηλεκτρισμό. Μπορεί επίσης να λαμβάνει και δεδομένα τιμών αγοράς-πώλησης ενέργειας.

Η μεταβαλλόμενη ζήτηση θερμότητας ή ενέργειας μιας κατοικίας (που σχετίζονται με την περιοχή, το βιοτικό επίπεδο, την έκταση της κατοικίας, και άλλες παραμέτρους), προκαλεί δυσκολίες σε μια απλή μονάδα συμπαραγωγής στο να ικανοποιήσει εξ' ολοκλήρου την παραπάνω ζήτηση χωρίς τις βοηθητικές πηγές ενέργειας που προαναφέραμε.

Ο χρόνος ζωής ενός συστήματος μΣΗΘ που βασίζεται σε κάποια συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να εκτιμηθεί από τον αριθμό των αλλαγών κατάστασης έναρξη/ παύση λειτουργίας. Για παράδειγμα, σε ένα σύστημα μΣΗΘ που βασίζεται σε μηχανή Stirling, πρέπει να αποφεύγονται οι πολλές αλλαγές κατάστασης της μηχανής.

Η οικονομική απόδοση ενός συστήματος μΣΗΘ εξαρτάται, αφενός από τη διαφορά στην τιμή μονάδας αερίου (ή άλλου ορυκτού καυσίμου) και ηλεκτρισμού, αφετέρου από την τιμή μονάδας ηλεκτρισμού που εξάγεται από την αυτόνομη μονάδα παραγωγής προς το δίκτυο. Παρόλο που είναι δύσκολο να γίνει πρόβλεψη της πρώτης παραμέτρου σε βάθος χρόνου, είναι πολύ πιθανό (από έρευνα που έγινε στην Μ. Βρετανία) να είναι οικονομικά βιώσιμη η εφαρμογή μΣΗΘ. Όσο αφορά στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, τα συστήματα μΣΗΘ παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με την κλασική εφαρμογή τοπικού λέβητα-ηλεκτροδότησης από το δίκτυο [*Peacock et al., 2005*].

Η ανάπτυξη συστημάτων ΣΗΘ για χρήση σε επίπεδο κατοικίας, είναι πλέον εφικτή χάρη στις πρόσφατες τεχνολογικές προόδους στις μηχανές μικρής κλίμακας. Οι μηχανές Stirling που εφαρμόζονται στα συστήματα μΣΗΘ και οι κυψέλες καυσίμου είναι πολλά υποσχόμενες σε εφαρμογές μΣΗΘ για κατοικίες, καθώς πετυχαίνουν υψηλές αποδόσεις και χαμηλά επίπεδα εκπομπών, αλλά επί του παρόντος, οι

μηχανές εσωτερικής καύσης είναι τα μόνα διαθέσιμα συστήματα σε προσιτή τιμή [*Voorpools KR et al., 2002*]. Επίσης, οι μηχανές εσωτερικής καύσης είναι μια καλή λύση για εφαρμογές μΣΗΘ λόγω της γνωστής τεχνολογίας και της στιβαρότητάς τους. Οι μικροτουρμίνες (microtubines) είναι και αυτές μια καλή λύση αλλά είναι πιο ακριβές από τα συστήματα συμπαραγωγής με παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης [*Pilavachi P. A., 2002*].

Εντούτοις, έχουν δημοσιευτεί πολύ λίγα στοιχεία που να αναφέρονται στα δυνητικά οφέλη αυτών των εφαρμογών για τους καταναλωτές, στο επίπεδο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στην ενδεχόμενη επίπτωση στο ηλεκτρικό δίκτυο που μπορεί να προκληθεί από την ευρεία εγκατάσταση των συστημάτων μΣΗΘ, καθώς και στις διάφορες τεχνολογίες που υλοποιούν αυτά τα συστήματα. Τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη εξαρτώνται ισχυρά από τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων μΣΗΘ, καθώς και από τις ενεργειακές απαιτήσεις κάθε κατοικίας.

Κτιριακές εφαρμογές, κατάλληλες για συμπαραγωγή είναι τα νοσοκομεία, συγκροτήματα ιδρυμάτων, ξενοδοχεία, συγκροτήματα γραφείων και κτίρια αυτόνομα ή συγκροτήματα κτιρίων που στεγάζουν πολλές οικογένειες. Στην περίπτωση του αυτόνομου κτιρίου μιας οικογένειας, ο σχεδιασμός αυτών των συστημάτων θέτει σημαντικές τεχνικές προκλήσεις εξαιτίας του ότι υπάρχει ετεροχρονισμός στο ηλεκτρικό και θερμικό φορτίο, οπότε δημιουργείται η ανάγκη για εγκατάσταση επιπλέον μονάδας αποθήκευσης θερμικής/ ηλεκτρικής ενέργειας, ή παράλληλη σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο. Παρόλα αυτά, τα συστήματα συμπαραγωγής για συγκροτήματα κατοικιών, εμπορικά κτίρια ή και μεγαλύτερης κλίμακας, επωφελούνται από την ποικιλία θερμικού/ ηλεκτρικού φορτίου που εφαρμόζεται στο χρόνο και εξομαλύνει τις βυθίσεις ή τις επιπλέον απαιτήσεις σε ζήτηση ενέργειας καθενός καταναλωτή ξεχωριστά, εξαλείφοντας την ανάγκη για εγκατάσταση αποθήκευσης [*Onovwiona H. I. et al., 2004*].

Οι εφαρμογές συμπαραγωγής στα κτίρια, πρέπει να ικανοποιούν ή τη ζήτηση σε θέρμανση και ηλεκτρισμό, ή τη θερμική ζήτηση και μέρος της ηλεκτρικής, ή το αντίστροφο. Ανάλογα με το μέγεθος του ηλεκτρικού και θερμικού φορτίου, αν ταιριάζουν ή όχι, και ανάλογα με τη στρατηγική εφαρμογής, το σύστημα ΣΗΘ μπορεί να λειτουργεί σε συνθήκες μερικού φορτίου, οπότε η επιπλέον ενέργεια (ηλεκτρική/ θερμική) θα πρέπει να αποθηκεύεται ή να πωλείται, και η ανεπάρκεια θα πρέπει να καλύπτεται με αγορά ενέργειας από άλλες πηγές (ηλεκτρικό δίκτυο, σταθμός παραγωγής θερμικής ενέργειας, λέβητας κλπ) [*Gilijamse W. et al., 1995*]. Η πλεονάζουσα παραγόμενη θερμική ενέργεια μπορεί να αποθηκεύεται σε μια συσκευή όπως μια δεξαμενή νερού, ενώ η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να

αποθηκεύεται σε συσκευές αποθήκευσης όπως, μπαταρίες ή πυκνωτές. Επίσης, η λειτουργία συστήματος ΣΗΘ μπορεί να εξαρτάται από τις μεταβαλλόμενες τιμές στην KWh, οπότε σε περιόδους υψηλών τιμών αυτής, το σύστημα θα αποτελεί μια ελκυστική λύση.

Η απόδοση του συστήματος ΣΗΘ, υπολογίζεται από το κλάσμα του καυσίμου που μετατρέπεται σε θερμότητα και ηλεκτρισμό. Η εναπομένουσα ενέργεια, χάνεται με τη μορφή θερμότητας των καυσαερίων και με την θερμότητα που εκπέμπουν τα μηχανικά μέρη του συστήματος (μηχανή και γεννήτρια). Όταν το καύσιμο (υδρογονάνθρακας) καίγεται παρουσία O_2, το νερό παράγεται ως προϊόν καύσης με τη μορφή ατμού. Οι κατασκευαστές, συσχετίζουν την απόδοση με τη θερμότητα χαμηλής αξίας (Low Heating Value, LHV). Η LHV ορίζεται ως η θερμότητα υψηλής αξίας (High Heating Value, HHV), μειωμένη κατά το ποσό της ενέργειας που απαιτείται για να εξατμιστεί το παραγόμενο νερό κατά τη διάρκεια της καύσης. Η HHV είναι η συνολική θερμότητα που παράγεται από την καύση του καυσίμου. Η LHV είναι γνωστή και ως καθαρή θερμαντική ικανότητα (Net Calorific Value, NCV).

Η απόδοση, εκφράζεται γενικώς σε σχέση με την ηλεκτρική απόδοση και τη συνολική απόδοση [*Onovwiona H. I. et al., 2004*]:

$$\text{Ηλεκτρική απόδοση} = \frac{\text{Ηλεκτρική παραγωγή } (kW)}{\text{Εισροή καυσίμου } (kW)} \qquad \text{Εξ.2.1}$$

$$\text{Συνολική απόδοση} = \frac{\text{Χρήσιμη θερμική} + \text{Ηλεκτρική παραγωγή } (kW)}{\text{Εισροή καυσίμου } (kW)} \qquad \text{Εξ.2.2}$$

Επίσης, η απόδοση ενός συστήματος ΣΗΘ εξαρτάται από τον τύπο της κινητήριας μηχανής, το μέγεθός της και τη θερμοκρασία της χρήσιμης ανακτώμενης θερμότητας. Εξαρτάται επίσης, από τις συνθήκες λειτουργίας της μονάδας ΣΗΘ. Το καθεστώς λειτουργίας είναι κρίσιμη παράμετρος, διότι τα συστήματα ΣΗΘ σπάνια λειτουργούν σε ποσοστό μικρότερο του 50 % από την ονομαστική τους απόδοση. Σε χαμηλό φορτίο, η ηλεκτρική απόδοση πέφτει σημαντικά εκτός από τα συστήματα που βασίζονται σε μηχανές Stirling και κυψέλες καυσίμου, τα οποία παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά στο χειρισμό των ατελών (μερικών) φορτίων. Η χαμηλή θερμότητα, προκαλεί διακυμάνσεις στην παραγόμενη ισχύ, απαιτήσεις για αυξημένη συντήρηση και μείωση του χρόνου ζωής. Η θερμική απόδοση μεγιστοποιείται, όταν

τα συστήματα ελέγχονται για να ακολουθούν το θερμικό φορτίο του κτιρίου [*Onovwiona H. I. et al., 2004*].

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος ΣΗΘ για κτιριακή εφαρμογή, θα πρέπει να υπολογιστεί το επίπεδο αξιοποίησης αυτού, το οποίο δεν πρέπει να είναι κάτω από 4500 ώρες ανά έτος, ώστε να αποφεύγονται οι συχνές επισκευές. Η βασική συντήρηση γίνεται μια φορά το χρόνο και πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αποφυγής συχνών διακοπών λειτουργίας (outages). Οι απρογραμμάτιστες διακοπές καθορίζουν επίσης και το βαθμό αξιοπιστίας του συστήματος.

Πέρα από την ενεργειακή απόδοση του συστήματος ΣΗΘ για τις προαναφερόμενες εφαρμογές, παράγοντες κόστους (καυσίμων και συντήρησης), περιβαλλοντικά οφέλη κλπ, επηρεάζουν τη δυναμικότητα της συμπαραγωγής. Τα συστήματα ΣΗΘ μεγάλης κλίμακας πλεονεκτούν στην οικονομία κλίμακας και παρουσιάζουν μικρότερο κόστος εγκατάστασης ανά μονάδα παραγόμενης ισχύος. Αντίθετα, οι μονάδες μΣΗΘ, απαιτούν υψηλότερο κόστος το οποίο αποτελεί εμπόδιο στην υλοποίησή τους, ενώ η χαμηλή αξιοπιστία και διάρκεια ζωής των επί μέρους εξαρτημάτων (hardware), η ασυμβατότητα με την τεχνολογία HVAC (συστήματα Θέρμανσης, Αερισμού και Κλιματισμού, Heat Ventilation and Air Conditioning) και η έλλειψη δυνατότητας διασύνδεσης στο ηλεκτρικό δίκτυο, έχουν περιορίσει τη χρήση τους στον τομέα της κατοικίας [*Caneta Research, 1992*].

Οι κύριες δαπάνες, εξαρτώνται από τα επιμέρους εξαρτήματα που ολοκληρώνουν το σύστημα και από τις προδιαγραφές αυτού. Αυτά τα εξαρτήματα περιλαμβάνουν τα εξής: την κινητήρια μηχανή και το σύνολο της γεννήτριας, το σύστημα ανάκτησης και απόρριψης θερμότητας, το σύστημα εκπομπής καυσαερίων, τον εφοδιασμό καυσίμων, τον πίνακα ελέγχου, τη σωλήνωση, τα συστήματα εξαερισμού και καύσης, τα έξοδα μεταφοράς, και τους φόρους, εάν βέβαια επιβάλλονται. Οι δαπάνες εγκατάστασης αποτελούνται από τις άδειες εγκαταστάσεων, την αγορά χώρου χρήσης, την οικοδόμηση κτιρίου και την εγκατάσταση του εξοπλισμού. Κάποια από αυτά τα έξοδα μπορεί να μην εφαρμόζονται στις κατοικίες ή στα μικρά εμπορικά κτίρια. Επιπλέον έξοδα περιλαμβάνουν, τα καύσιμα, το προσωπικό, και τα κόστη συντήρησης και ασφάλισης [*Onovwiona H. I. et al., 2004*].

Τα πακέτα συμπαραγωγής με κινητήρα Diesel είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για τις εφαρμογές του εμπορικού-κτιριακού τομέα. [*Katsigiannis P. A. et al. (2005), Φραγκόπουλος Χ. Α., et al. (1994)*]. Το 27 – 35 % της ενέργειας του καυσίμου μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και το 50 - 55% σε θερμότητα [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al. (1994), Cardona E. et al. (2005)*]. Βέβαια, σε ισχείς μικρότερες των 100 kW είναι δυνατή η χρήση και του αεριοστροβίλου. Μπορούν να λειτουργούν με υγρό ή αέριο

καύσιμο. Το φυσικό αέριο είναι ιδιαίτερα κατάλληλο καύσιμο για τις μονάδες αυτές χάρη στην καθαρότητα, την έλλειψη ανάγκης αποθήκευσης και τη χαμηλή τιμή του[*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al. (1994)*].

Συστήματα που βασίζονται σε παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης, εκμεταλλεύονται το 70 – 80 % της ενέργειας που παρέχεται από τα καύσιμα με την ανάκτηση θερμότητας από τα στάδια ψύξης και εξάτμισης, για παραγωγή ηλεκτρισμού και θέρμανσης (Πίνακας 2.7).

Πίνακας 2.9: Ποσοστό εκμετάλλευσης της ενέργειας σε παλινδρομικές μηχανές.

	Χωρίς ανάκτηση θερμότητας (%)	Με ανάκτηση θερμότητας (%)
Έξοδος στο σφόνδυλο	35[α]	35[α]
Μη ανακτημένη θερμότητα	65	21
Ανακτημένη θερμότητα	0	44[α]
Συνολική χρήσιμη ενέργεια	35[α]	79[α]

Πηγή: *Energy Nexus Group Feb. 2002*

a: Οι εκπομπές διορθωμένες σε 15% O_2

Η διαθεσιμότητα των μονάδων με επιμελημένη κατασκευή και συντήρηση φθάνει το 90%. Σημαντική συμβολή στο σημείο αυτό έχει ο αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας των μονάδων. Μικροεπεξεργαστές, εγκατεστημένοι στον χώρο όπου βρίσκεται η μονάδα, παρακολουθούν τις τιμές κρίσιμων παραμέτρων και μεταβιβάζουν τα σχετικές πληροφορίες, μέσω αποκλειστικής τηλεφωνικής γραμμής, σε κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Όταν η εξέλιξη των τιμών ορισμένων παραμέτρων δείχνει επερχόμενη βλάβη, ειδοποιείται η ομάδα συντήρησης, που επεμβαίνει πριν ακόμη η βλάβη εκδηλωθεί. Ένα τέτοιο δίκτυο παρακολούθησης συστημάτων μΣΗΘ έχει εγκατασταθεί στην Αγγλία με πολύ καλά αποτελέσματα. Έντονη διάδοση των μονάδων αυτών παρατηρείται επίσης στην Ολλανδία και Γερμανία [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al. (1994)*].

2.3.1.9 Μικροστρόβιλοι (microturbines, MT)

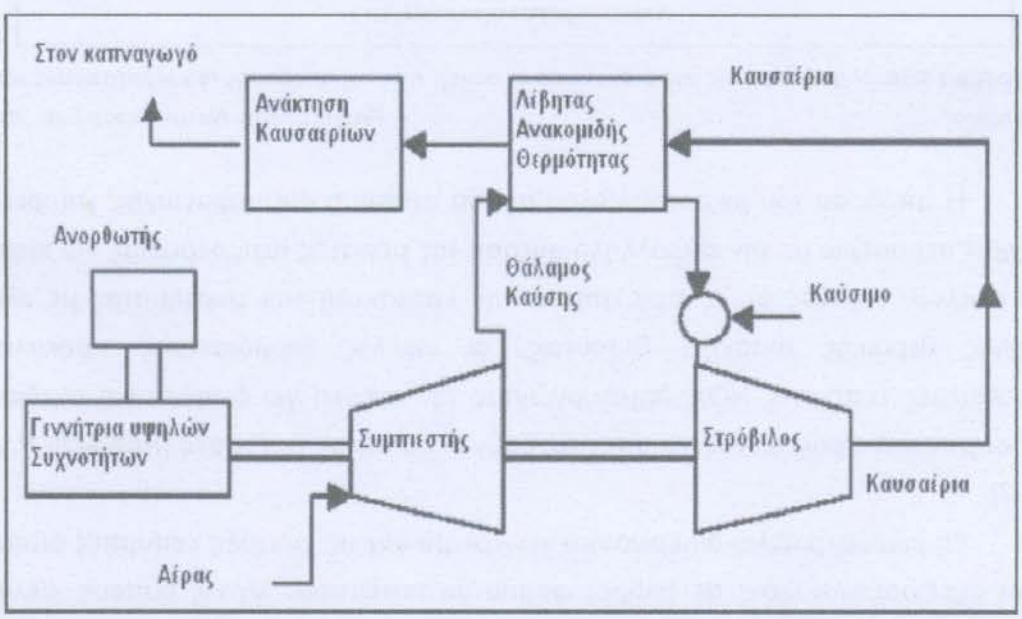
Τα συστήματα μικροστροβίλων έχουν ηλεκτρική απόδοση γύρω στο 30%, μπορούν να δεχτούν πολλά ήδη καυσίμων, έχουν μικρά επίπεδα εκπομπών, και δυνατότητα για ανάκτηση θερμότητας, ενώ δεν απαιτούν ιδιαίτερη συντήρηση (χρειάζεται όμως καταρτισμένο τεχνικό προσωπικό). Για τα συστήματα ΣΗΘ μπορούν να εξασφαλίσουν απόδοση πάνω από 80% [*Pilavachi P. A., 2002*]. Η ισχύς κυμαίνεται από 25 - 80 kW, δυναμικότητα που μπορεί να καλύψει άνετα τις ανάγκες μιας κατοικίας, ή ενός συγκροτήματος κτιρίων. Γίνονται επίσης έρευνες για ανάπτυξη συστημάτων ισχύος μικρότερης από 25 kW [*Pilavachi P. A., 2002*]. Στις μικρότερης

κλίμακας ισχύος όμως, οι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόδοση.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι μικροστρόβιλοι, έχουν να κάνουν με το μικρό τους μέγεθος και βάρος, το μικρό αριθμό κινούμενων μερών, και τη χαμηλή στάθμη θορύβου κατά τη λειτουργία. Εκτός από φυσικό αέριο, μπορούν να χρησιμοποιήσουν και άλλα καύσιμα όπως, diesel, βιοαέριο, αιθανόλη, κλπ.

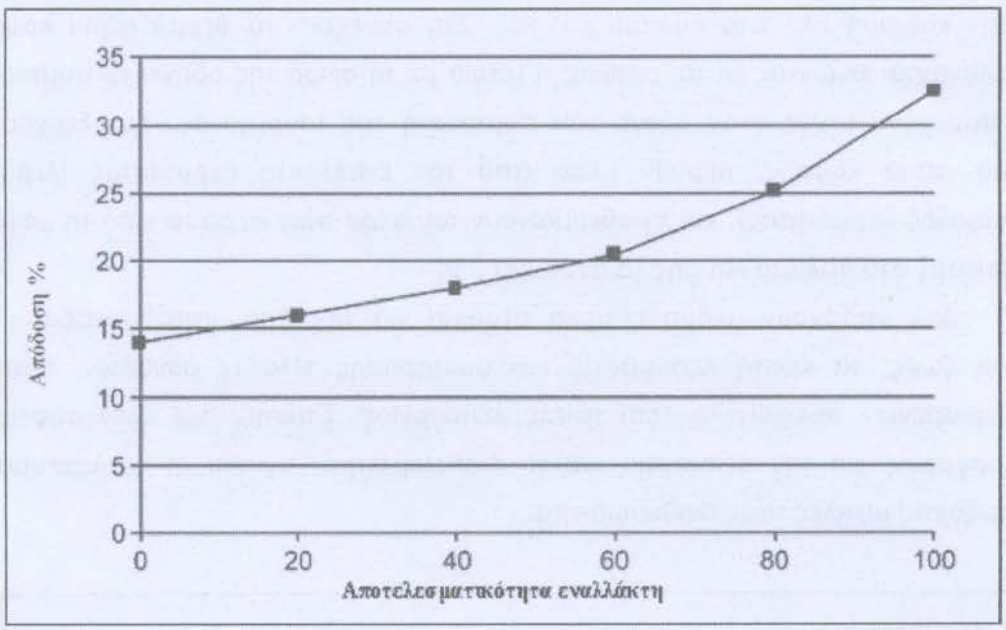
Τα στάδια θερμοδυναμικής λειτουργίας ενός συστήματος μικροστρόβιλου είναι, η είσοδος αέρα στη μονάδα του συμπιεστή, συμπίεση αέρα, ανάμιξη και καύση με την καύσιμη ύλη στο θάλαμο καύσης. Στη συνέχεια, τα θερμά αέρια καύσης εκτονώνονται κινώντας τη τουρμπίνα, η οποία με τη σειρά της οδηγεί το συμπιεστή και παρέχεται ισχύς στον άξονα του συμπιεστή της τουρμπίνας. Τα εξερχόμενα θερμά αέρια καύσης, περνάν μέσα από τον εναλλάκτη θερμότητας (λέβητας ανακομιδής θερμότητας), και προθερμαίνουν τον αέρα πριν περάσει από τη μονάδα συμπίεσης στο θάλαμο καύσης (Διάγραμμα 2.9).

Δεν υπάρχουν ακόμη επαρκή στοιχεία για την πραγματική απόδοση, το χρόνο ζωής, τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης τέτοιων μονάδων, εξαιτίας περιορισμένων δοκιμών της επί τόπου λειτουργίας. Επίσης, δεν είναι σαφείς οι πληροφορίες για την αξιοπιστία και τη διαθεσιμότητα, αν και οι κατασκευαστές ισχυρίζονται υψηλές τιμές διαθεσιμότητας.



Διάγραμμα 2.9: Διάγραμμα μονάδας συμπαραγωγής βασισμένης σε μικροτουρμπίνα με λέβητα ανακομιδής θερμότητας. **Πηγή:** *Energy Nexus Group Feb. 2002*

Οι μικροτουρπμίνες είναι πιο πολύπλοκες κατασκευαστικά απ' ότι οι συμβατικοί αεριοστρόβιλοι, λόγω της ύπαρξης του λέβητα ανακομιδής θερμότητας που με τη λειτουργία του σκοπός είναι η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και η περαιτέρω αύξηση της απόδοσης. Μπορεί να επιτευχθεί μείωση στην κατανάλωση καυσίμου της τάξης του 30 - 40%. Έτσι, αυξάνοντας την απόδοση του λέβητα, αυξάνεται ανάλογα και η απόδοση της μικροτουρμπίνας (Διάγραμμα 2.10) [*Energy Nexus Group, Mar 2002*].



Διάγραμμα 2.10: Η απόδοση της μικροτουρμίνας σε συνάρτηση της απόδοσης του λέβητα ανακομιδής θερμότητας. **Πηγή:** *Energy Nexus Group Feb. 2002*

Η απόδοση του μικροστρόβιλου σε ένα σύστημα συμπαραγωγής, μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω με την παράλληλη αύξηση της μέγιστης θερμοκρασίας και πίεσης του κύκλου, γεγονός όμως που απαιτεί την κατασκευή του συστήματος με υλικά υψηλής θερμικής αντοχής. Εντούτοις, οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν μεγαλύτερες εκπομπές NOx, δημιουργώντας την ανάγκη για διαφορετική σχεδίαση του συμπιεστή προκειμένου να αποφευχθούν οι επιπλέον εκπομπές [*Pilavachi P. A., 2002*].

Οι μικροστρόβιλοι διακρίνονται γενικότερα για τις χαμηλές εκπομπές ρύπων. Είναι σχεδιασμένοι ώστε σε πλήρες φορτίο να εκπέμπουν λίγους ρύπους, αλλά η λειτουργία τους σε χαμηλό φορτίο αυξάνει τις εκπομπές. Οι κύριοι ρύποι είναι, NOx, CO, υδρογονάνθρακες και μικρές ποσότητες SO_2 [Πίνακας 2.8]. Τα NOx, αποτελούνται κυρίως από NO και NO_2.

Πίνακας 2.10: Χαρακτηριστικά εκπομπών μικροτουρμπίνων.

	Capstone model 330 micro-turbine	IR energy systems 70LM	Turbec T100
Ονομαστική Ισχύς(kW)	30	70	100
Ηλεκτρική Απόδοση(%) HHV	23	25	27
NOx, ppmv	9	9	15
NOx, lb/MW ha	0,54	0,50	0,80
CO, ppmv	40	9	15
CO, lb/MW h	1,46	0,30	0,49
THC, ppmv	<9	<9	<10
THC, lb/MW h	<0,19	<0,17	<0,19
CO_2, lb/MW h	1928	1774	1706
Άνθρακας, lb/MW h	526	484	465

Πηγή: *Energy Nexus Group Feb. 2002*

2.3.2 Συστήματα συμπαραγωγής με κυψέλες καυσίμου

Οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να χαρακτηριστούν σαν κέντρα ενός συστήματος το οποίο χρησιμοποιεί το υδρογόνο ως καύσιμο. Είναι αυτές οι οποίες αναλαμβάνουν τη μετατροπή του καυσίμου σε χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Η έννοια της κατάλυσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία μιας κυψέλης καυσίμου, και η έρευνα για τη βελτίωση της αποδόσεων της γίνεται κυρίως σε αυτόν τον τομέα, τομέας εξ ορισμού μελετώμενος στην κλίμακα του νανομέτρου. Στη βασική της μορφή λειτουργεί ως εξής: υδρογόνο και οξυγόνο αντιδρούν με την παρουσία ηλεκτρολύτη και παράγουν νερό, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσεται ένα ηλεκτροχημικό δυναμικό που προκαλεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο). Καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη, παράγεται θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα [*Τσιτάρης Γ., 2004*].

Όσον αφορά τη συμπαραγωγή, οι κυψέλες καυσίμου είναι κατάλληλες στον βιομηχανικό και εμπορικό- κτιριακό τομέα (ιδιαίτερα σε συνδυασμό με το φυσικό αέριο). Κύρια πλεονεκτήματά τους είναι τα ακόλουθα [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al. (1994)*]:

- αρθρωτή (modular) δομή, που διευκολύνει την κατασκευή μονάδων με την επιθυμητή ισχύ,
- διατήρηση υψηλού ηλεκτρικού βαθμού απόδοσης ακόμη και σε μερικό φορτίο (δηλ. φορτίο μικρότερο του ονομαστικού),
- ευκολία αυτοματισμού,
- χαμηλές εκπομπές ρύπων,

- χαμηλή στάθμη θορύβου.

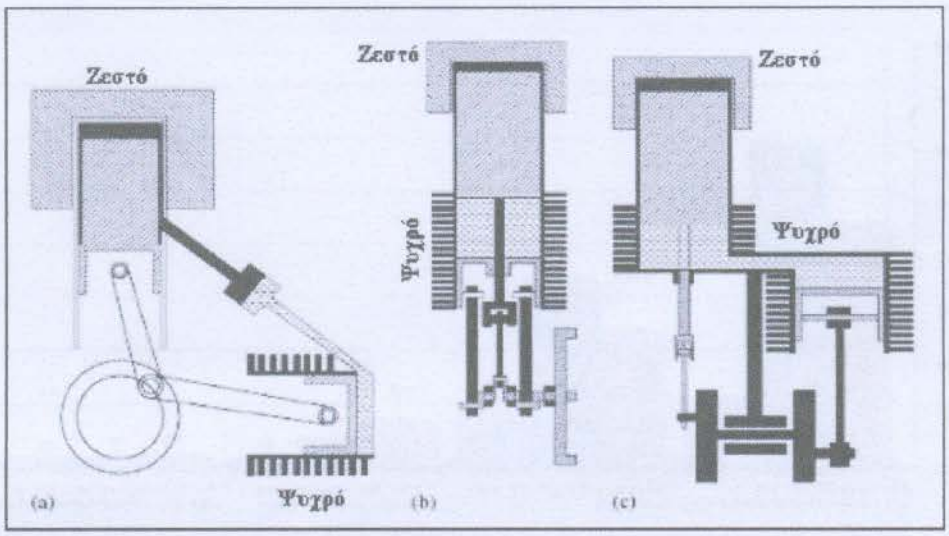
Το απαιτούμενο υδρογόνο παράγεται από ορυκτά καύσιμα και συνήθως μεθάνιο (CH_4), που αποτελεί το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου. Ορισμένοι τύποι κυψελών μπορούν να λειτουργήσουν και με διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) ή υδρογονάνθρακες. Από τους διάφορους τύπους κυψελών καυσίμου μόνον οι κυψέλες φωσφορικού οξέως έχουν αναπτυχθεί σε βαθμό που είναι ήδη κατάλληλες για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και είναι σήμερα εμπορικά διαθέσιμες. Επιδεικτικές μονάδες ισχύος 25 kW - 11 MW έχουν κατασκευασθεί σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες, στις Η.Π.Α. και στην Ιαπωνία. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους (περίπου 200 °C) περιορίζει τη θερμοκρασία της ανακτώμενης θερμότητας. Υπάρχουν σήμερα τυποποιημένες μονάδες συμπαραγωγής, με θερμότητα που είναι διαθέσιμη σε θερμοκρασία 80 - 90 °C [*Φραγκόπουλος Χ. Α., et al. (1994)*]. Για τις κυψέλες καυσίμου και το πεδίο εφαρμογής τους θα γίνει λεπτομερής αναφορά σε επόμενη ενότητα.

2.3.3 Μηχανές Stirling

Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας είναι επίσης δυνατή με μηχανές Stirling. Η μηχανή Stirling είναι παλινδρομική, εξωτερικής καύσης που αναπτύχθηκε από τον Robert Stirling το 1817. Χρησιμοποιεί μια εξωτερική πηγή ενέργειας, για τη θέρμανση του αερίου που βρίσκεται μέσα στον κύλινδρο. Αυτό το αέριο, κάτω από πίεση, εκτονώνεται όταν θερμαίνεται, οδηγώντας ένα έμβολο (πιστόνι) στην παραγωγή έργου. Ο όγκος του εκτονωμένου αερίου, έχοντας ελευθερώσει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας, ψύχεται και συμπιέζεται πριν τον επόμενο κύκλο [*Corria M. E., et al., 2005*].

Η μηχανή κύκλου Stirling είναι κατάλληλη για μόνιμη παραγωγή ενέργειας. Είναι εξ' ορισμού «πράσινη», καθώς μπορεί να χρησιμοποιήσει διάφορους τύπους εναλλακτικών πηγών ενέργειας, περιλαμβανομένης της ηλιακής και γεωθερμικής, της βιομάζας και του βιοαερίου από διάφορες πηγές απορριμμάτων. Η λειτουργία της μηχανής γίνεται με συνεχή καύση του καυσίμου σε αντίθεση με την ασυνεχή (διακοπτόμενη) καύση των μηχανών εσωτερικής καύσης, με αποτέλεσμα αφενός, να γίνεται πιο ολοκληρωμένη καύση του καυσίμου, αφετέρου, να επιτυγχάνονται λιγότερες εκπομπές ανεπιθύμητων αερίων [*McKenna J., 2003*].

Κατασκευαστικά, οι μηχανές Stirling κατηγοριοποιούνται σε τρεις τύπους: άλφα, βήτα και γάμα (Σχήμα 2.1) [*Corria M. E., et al., 2005*].

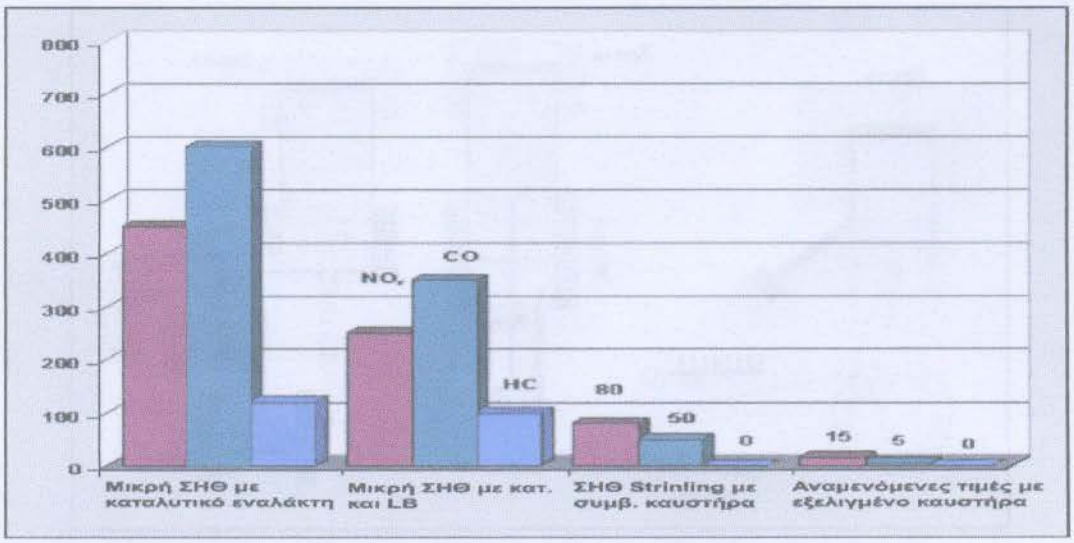


Εικόνα 2.4: Τύποι μηχανών Stirling: (a) άλφα, (b) βήτα (c) γάμα. **Πηγή:** *Corria M. E., et al., 2005*

Η μηχανή άλφα τύπου αποτελείται από δυο ανεξάρτητους κυλίνδρους, τοποθετημένοι σε γωνία 900, με δυο πιστόνια (έμβολα). Ο ένας κύλινδρος θερμαίνεται, ενώ ο άλλος ψύχεται μέσα από μια λεπτή επιφάνεια μεταφοράς που χρησιμοποιεί αέρα ή νερό. Η βήτα τύπου βασίζεται στη πρωτότυπη μηχανή Stirling και αποτελείται από ένα κύλινδρο με μια θερμή και μια ψυχρή ζώνη. Ο εκτοπιστής βρίσκεται εντός του κυλίνδρου. Η μηχανή γάμα τύπου προέκυψε από την τύπου βήτα, και είναι πιο εύκολα υλοποιήσιμη. Αποτελείται από δυο ξεχωριστούς κυλίνδρους ενώ, ο εκτοπιστής είναι μέσα σε έναν από αυτούς και ο κινητήριος κύλινδρος μέσα στον άλλο.

Η δυνατότητα χρησιμοποίησης της βιομάζας ως καύσιμης ύλης, κάνει ελκυστική τη χρήση των μηχανών Stirling σε απομονωμένες περιοχές όπου, αυτή η πηγή ενέργειας είναι διαθέσιμη και η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω του δικτύου ισχύος είναι εντελώς ανέφικτη [*Corria M. E., et al., 2005*]. Συγκρινόμενες με άλλες ενεργειακές εναλλακτικές που συνήθως χρησιμοποιούνται σε απομονωμένες περιοχές (ηλιακή και αιολική ενέργεια, μηχανές εσωτερικής καύσης), καθώς και άλλες υποσχόμενες τεχνολογίες (μικροτουρμπίνες, κυψέλες καυσίμου), οι μηχανές Stirling με καύσιμο βιομάζα, είναι πιο ελκυστικές διότι παρέχουν συνεχόμενη και σταθερή υπηρεσία, δεν απαιτούν επιπλέον βοηθητικές πηγές παραγωγής και τέλος, εξαλείφουν τα υψηλά κόστη που έχουν να κάνουν με την κατανάλωση και τη μεταφορά των ορυκτών καυσίμων [*Corria M. E., et al., 2005*].

Στο Διάγραμμα 2.11, βλέπουμε τις τιμές εκπομπών για τους κυριότερους ρύπους για τις μηχανές Stirling σε σχέση με συμβατικές ΣΗΘ μονάδες.



Διάγραμμα 2.11: Εκπομπές NOx, CO και HC από συμβατικές και Stirling μονάδες συμπαραγωγής.
Πηγή: *SOLO Stirling Engine, 2005*

Οι εκπομπές των μηχανών Stirling μπορεί να είναι έως και 10 φορές χαμηλότερες από εκείνες των μηχανών αερίου κύκλου Otto με καταλυτικό μετατροπέα, και στο ίδιο περίπου επίπεδο με τη νεώτερη τεχνολογία μηχανών με καυστήρα αερίου (gas burner technology). Οι μηχανή Stirling που κατασκευάζεται από τη Γερμανική εταιρία SOLO, χρησιμοποιεί προθερμαινόμενο αέρα για την καύση, πετυχαίνοντας υψηλή απόδοση καύσης και χαμηλά επίπεδα εκπομπών [*SOLO Stirling Engine, 2005*]. Συνδυασμένα τα καυσαέρια από τα εσωτερικά συστήματα επανακυκλοφορίας με τον προθερμαινόμενο αέρα και το αέριο καύσιμο, περιορίζουν τη μέγιστη θερμοκρασία μέσα στα όρια της οξείδωσης (κάτω από τους 1400 °C), περιορίζοντας παράλληλα το σχηματισμό NOxs. Επιπλέον, με τη συνεχή καύση μειώνονται τα επίπεδα εκπομπών συγκρινόμενα με αυτά των συμβατικών μηχανών εσωτερικής καύσης.Η απόδοση και τα επίπεδα εκπομπών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.11.

Πίνακας 2.11: Χαρακτηριστικά εκπομπών των μηχανών Stirling.

Χαρακτηριστικά εκπομπών	SOLO	DTE	energy
Ηλεκτρική ισχύς (kW)	2 - 9	20	25
Ηλεκτρική απόδοση (%)	22 – 24	29,6	29,6
Συνολική απόδοση (%)	> 90	82	82
NOx (gm/bhph)	0,08 – 0,12	0,288 (Βασικό) 0,15 (Χαμηλές)	0,288 (Βασικό) 0,15 (Χαμηλές)
CO (gm/bhph)	0,04 – 0,06	0,32 (Βασικό) 0,32 (Χαμηλές)	0,32 (Βασικό) 0,32 (Χαμηλές)

Πηγή: *http://www.stirling-engine.de/eng/index.html* SOLO: Τεχνολογίας Solo DTE : Detroit Edison energy

2.3.4 Κυψέλες καυσίμου

Η τεχνολογία των κυψελών καυσίμου είναι μια νέα αναπτυσσόμενη στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, αλλά και της συμπαραγωγής με σημαντικές αποδόσεις και χαμηλές τιμές εκπομπών ρύπων. Τα βασικά τους χαρακτηριστικά στην ολοκλήρωση με συστήματα ΣΗΘ είναι, η χαμηλή στάθμη θορύβου, οι χαμηλές εκπομπές ρύπων, η υψηλή απόδοση (85 - 90%) ακόμη και στις μικρές μονάδες, η πολύ καλή διαχείριση σε χαμηλό φορτίο και οι μικρές απαιτήσεις συντήρησης [*Onovwiona H. I. et al., 2004*].

Χρησιμοποιούν ως καύσιμη ύλη συνήθως φυσικό αέριο ενώ, οι εκπομπές αερίων ρύπων είναι σαφώς χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των μονάδων συμπαραγωγής βασισμένες στην τεχνολογία μηχανών εσωτερικής καύσης. Οι εκπομπές του CO_2 μπορούν να μειωθούν κατά 49%, των NOx κατά 91%, του CO κατά 68% και των πτητικών υδρογονανθράκων κατά 93%. Η ιδιαίτερα χαμηλή στάθμη θορύβου, αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα των κυψελών καυσίμου κάνοντάς τις ιδανικές για χρήση σε κατοικίες, εμπορικά κτίρια, κλπ. Το μεγάλο τους μειονέκτημα είναι, το υψηλό τους κόστος και η περιορισμένη διάρκεια ζωής. Για το λόγο αυτό γίνονται πολλές έρευνες προκειμένου να λυθούν τα τεχνολογικά προβλήματα και να αναπτυχθούν νέα υλικά με μικρότερο κόστος σε μαζική παραγωγή [*Educogen, 2001*].

Η τεχνολογία των κυψελών καυσίμου βασίζεται στην αντίδραση του υδρογόνου με το οξυγόνο με την παρουσία ηλεκτρολύτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς την εφαρμογή μηχανικού έργου και χωρίς καύση. Το νερό και η θερμότητα είναι τα υποπροϊόντα της αντίδρασης. Σε γενικές γραμμές, η αντίδραση πραγματοποιείται μέσω ηλεκτροχημικής οξείδωσης του καυσίμου (Υδρογόνο) και ταυτόχρονης ηλεκτροχημικής μείωσης του O_2. Η συνολική αντίδραση είναι εξώθερμη, άρα η θερμότητα που απελευθερώνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων και για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Το υδρογόνο ως καύσιμο μπορεί να παραχθεί από άλλες πηγές όπως προπάνιο, φυσικό αέριο, άνθρακα, ή με την ηλεκτρόλυση του νερού.

Το σύστημα περιλαμβάνει, το μηχανισμό αναμόρφωσης, τις μονάδες ανόδου-καθόδου, τον καταλύτη και άλλα βοηθητικά συστήματα. Η διαδικασία αναμόρφωσης αφορά τη παραγωγή υδρογόνου από μια πηγή καυσίμου όπως είναι το φυσικό αέριο και μπορεί να είναι εσωτερική ή εξωτερική, ανάλογα με τον τύπο της κυψέλης. Οι γενικές αρχές σχεδιασμού των κυψελών είναι ίδιες, εκτός από τον τύπο του χρησιμοποιούμενου ηλεκτρολύτη.

Σήμερα υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες κυψελών καυσίμου οι οποίες βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Την κυψέλη φωσφορικού οξέως (phosphoric acid fuel cell, PAFC),
- Την κυψέλη καυσίμου πολυμερισμένης μεμβράνης (polymer electrolyte membrane, PEMFC),
- Την κυψέλη καυσίμου τηγμένου άνθρακα (molten carbonate fuel cell, MCFC),
- Την κυψέλη καυσίμου στερεού οξειδίου (solid oxide fuel cell, SOFC),
- Την κυψέλη καυσίμου μεθανόλης (direct methanol fuel cell, DMFC) και
- Την αλκαλική κυψέλη καυσίμου (alcaline fuel cell, AFC).

Οι κυψέλες PAFCs είναι οι πλέον εξελιγμένες κυψέλες καυσίμου και οι πρώτες που βγήκαν στο εμπόριο [*Educogen, 2001*]. Η θερμοκρασία λειτουργίας φτάνει τους 200 °C, έτσι μπορούν να υλοποιήσουν εφαρμογές ΣΗΘ. Ο ηλεκτρολύτης που χρησιμοποιείται είναι το φωσφορικό οξύ με αέρα ως οξειδωτικό μέσο. Το υδρογόνο παράγεται στη μονάδα αναμόρφωσης από το φυσικό αέριο, ή τη μεθανόλη. Υπάρχουν μονάδες ολοκληρωμένες 200 - 250 kW ισχύος, ενώ βρίσκονται στο στάδιο επίδειξης συστήματα 11 - 25 MW που κατασκευάζονται στην Ευρώπη, ΗΠΑ και Ιαπωνία [*Educogen, 2001*].

Η PEMFC αποτελείται από τον ηλεκτρολύτη που είναι πλαστικό οργανικό πολυμερές και συνηθέστερα ονομάζεται μεμβράνη (membrane), και βρίσκεται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων της κυψέλης καυσίμου. Στην άνοδο, το καύσιμο υδρογόνο χωρίζεται σε πρωτόνια και ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια ρέουν με τη μορφή πλέον ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα, ενώ τα πρωτόνια στην κάθοδο συνδυάζονται με το οξυγόνο του αέρα και τα ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα σχηματίζοντας νερό και θερμότητα. Η αντίδραση είναι εξώθερμη, ενώ η θερμοκρασία λειτουργίας είναι γύρω στους 80 °C. Γι' αυτό το λόγο, χαρακτηρίζονται ως κυψέλες καυσίμου χαμηλής θερμοκρασίας. Έχουν κατασκευαστεί μονάδες ισχύος 100 kW, κατάλληλες για εφαρμογές σε επίπεδο κατοικίας, με σχετικά χαμηλό κόστος κτήσης και επίτευξη χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργίας (περίπου 100 °C).

Η κυψέλη MCFC, χρησιμοποιεί για ηλεκτρολύτη ενώσεις του άνθρακα με λίθιο, νάτριο και κάλιο σε υγρή μορφή εμποτισμένες σε κατάλληλο υλικό. Στην υγρή μορφή, ο ηλεκτρολύτης λειτουργεί σε θερμοκρασίες 600 - 700 °C. Στις θερμοκρασίες αυτές είναι δυνατή η εσωτερική αναμόρφωση. Το καύσιμο αποτελείται από αέριο

μείγμα H_2, CO και CO_2, το οποίο παράγεται από αναμορφωμένο υδρογονάνθρακα όπως το φυσικό αέριο. Η τεχνολογία MCFC, βρίσκεται ακόμη σε στάδιο ανάπτυξης με την κατασκευή πιλοτικών μονάδων και τα μέχρι τώρα πειράματα δείχνουν ότι θα βρει εφαρμογή στο βιομηχανικό τομέα, ειδικά σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας [*Educogen, 2001*].

Οι κυψέλες SOFCs χρησιμοποιούν συνήθως ως ηλεκτρολύτη ένα σκληρό κεραμικό υλικό στερεού οξειδίου ζιρκονίου και μια μικρή ποσότητα υττρίου ($Y_2O_3ZrO_2$), αντί για ηλεκτρολύτη υγρής μορφής, επιτρέποντας έτσι θερμοκρασίες μέχρι και 1000 °C [*H2*]. Το καύσιμο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου ή του μίγματος H_2 και CO, παρέχεται από την εσωτερική αναμόρφωση υδρογονάνθρακα ή από αεριοποιημένο άνθρακα. Η υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας των κυψελών SOFCs, καθώς και η υψηλή θερμοκρασία υπολειμματικής θερμότητας που παράγεται, τους δίνει τη δυνατότητα για θέρμανση χώρων και δημιουργία ζεστού νερού χρήσης.

Οι κυψέλες DMFCs είναι το νεότερο μέλος της οικογένειας των κυψελών. Παρουσιάζουν όμοια χαρακτηριστικά με τις PEMFCs, επειδή χρησιμοποιούν τον ίδιο τύπο ηλεκτρολύτη (μεμβράνη). Ωστόσο, ο συγκεκριμένος τύπος κυψελών χρησιμοποιεί ως καύσιμο μεθανόλη χωρίς να απαιτεί τη μετατροπή της σε υδρογόνο. Σε αυτή την περίπτωση η μεθανόλη είναι αυτή που οξειδώνεται στην άνοδο. Οι κυψέλες AFCs, χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν από τη NASA και συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται σε αποστολές στο διάστημα. Ως ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται το υδροξείδιο καλίου σε συγκεντρώσεις γύρω στο 30 %. Οι συγκεκριμένες κυψέλες έχουν θερμοκρασία λειτουργίας 60 - 80 °C. Έχουν κατασκευαστεί μονάδες μέχρι και 100 kW ισχύος.

Τα συστήματα συμπαραγωγής που βασίζονται στις κυψέλες PEMFC, - Polymer Exchange Membrane Fuel Cell- (κυψέλες καυσίμου μεμβράνης πολυμερούς) και SOFC έχουν πολύ υψηλές αποδόσεις στη συμπαραγωγή (80%), χρησιμοποιούν λίγα καύσιμα, προκαλούν ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και θεωρούνται καλή λύση για εφαρμογή σε επίπεδο μΣΗΘ [Krist K. et al., 1999]. Ειδικά οι κυψέλες PEMFC, υπερέχουν έναντι των υπολοίπων λόγω της σημαντικής προόδου που έχει συντελεστεί στην τεχνολογία αυτή από το 1960. Η απόδοση στων συστημάτων των κυψελών καυσίμου είναι συνάρτηση του τύπου της κυψέλης και της δυναμικότητάς της. Η ηλεκτρική απόδοση μιας κυψέλης, καθορίζεται από τις αντίστοιχες αποδόσεις των επί μέρους υποσυστημάτων που τη συνθέτουν [*Energy Nexus Group, Apr. 2002*].

Οι κυψέλες καυσίμου, απαιτούν πολύ λίγα έξοδα συντήρησης, επειδή έχουν λίγα κινούμενα μέρη σε σχέση με τις παλινδρομικές μηχανές και τις μικροτουρμπίνες.

Εντούτοις, η συντήρηση των βοηθητικών συστημάτων όπως είναι οι αντλίες και οι πτερωτές μπορεί να απαιτείται συχνά με αποτέλεσμα να προκύψουν περισσότερα έξοδα. Επιπλέον, εξαιτίας των συστημάτων αυτών μπορεί να αυξηθούν οι διακοπές λειτουργίας.

Στον Πίνακα 2.12, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά εκπομπών των συστημάτων κυψελών καυσίμου, βασισμένα σε προδιαγραφές που θέτουν οι περισσότεροι κατασκευαστές. Οι εκπομπές δεν αφορούν εφαρμογές συμπαραγωγής, το ίδιο και οι εκπομπές που εκφράζονται σε lb/MWh.

Πίνακας 2.12: Χαρακτηριστικά εκπομπών των συστημάτων κυψελών καυσίμου.

Τύπος κυψέλης	PEMFC[1]	PEMFC[1]	PAFC[2]	SOFC[3]	MCFC[4]	MCFC[4]
Ονομαστική ισχύς (kW)	10	200	200	100	250	200
Ηλεκτρική απόδοση (%) HHV	30	35	36	45	43	46
Εκπομπές:						
NOx (ppmv at 15% O_2)	1,8	1,8	1,0	2,0	2,0	2,0
NOx (lb/MW h)	0,06	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05
CO (ppmv at 15% O_2)	2.8	2,8	2,0	2,0	2,0	2,0
CO (lb/MW h)	0,07	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04
Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (ppmv σε 15% O_2)	0,4	0,4	0,7	0,1	0,5	1,0
Άκαυστοι υδρογονάνθρακες (lb/MW h)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
CO_2 (lb/MW h)	1360	1170	1135	910	950	890
Άνθρακας (lb/MW h)	370	315	310	245	260	240

Πηγή: *Energy Nexus Group Apr. 2002*

[1] *κυψέλες καυσίμου μεμβράνης πολυμερούς (PEMFC, Polymer Exchange Membrane Fuel Cells).*

[2] *κυψέλες καυσίμου φωσφορικού οξέως (PAFC,* Phosphoric Acid Fuel Cells*).*

[3] *κυψέλες καυσίμου στερεού ηλεκτρολύτη (SOFC, Solid Oxide Fuel Cells).*

[4] *κυψέλες καυσίμου τηγμένου άνθρακα (MCFC, Molten Carbonate Fuel Cells).*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΩΣΤΟΫΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

3.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΛΩΣΤΟΫΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

3.1.1 Ταξινόμηση κλάδου κατά Ε.Σ.Υ.Ε. – Συνοπτική παρουσίαση

Ο κλάδος παραγωγής Κλωστοϋφαντουργικών υλών και προϊόντων αποτελεί τη ΔΒ υποκατηγορία των Μεταποιητικών Βιομηχανιών (κατηγορία Δ κατά την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας). Βάσει της Στατιστικής Ταξινόμησης των Κλάδων Οικονομικής Δραστηριότητας (Σ.ΤΑ.Κ.Ο.Δ.) της Ε.Σ.Υ.Ε., ο κλάδος 17 (παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών υλών και προϊόντων) υποδιαιρείται σε επτά επιμέρους (7) επιμέρους υποκλάδους οι οποίοι αναλύονται παρακάτω αναλυτικά.

Η Ελληνική Κλωστοϋφαντουργία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της εγχώριας βιομηχανίας, αντιπροσωπεύοντας το 28% της απασχόλησης στη μεταποίηση, το 16% του ΑΕΠ και το 25% της βιομηχανικής παραγωγής, ενώ αξιοποιεί το βαμβάκι που αποτελεί εθνικό προϊόν και εξασφαλίζει εισόδημα σε χιλιάδες αγρότες.

Η βιομηχανία τελικής επεξεργασίας υφάνσιμων υλών που αντιπροσωπεύεται από τον κλάδο των βαφείων – φινιριστηρίων, αποτελεί τμήμα της υφαντουργίας με ιδιαίτερη σημασία, καθώς μέσω των επεξεργασιών που υφίστανται τα νήματα και υφάσματα προσδίδονται σε αυτά οι επιθυμητές ιδιότητες και χαρακτηριστικά, όπως χρώμα, απαλότητα, αντοχή, κ.λπ. Οι πιο πολλές μονάδες του κλάδου ασχολούνται αποκλειστικά με την επεξεργασία υφάνσιμων υλών παρέχοντας υπηρεσίες προς τρίτους οι οποίοι είναι κυρίως τα κλωστήρια και υφαντήρια. Οι σημαντικότεροι πελάτες του κλάδου είναι βιομηχανίες ή βιοτεχνίες που χρησιμοποιούν τα επεξεργασμένα υφάσματα για την παραγωγή ετοίμων ενδυμάτων, εσωρούχων, χαλιών, κ.λπ. Ακόμα, υπάρχουν και βαφεία-φινιριστήρια που λειτουργούν στα πλαίσια καθετοποιημένων μονάδων και περιλαμβάνουν παραγωγικές διαδικασίες από την ύφανση μέχρι τα έτοιμα ενδύματα.

Στην Ελλάδα, στον κλάδο των βαφείων-φινιριστηρίων, υπάρχουν προοπτικές εξέλιξης των μεγάλων μονάδων, τουλάχιστον, ή και μικρότερων μονάδων ακόμα, εφόσον υιοθετήσουν πολιτική διαρκών επενδύσεων σε νέα τεχνολογία εξοπλισμού

και σε νέες τεχνικές παραγωγής με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, τη μείωση του λειτουργικού κόστους καθώς και την επέκταση της εξαγωγικής τους δραστηριότητας σε Ευρωπαϊκές ή γειτονικές χώρες. Αντίθετα, μονάδες χωρίς εξειδίκευση και χωρίς δυνατότητα αξιόλογων επενδύσεων σε νέο εξοπλισμού θα καλύπτουν μόνο ανάγκες της εγχώριας αγοράς και για προϊόντα χαμηλότερης ποιότητας, οπότε το μερίδιό τους αναμένεται σταδιακά να συρρικνωθεί καθώς δεν θα μπορούν να είναι ανταγωνιστικές τόσο από πλευράς κόστους παραγωγής όσο και ποιότητας.

Η εγχώρια αγορά των βαφείων φινιριστηρίων εκτιμάται ότι κατά το 1997 ξεπέρασε τα 40 δισεκατομμύρια δραχμές και αντιστοιχούσε στην επεξεργασία 105 περίπου χιλιάδων τόνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Κατά το 1995, το 70% περίπου του συνόλου της αγοράς αυτής αφορούσε στην επεξεργασία πλεκτών υφασμάτων, το 25% την επεξεργασία υφασμένων υφασμάτων και το υπόλοιπο 5% την επεξεργασία νημάτων. Ως εκ τούτου, ο κλάδος εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την πορεία της βιομηχανικής παραγωγής στους κλάδους της πλεκτικής υφασμάτων και της υφαντουργίας.

Η κατανάλωση και η παραγωγή του κλάδου των βαφείων φινιριστηρίων συνδέονται στενά με την εξέλιξη της κλωστοϋφαντουργικής παραγωγής. Η ραγδαία πτώση της παραγωγής στην κλωστοϋφαντουργία συμπαρέσυρε και τη βιομηχανική παραγωγή των βαφείων φινιριστηρίων. Η συνεχή πτώση, από το 1990, της βιομηχανικής παραγωγής στον κλάδο σταμάτησε το 1995, και ακολούθησε μικρή αύξηση κατά τα επόμενα έτη.

Ο κλάδος των βαφείων φινιριστηρίων παρουσιάζει χαμηλό σχετικά βαθμό συγκέντρωσης, ενώ δεν υπάρχουν επιχειρήσεις με μερίδια αγοράς μεγαλύτερα του 15%. Οι δεκαπέντε μεγαλύτερες από άποψη απασχόλησης επιχειρήσεις είχαν κατά το 1994 το 55 - 60% της αγοράς. Οι κυριότεροι λόγοι αυτής της κατάτμησης της αγοράς θα πρέπει να αναζητηθούν στην ύπαρξη εύκολα υπερκεράσιμων εμποδίων εισόδου, στην ευκολία των μεγάλων πελατών τους για καθετοποίηση προς τα πίσω, στην επιδείνωση των συνθηκών ζήτησης και στη μη ύπαρξη πλεονεκτήματος, λόγω μεγέθους των μονάδων, στις διαπραγματεύσεις με πελάτες και προμηθευτές.

Η δυναμική του ανταγωνισμού στον κλάδο των βαφείων φινιριστηρίων στο μέλλον θα εξαρτηθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό από την πορεία εκσυγχρονισμού στην οποία βρίσκεται συνολικά ολόκληρη η Ελληνική Κλωστοϋφαντουργία. Η αλληλεπίδραση που υπάρχει μεταξύ των ευρύτερου κλάδου της κλωστοϋφαντουργίας και του κλάδου των βαφείων φινιριστηρίων είναι τέτοια μορφής

ώστε ουσιαστικά η πορεία τους να είναι αλληλένδετη. Η ανάπτυξη στενής συνεργασίας και τελικά η διαμόρφωση λειτουργικών δικτύων μεταξύ των επιχειρήσεων της νηματουργίας, της υφαντουργίας, των βαφείων φινιριστηρίων και του ετοίμου ενδύματος αποτελούν την πλέον ενδεδειγμένη λύση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που εμποδίζουν την ουσιαστική ανασυγκρότηση της κλωστοϋφαντουργικής βιομηχανίας στη χώρα μας. *(Πηγή: Ι.Ο.Β.Ε. 1998)*

3.1.2 Υποκλάδος 171 - Προπαρασκευή και νηματοποίηση βαμβακερών ινών

Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται περιγραφή των χαρακτηριστικών των μονάδων που ανήκουν στους υποκλάδους 171.1 (προπαρασκευή και νηματοποίηση βαμβακερών ινών) και 171.2 (προπαρασκευή και νηματοποίηση ινών ερίου) που έχουν καταγραφεί στην περιοχή της Αττικής. Για τους υπόλοιπους υποκλάδους 171.3 (προπαρασκευή και νηματοποίηση ινών ερίου για την κατασκευή εριονήματος πενιέ), 171.4 (προπαρασκευή και νηματοποίηση ινών λιναριού), 171.5 (συστροφή και προπαρασκευή μεταξιού, έστω και από νόιλς συστροφή και περαιτέρω επεξεργασία νημάτων από συνθετικές ή τεχνητές συνεχείς ίνες), 171.6 (κατασκευή ραφοκλωστών) και 171.9 (προπαρασκευή και νηματοποίηση άλλων υφαντικών ινών) έχουν καταγραφεί ελάχιστες μονάδες (1-3) για τις οποίες όμως τα διαθέσιμα στοιχεία δεν επαρκούν για την ολοκληρωμένη περιγραφή τους. Τέλος, 11 μονάδες του υποκλάδου 171 είναι υπό διερεύνηση.

3.1.2.1 Υποκλάδος 171.1 - Προπαρασκευή και νηματοποίηση βαμβακερών ινών

Στις δραστηριότητες του υποκλάδου αυτού περιλαμβάνονται οι προπαρασκευαστικές εργασίες βαμβακερών και συναφών ινών, λανάρισμα και χτένισμα και η κατασκευή βαμβακερών ή παρόμοιων νημάτων, από βαμβακερές ή τεχνητές ή συνθετικές ίνες για ύφανση και πλέξη.

Στην περιοχή της Αττικής έχουν καταγραφεί 8 μονάδες του υποκλάδου αυτού, καμία από τις οποίες δεν εμπίπτει στην Οδηγία IPPC και στο σύνολό τους είναι μέσης όχλησης.

Παραγωγική διαδικασία:

Τα κύρια στάδια της παραγωγικής διαδικασίας είναι:

- Κλωστήριο.
- Μερσέρισμα.
- Λεύκανση.
- Βαφή.
- Στέγνωμα.
- Τύλιγμα.
- Φινίρισμα.

Κύριες πηγές ρύπανσης:

Σημαντικές αέριες εκπομπές στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο προέρχονται από την καύση υγρών ή αερίων καυσίμων στους ατμολέβητες των μονάδων με κύριες αέριες εκπομπές ως ακολούθως ανάλογα του χρησιμοποιούμενου καυσίμου. Επίσης, υπάρχουν και εκπομπές σκόνης στο κλωστήριο.

Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα της κλωστοϋφαντουργίας προέρχονται κυρίως από τα στάδια της υγρής επεξεργασίας του υλικού που λαμβάνουν χώρα στα βαφεία-φινιριστήρια. Η ποσότητα και ποιότητα των υγρών αποβλήτων διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με την εφαρμοζόμενη παραγωγική διαδικασία και χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες. Τα υγρά απόβλητα της λεύκανσης, μαζί με το ξέπλυμα που ακολουθεί, είναι σημαντικά σε όγκο.

Ενέργεια:

Το καύσιμο που συνήθως χρησιμοποιείται είναι πετρέλαιο μαζούτ 1500" με περιεκτικότητα 1,5% σε θείο καθώς και υγραέριο.

Πίνακας 3.1: Συνοπτική παρουσίαση χαρακτηριστικού υποκλάδου 171.1

Μέγεθος	
Εγκατεστημένη ισχύς	95 KW < | < 12000 KW
Πηγές Ρύπανσης	
Αέρια Ρύπανση	
Κύρια στάδια παραγωγής - Ρύποι	Σκόνη στο κλωστήριο Απαέρια καύσης από το λέβητα
Υγρά Απόβλητα	
Κύρια στάδια παραγωγής Όγκος υγρών αποβλήτων	Κυρίως στην λεύκανση Υ
Νερό	
Κύρια στάδια παραγωγής Κατανάλωση	- Χ
Ενέργεια	
Είδος καυσίμου Κατανάλωση	Όλα τα καύσιμα Υ
Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά	
	Δεν είναι εφικτή η απόδοση ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του κλάδου λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων στοιχείων για τις ενταγμένες στον κατάλογο μονάδες

Πηγή: *ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ, Κωδικός Έργου:ΦΠ 19,2004*

3.1.2.2 Υποκλάδος 171.2 – Προπαρασκευή και νηματοποίηση ινών ερίου για την κατασκευή εριονήματος καρντέ

Ο υποκλάδος αυτός περιλαμβάνει τις προπαρασκευαστικές εργασίες μάλλινων ή παρόμοιων ειδών και την παρασκευή νημάτων τύπου καρντέ από μάλλινες, τεχνητές ή συνθετικές ίνες για ύφανση, πλέξη κ.α.

Στην Αττική έχουν καταγραφεί 11 μονάδες του υποκλάδου αυτού, μία από τις οποίες εμπίπτει στην Οδηγία IPPC και στο σύνολό τους είναι μέσης όχλησης.

Παραγωγική διαδικασία:

Τα κύρια στάδια της παραγωγικής διαδικασίας[7] είναι:

- Πλύσιμο (scouring): Για την απομάκρυνση των λιπαρών του ιδρώτα και των ακαθαρσιών του μαλλιού.
- Καρβονισμός: Αποσκοπεί στην αφαίρεση κυτταρινούχων υλικών του μαλλιού και γίνεται είτε σε χύμα μαλλί ή σε νήματα ή τέλος σε υφάσματα.
- Νεροτριβή (σταθεροποίηση διαστάσεων).

[7] Αναλυτική παρουσίαση των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας θα γίνει στο Κεφάλαιο 4°.

- Λεύκανση.
- Βαφή: Χρησιμοποιούνται χρώματα όξινα, χρωμίου, reactive και μεταλλικά σύμπλοκα.
- Φινίρισμα.

Κύριες πηγές ρύπανσης:

Παρόμοια με τον υποκλάδο 171.1

Ενέργεια:

Παρόμοια με τον υποκλάδο 171.1

3.1.3 Υποκλάδος 172 – Υφαντήρια

Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται παρουσίαση των χαρακτηριστικών για τις μονάδες του υποκλάδου 172, και συγκεκριμένα αυτών που δραστηριοποιούνται στην ύφανση βαμβακερών νημάτων (172.1).

Στους υπόλοιπους υποκλάδους 172.2, 172.3, 172.4 και 172.9 έχουν μεν καταγραφεί μονάδες στην Αττική αλλά τα διαθέσιμα στοιχεία δεν επαρκούν για την ολοκληρωμένη περιγραφή των χαρακτηριστικών τους. Επίσης, άλλες 30 μονάδες είναι υπό διερεύνηση.

3.1.3.1 Υποκλάδος 172.1 – Ύφανση βαμβακερών νημάτων

Στις δραστηριότητες του υποκλάδου αυτού περιλαμβάνονται η κατασκευή πλατιών υφαντών, βαμβακερών ή παρόμοιων υφασμάτων από βαμβακερά, τεχνητά ή συνθετικά νήματα και η κατασκευή υφαντών φλοκωτών υφασμέτων ή υφαντών υφασμάτων σενίλλιας, θηκειωτών υφασμάτων, γάζας, κ.α.

Στην Αττική έχουν καταγραφεί 30 μονάδες του υποκλάδου, οι οποίες ειναι μέσης όχλησης, αλλά δυστυχώς δεν υπάρχουν επιπλέον στοιχεία σχετικά με την παραγωγική τους διαδικασία.

Παραγωγική διαδικασία:

Η παραγωγή του υφάσματος[8] συνοπτικά περιλαμβάνει:

- Ξάσιμο και κλώσιμο
- Κολλάρισμα
- Ύφανση και πλέξιμο

[8] Αναλυτική παρουσίαση των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας θα γίνει στο Κεφάλαιο 4ο.

Κύριες πηγές ρύπανσης:

Παρόμοια με υποκλάδο 171.1

Ενέργεια:

Παρόμοια με υποκλάδο 171.1

3.1.4 Υποκλάδος 173 – Φινίρισμα κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

3.1.4.1 Υποκλάδος 173.0 – Φινίρισμα κλωστουφαντουργικών προϊόντων

Στις δραστηριότητες του υποκλάδου περιλαμβάνονται:

- Λεύκανση, βαφή, τυποβαφή (και θερμοτυποβαφή), προετοιμασία, στέγνωμα, επεξεργασία με ατμό, συρρίκνωση, μαντάρισμα, σανφορισμό και μερσερισμό υφασμάτων και υφαντουργικών εν γένει προϊόντων που δεν κατασκευάστηκαν από υλικά ιδίας παραγωγής, περιλαμβανομένων και των ενδυμάτων,
- Προετοιμασία, στέγνωμα, επεξεργασία με ατμό, μαντάρισμα, συρρίκνωση, σανφορμισμός, μερσερισμός, πλισάρισμα υφασμάτων και υφαντουργικών εν γένει προϊόντων που δεν κατασκευάστηκαν από υλικά ίδιας παραγωγής συμπεριλαμβανομένω και των ενδυμάτων.
- Τελική επεξεργασία δερμάτινων υφασμάτων.

Στην Αττική έχουν καταγραφεί 4 μονάδες του υποκλαδου αυτού, 3 από τις οποίες εντάσσονται στην Οδηγία IPPC, ενώ όλες είναι μέσης όχλησης.

Παραγωγική διαδικασία:

Η διαδικασία βαφής- φινιρίσματος διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη:

- Βαφή και φινίρισμα μάζας και νημάτων.
- Βαφή και φινίρισμα υφαντών υφασμάτων.
- Βαφή και φινίρισμα πλεκτών υφασμάτων.

Τα κύρια στάδια της επεξεργασίας του υφάσματος[9] παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

1. Κολλάρισμα (sizing).
2. Αποκολλάρισμα (desizing).
3. Διαβροχή-πλύσιμο.
4. Λεύκανση (bleaching).
5. Μερσερισμός.
6. Κρεπάρισμα.
7. Βαφή
8. Φινίρισμα.

Οι υγρές επεξεργασίες του φινιρίσματος οι οποίες παράγουν υγρά απόβλητα συνοψίζονται παρακάτω:

1. Μαλάκωμα.
2. Ατσαλάκωτο.
3. Γέμισμα.
4. Αδιαβροχοποίηση.
5. Επιβράδυνση φωτιάς.
6. Βακτηριοστατική επεξεργασία.
7. Επίστρωση.
8. Λάμψη-γυάλισμα.

Οι ξηρές επεξεργασίες έχουν σκοπό να δώσουν ορισμένα χαρακτηριστικά στην τελική επιφάνεια του προϊόντος που διακρίνονται είτε οπτικά ή οργανοληπτικά όπως είναι το χνούδιασμα, ο μερσερισμός, η κυματοποίηση, το άτμισμα, το σιδέρωμα, κλπ.

Κύριες πηγές ρύπανσης:

Συνοπτικά οι αέριες εκπομπές[10] στο χώρο παραγωγής των βαφείων-φινιριστηρίων είναι οι ακόλουθες:

[9] Αναλυτική παρουσίαση των σταδίων της επεξεργασίας του υφάσματος θα γίνει στο Κεφάλαιο 4°.
[10] Αναλυτική παρουσίαση των αέριων ρύπων στο χώρο παραγωγής σε βαφεία-φινιριστήρια θα γίνει στο κεφάλαιο 5°.

ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ

- Εκπομπές πτητικών υδρογονανθράκων (VOCs).
- Εκπομπές όξινων αερίων.
- Ατμοί οξέων και βάσεων.
- Εκπομπές διοξειδίου του χλωρίου.
- Εκπομπές διαλυτών.
- Σκόνες και ίνες.
- Σκόνες από χρωστικές ουσίες και βοηθητικές ύλες.

Επίσης σημαντικές αέριες εκπομπές στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο προέρχονται από την καύση υγρών ή αερίων καυσίμων στους ατμολέβητες των μονάδων με κύριες αέριες εκπομπές ως ακολούθως ανάλογα του χρησιμοποιούμενου καυσίμου που είναι συνήθως πετρέλαιο μαζούτ 1500΄΄ με περιεκτικότητα 1,5% σε θείο καθώς και υγραέριο.

Υγρά απόβλητα:

Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα της κλωστοϋφαντουργίας προέρχονται κυρίως από τα στάδια της υγρής επεξεργασίας του υλικού που λαμβάνουν χώρα στα βαφεία-φινιριστήρια. Η ποσότητα και ποιότητα των υγρών αποβλήτων διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με την εφαρμοζόμενη παραγωγική διαδικασία και χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες.

Ενέργεια:

Το χρησιμοποιούμενο καύσιμο είναι συνήθως πετρέλαιο μαζούτ 1500'' με περιεκτικότητα 1,5% σε θείο καθώς και υγραέριο.

Πίνακας 3.2: Συνοπτική παρουσίαση χαρακτηριστικού υποκλάδου 173.0

Μέγεθος	
Δυναμικότητα ως προς την πρώτη ύλη	10 τόνοι / ημέρα < Δ < 30 τόνοι / ημέρα
Πηγές Ρύπανσης	
Αέρια Ρύπανση	
Κύρια στάδια παραγωγής	Κολλάρισμα Αποκολλάρισμα Διαβροχή - πλύσιμο Λεύκανση Μερσερισμός Βαφή Φινίρισμα
Ρύποι	VOCs κατά το θερμοφιξάρισμα των συνθετικών, τη στίλβωση, το στέγνωμα, τη τυποβαφή και στις διαδικασίες του φινιρίσματος με οργανικές βοηθητικές ύλες Υδρόθειο κατά το καρπονάρισμα του μαλλιού και κατά την βαφή Εκπομπές διοξειδίου του χλωρίου κατά την λεύκανση Σκόνες και ίνες κατά τις ξηρές επεξεργασίες του νήματος καθώς και κατά το φινίρισμα των υφασμάτων
Υγρά Απόβλητα	
Κύρια στάδια παραγωγής Όγκος υγρών αποβλήτων	Σχεδόν σε όλα, εκτός της ξηρής επεξεργασίας Υ
Νερό	
Κύρια στάδια παραγωγής Κατανάλωση	- Υ
Ενέργεια	
Είδος καυσίμου Κατανάλωση	Όλα τα καύσιμα Υ
Ιδιαίτερα Χαρακτηριστικά	
	Δεν είναι εφικτή η απόδοση ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του κλάδου λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων στοιχείων για τις ενταγμένες στον κατάλογο μονάδες

Πηγή: *ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ, Κωδικός Έργου:ΦΠ 19,2004*

3.1.5 Υποκλάδος 174 - Κατασκευή έτοιμων κλωστοϋφαντουργικών ειδών, εκτός από ενδύματα

Στις δραστηριότητες του υποκλάδου περιλαμβάνονται η κατασκευή έτοιμων ειδών από οποιαδήποτε υφαντική ύλη, συμπεριλαμβανομένων και των πλεκτών εν γένει υφασμάτων, η κατασκευή έτοιμων ειδών επίπλωσης, κ.α.

Στην Αττική έχουν καταγραφεί 3 μονάδες του υποκλάδου, οι οποίες είναι μέσης όχλησης, αλλά δυστυχώς δεν υπάρχουν επιπλέον στοιχεία σχετικά με την παραγωγική τους διαδικασία.

3.1.6 Υποκλάδος 175 – Κατασκευή άλλων κλωστοϋφαντουργικών ειδών

Αναφορικά με τον υποκλάδο 175 (κατασκευή άλλων κλωστοϋφαντουργικών ειδών) υπάρχουν καταγεγραμμένες μόνο τρεις μονάδες του κλάδου 175.1 (ταπητουργία) για τις οποίες όμως δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την ολοκληρωμένη περιγραφή των χαρακτηριστικών τους. Για τους υπόλοιπους υποκλάδους δεν έχουν καταγραφεί μονάδες στην Αττική.

3.1.7 Υποκλάδος 176 - Κατασκευή πλεκτών υφασμάτων και υφασμάτων πλέξης κροσέ

Αναφορικά με τον υποκλάδο 176 (κατασκευή άλλων πλεκτών υφασμάτων και υφασμάτων πλέξης κροσέ) υπάρχουν καταγεγραμμένες μόνο 4 μονάδες του υποκλάδου 176.0 για τις οποίες όμως δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την ολοκληρωμένη περιγραφή των χαρακτηριστικών τους.

3.1.8 Υποκλάδος 177 – Κατασκευή πλεκτών ειδών και ειδών πλέξης κροσέ

Αναφορικά με τον υποκλάδο 177 (κατασκευή πλεκτών ειδών και ειδών πλέξης κροσέ) υπάρχουν καταγεγραμμένες μόνο 1 μονάδα του υποκλάδου 177.1 (είδη καλτσοποιίας) και 1 μονάδα του υποκλάδου 177.2 (κατασκευή πλεκτών πουλόβερ, ζακετών και παρόμοιων ειδών απλής πλέξης ή πλέξης κροσέ) για τις οποίες όμως δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την ολοκληρωμένη περιγραφή των χαρακτηριστικών τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

4.1 Παραγωγή βαμβακιού

Η επεξεργασία του βαμβακιού περιλαμβάνει δύο κύρια μέρη: τη διαδικασία παραγωγής υφάσματος, κατά την οποία δεν παράγονται υγρά απόβλητα, και την επεξεργασία του υφάσματος που αποτελεί το αντικείμενο των βαφείων-φινιριστηρίων και παράγει σημαντικές ποσότητες αποβλήτων.

Η παραγωγή του υφάσματος συνοπτικά περιλαμβάνει:

- Ξάσιμο και κλωσιμό.
- Κολλάρισμα.
- Ύφανση και πλέξιμο.

Η επεξεργασία του υφάσματος περιλαμβάνει διάφορα στάδια που ποικίλουν κατά περίπτωση, μεταξύ των οποίων είναι το αποκολλάρισμα, η διαβροχή-πλύση, η λεύκανση, η βαφή, η τυποβαφή και το φινίρισμα. Σε ένα βαφείο-φινιριστήριο λαμβάνουν χώρα όλες οι παραπάνω διαδικασίες ή ορισμένες από αυτές, ενώ ανάλογα με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος ή για ειδικούς τύπους υφασμάτων εφαρμόζονται πρόσθετες επεξεργασίες όπως ο μερσερισμός, το κρεπάρισμα, κλπ.

Η διαδικασία βαφής και φινιρίσματος, διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη:

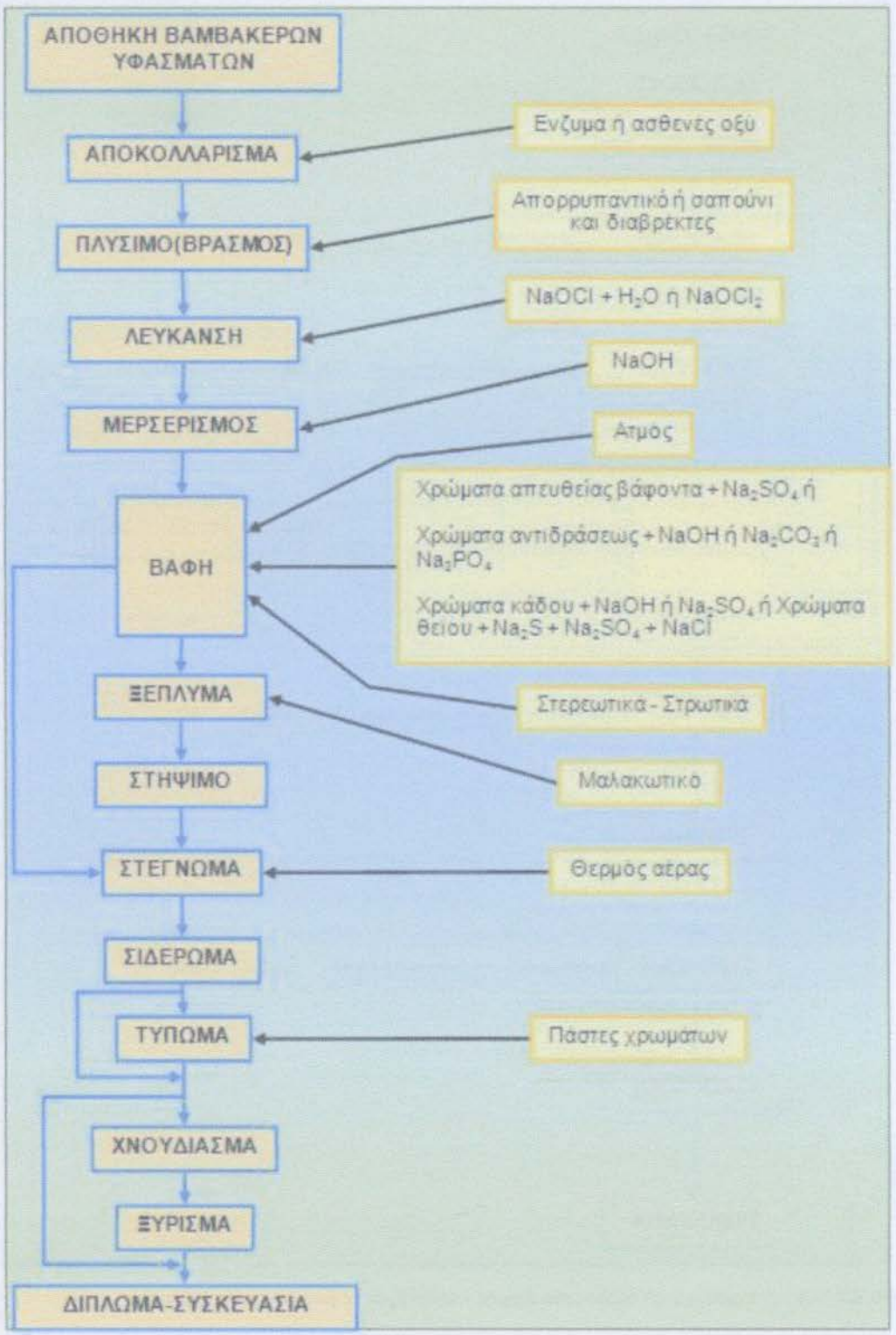
- Βαφή και φινίρισμα μάζας και νημάτων.
- Βαφή και φινίρισμα υφαντών υφασμάτων.
- Βαφή και φινίρισμα πλεκτών υφασμάτων.

Τα κύρια στάδια της επεξεργασίας του υφάσματος παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω και αναπαριστώνται σχηματικά στο Σχήμα 4.1, ενώ η επεξεργασία των νημάτων παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.2. Η διαδικασία αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια:

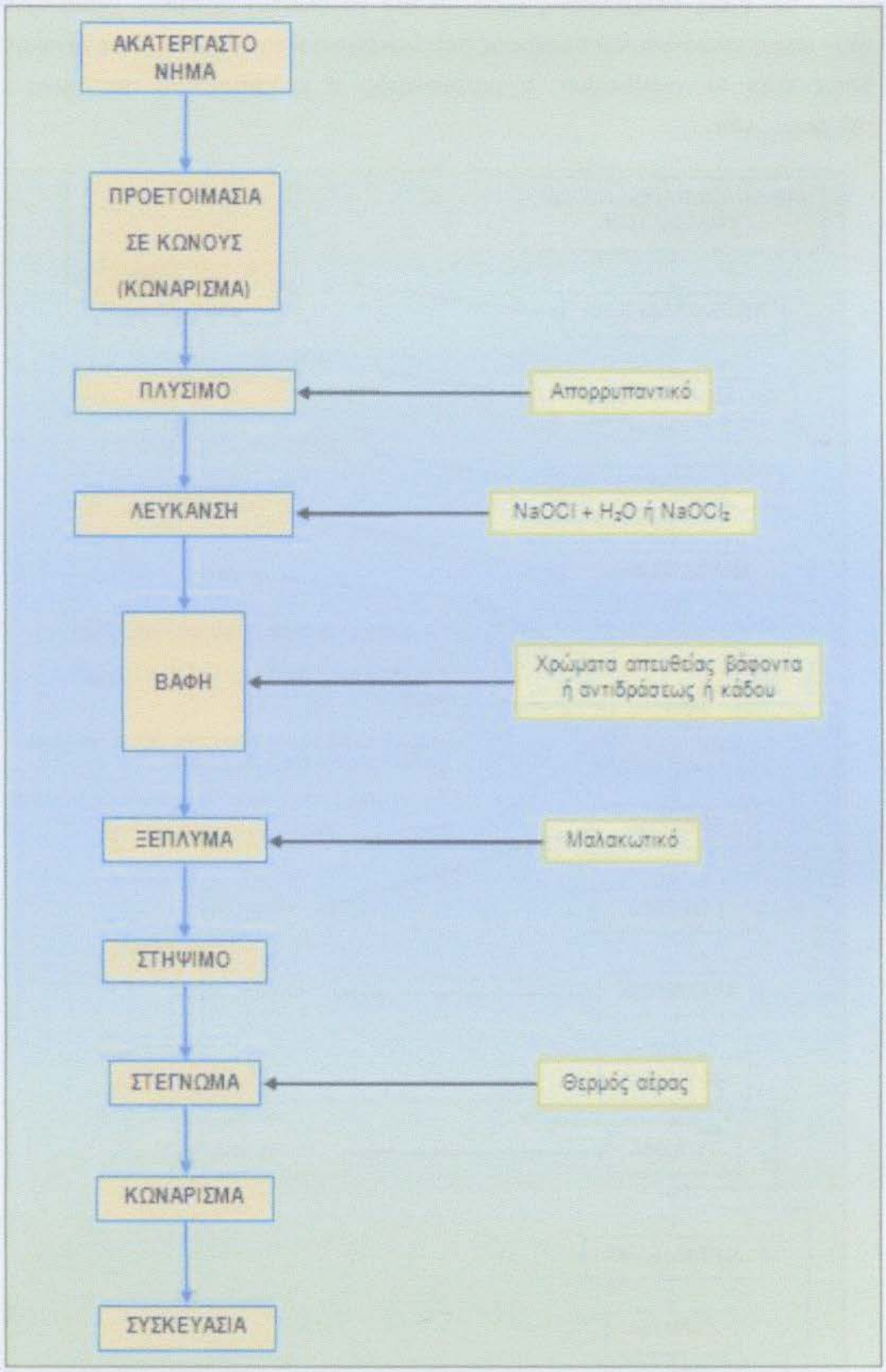
1. Κολλάρισμα (sizing): Το κολλάρισμα στήμονος γίνεται στην κυτταρική ίνα προκειμένου να προσδώσει μηχανική αντοχή κατά την ύφανση.
2. Αποκολλάρισμα (desizing): Γίνεται στο έτοιμο ύφασμα για την απομάκρυνση των υλικών του κολλαρίσματος που προστέθηκαν στο νήμα.

3. Διαβροχή-πλύσιμο: Αποσκοπεί στην απομάκρυνση των κεριών, των λιπών και άλλων μη κυτταρινούχων ακαθαρσιών από την ίνα ή το ύφασμα, για να μπορέσει να γίνει στη συνέχεια η λεύκανση και η βαφή.
4. Λεύκανση (bleaching): Αποσκοπεί στην απομάκρυνση του φυσικού χρώματος του υλικού και το καθιστά κατάλληλο για βαφή. Σήμερα, υπάρχει η τάση συνδυασμού της λεύκανσης με το αρχικό πλύσιμο, οπότε βελτιώνεται ο βαθμός λευκότητας και μειώνεται η κατανάλωση χημικών ουσιών. Η λεύκανση γίνεται είτε σε παρτίδες ή σε συνεχή διαδικασία εντός κάδων και ακολουθεί πλύσιμο για την απομάκρυνση των οξειδωτικών που συνήθως γίνεται με διάσπαση με προσθήκη διθειϊκού οξέος.
5. Μερσερισμός: Ο μερσερισμός αποσκοπεί στην αύξηση της αντοχής του νήματος σε χημικές ουσίες, ηλιακό φως και μηχανική αντοχή, στην επίτευξη στιλπνότητας του υλικού και στη βελτίωση της βαφικής του ικανότητας.
6. Κρεπάρισμα: Το κρεπάρισμα αποσκοπεί στη δημιουργία κυματισμών ή ζαρωμάτων στο ύφασμα και γίνεται με τύπωμα πυκνής καυστικής σόδας. Μετά την κατεργασία το υλικό ξεπλένεται με αραιό θεϊκό οξύ.
7. Βαφή: Η βαφή ενός προϊόντος, είτε στη μορφή του νήματος είτε του υφάσματος γίνεται με την προσθήκη χρωστικής ουσίας, η οποία προσδίδει στο προϊόν το επιθυμητό χρώμα. Η βαφή γίνεται με χρώματα direct, αντιδράσεως (reactive), κάδου (vat) και θείου, καθώς και με τυποβαφή.
8. Φινίρισμα: Ο τελικός εξευγενισμός ή φινίρισμα των υφασμάτων περιλαμβάνει υγρές και ξηρές επεξεργασίες που έχουν σκοπό να προσδώσουν στο τελικό προϊόν ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Οι υγρές επεξεργασίες του φινιρίσματος περιλαμβάνουν την εφαρμογή μεγάλου εύρους χημικών ουσιών έτσι ώστε το τελικό προϊόν να είναι αποκτήσει αντοχή στο ζάρωμα, στο νερό (αδιαβροχοποίηση), στη φωτιά στις κηλίδες καθώς και στη προσβολή του από σκώρο, παράσιτα, βακτήρια, κλπ. Οι υγρές επεξεργασίες του φινιρίσματος οι οποίες παράγουν υγρά απόβλητα συνοψίζονται παρακάτω:
   - Μαλάκωμα.
   - Ατσαλάκωτο.
   - Γέμισμα.
   - Αδιαβροχοποίηση.
   - Επιβράδυνση φωτιάς.
   - Βακτηριοστατική επεξεργασία.
   - Επίστρωση.
   - Λάμψη-γυάλισμα.

Οι ξηρές επεξεργασίες έχουν σκοπό να δώσουν ορισμένα χαρακτηριστικά στην τελική επιφάνεια του προϊόντος που διακρίνονται είτε οπτικά είτε οργανοληπτικά όπως είναι το χνούδιασμα, ο μερσερισμός, η κυματοποίηση, το άτμισμα, το σιδέρωμα, κλπ.



Εικόνα 4.1 Τυπική παραγωγική διαδικασία βαφής- φινιρίσματος βαμβακερών υφασμάτων

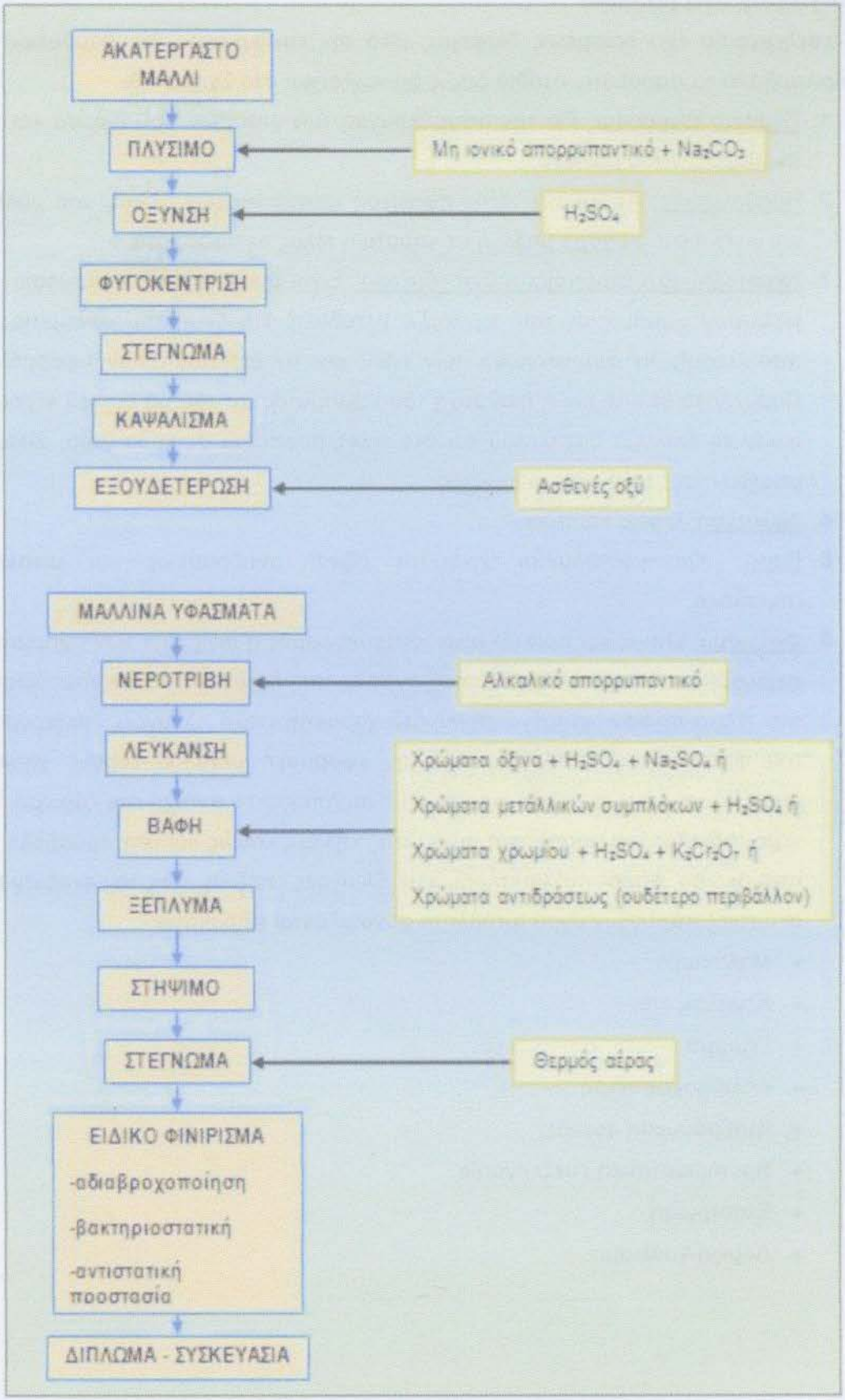


Εικόνα 4.2 Τυπική παραγωγική διαδικασία βαφής - φινιρίσματος βαμβακερών νημάτων

4.2 Παραγωγή μαλλιού

Η επεξεργασία έχει ορισμένες διαφορές από την επεξεργασία του βαμβακιού και περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια όπως φαίνονται και στο Σχήμα 4.3:

1. Πλύσιμο (scouring): Για την απομάκρυνση των λιπαρών, του ιδρώτα και των ακαθαρσιών του μαλλιού.
2. Καρβονισμός: Αποσκοπεί στην αφαίρεση κυτταρινούχων υλικών του μαλλιού και γίνεται είτε σε χύμα μαλλί ή σε νήματα ή τέλος σε υφάσματα.
3. Νεροτριβή (σταθεροποίηση διαστάσεων): Είναι μια μηχανική κατεργασία των μάλλινων υφασμάτων που προκαλεί μεταβολή στη δομή του υφάσματος με αποτέλεσμα τη συμπύκνωση των ινών και τη διόγκωση των υφασμάτων. Παράλληλα γίνεται και η διαβροχή του υφάσματος σε λουτρά ζεστού νερού με αλκαλικό διάλυμα σαπουνιού και στο τέλος μούσκεμα σε κρύο νερό, ώστε να μειωθεί η συστολή του υφάσματος.
4. Λεύκανση: Όπως και πριν.
5. Βαφή: Χρησιμοποιούνται χρώματα όξινα, αντιδράσεως και μεταλλικά σύμπλοκα.
6. Φινίρισμα: Όπως και πριν. Ο τελικός εξευγενισμός ή φινίρισμα των υφασμάτων περιλαμβάνει υγρές και ξηρές επεξεργασίες που έχουν σκοπό να προσδώσουν στο τελικό προϊόν ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Οι υγρές επεξεργασίες του φινιρίσματος περιλαμβάνουν την εφαρμογή μεγάλου εύρους χημικών ουσιών έτσι ώστε το τελικό προϊόν να είναι αποκτήσει αντοχή στο ζάρωμα, στο νερό (αδιαβροχοποίηση), στη φωτιά στις κηλίδες καθώς και στη προσβολή του από σκώρο, παράσιτα, βακτήρια, κλπ. Οι υγρές επεξεργασίες του φινιρίσματος οι οποίες παράγουν υγρά απόβλητα συνοψίζονται παρακάτω:
   - Μαλάκωμα.
   - Ατσαλάκωτο.
   - Γέμισμα.
   - Αδιαβροχοποίηση.
   - Επιβράδυνση φωτιάς.
   - Βακτηριοστατική επεξεργασία.
   - Επίστρωση.
   - Λάμψη-γυάλισμα.



Εικόνα 4.3 Τυπική παραγωγική διαδικασία βαφής – φινιρίσματος μάλλινων

4.3 Ανθρωπογενείς ίνες

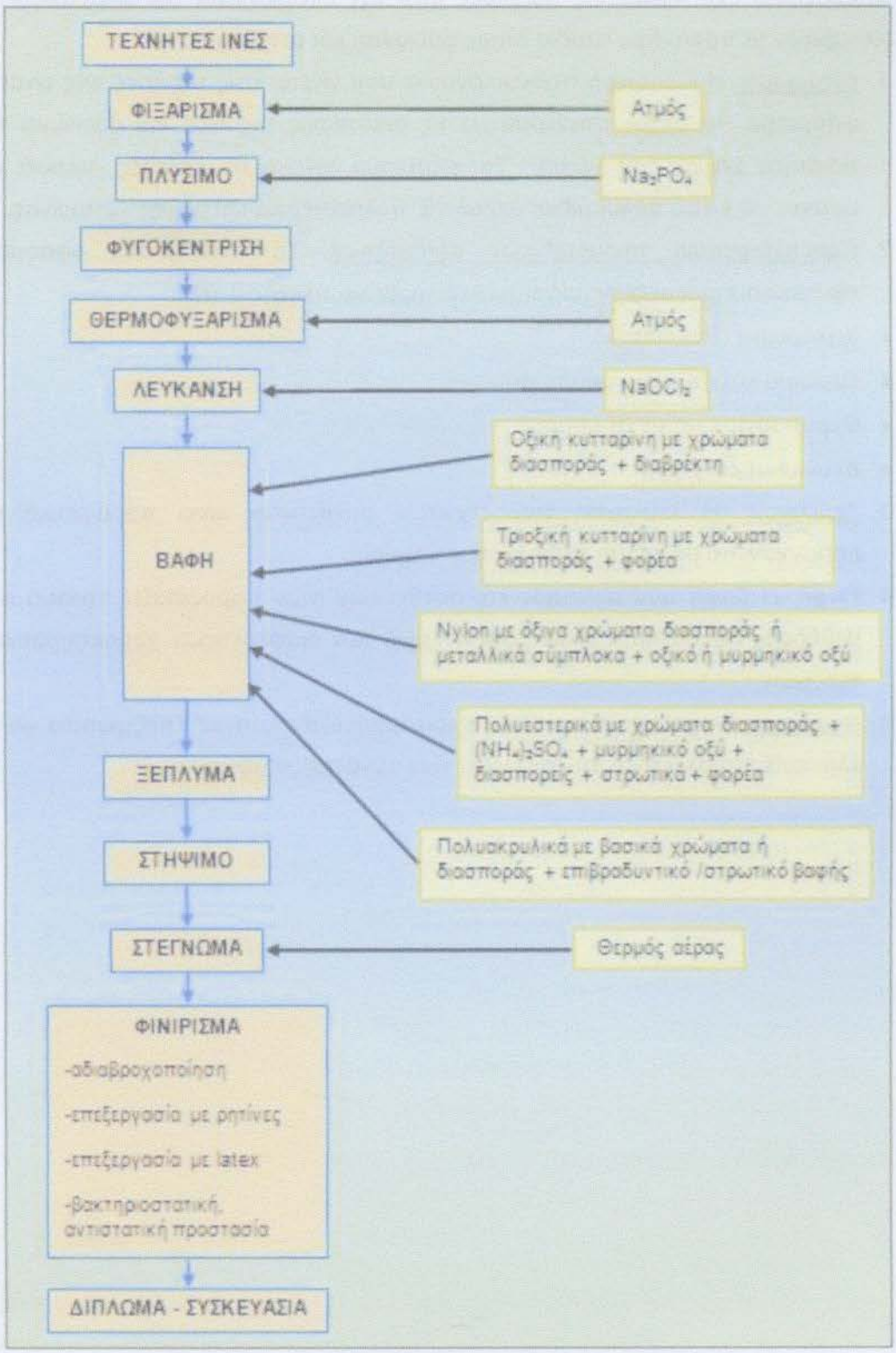
Η επεξεργασία έχει ορισμένες διαφορές από την επεξεργασία του βαμβακιού και περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια όπως φαίνονται και στο Σχήμα 4.4:

1. Φιξάρισμα: Η κυριότερη προκατεργασία που γίνεται στις τεχνητές ίνες είναι το φιξάρισμα, το οποίο σταθεροποιεί τις διαστάσεις της ίνας και βελτιώνει την ποιότητα βαφής του υλικού. Το φιξάρισμα γίνεται σε κάλτσες, πλεκτά και υφαντά είδη από πολυαμίδια, ακρυλικά, πολυεστερικά και οξικής κυτταρίνης.
2. Προεπεξεργασία πολυαμιδικών υφασμάτων: Τα πολυαμιδικά υφάσματα υφίστανται προεπεξεργασία που περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Χαλάρωση (Relaxation).
- Πλύσιμο και ήπια φυγοκέντριση.
- Θερμοφιξάρισμα με άτμισμα.
- Λεύκανση και βαφή.

3. Λεύκανση: Η λεύκανση των τεχνιτών συνθετικών είναι προαιρετική και επιτυγχάνεται με χρήση χλωριώδους νατρίου.
4. Βαφή: Η βαφή των τεχνητών και συνθετικών ινών παρουσιάζει ποικιλία στις μεθόδους βαφής και τύπων βαφών λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών των ινών.
5. Φινίρισμα: Το φινίρισμα συνήθως περιλαμβάνει αντιστατική επεξεργασία για να ελαττωθεί το ηλεκτροστατικό φορτίο των συνθετικών υφασμάτων.

4.4 Παραγωγή σύμμικτων υφασμάτων



Εικόνα 4.4 Τυπική παραγωγική διαδικασία βαφής - φινιρίσματος τεχνητών ινών

Τα κυριότερα σύμμεικτα υφάσματα που χρησιμοποιούνται σήμερα στην κλωστοϋφαντουργία είναι τα ακόλουθα:

- Πολυεστέρας/βαμβάκι.
- Πολυεστέρας/μαλλί.
- Πολυεστέρας/ακρυλικό.
- Ακρυλικό/μαλλί.
- Ακρυλικό/βαμβάκι.
- Πολυαμιδικό/acetate.
- Πολυαμιδικό/triacetate.

Η βαφή των συμμίκτων μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- Βαφή με εξάντληση λουτρού.
- Βαφή διαλείποντος έργου.
- Βαφή συνεχείας.

4.5 Πρώτες ύλες

Η παραγωγική διαδικασία στην κλωστοϋφαντουργία και ειδικότερα στον κλάδο της βαφικής – φινιρίσματος, εξαρτάται από το είδος τη πρώτης ύλης και τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου προϊόντος. Οι τρεις βασικές πρώτες ύλες της κλωστοϋφαντουργίας είναι: το βαμβάκι, το μαλλί και οι συνθετικές ίνες. Αντίστοιχα, τα κυριότερα τελικά προϊόντα είναι τα νήματα, τα υφάσματα, τα πλεκτά, τα κεντήματα, τα χαλιά και λοιπά προϊόντα. Οι συνθετικές πρώτες ύλες διακρίνονται στις αναγεννημένες τεχνητές ίνες όπως η βισκόζη (rayon), το rayon χαλκαμμωνίας και η οξική κυτταρίνη (acetate, triacetate), και στις καθαρά συνθετικές όπως οι πολυαμιδικές ίνες (nylon 6.6, nylon 6), πολυεστερικές ίνες και οι ακρυλικές ίνες. Τέλος, υπάρχουν και οι σύμμικτες πρώτες ύλες που είναι συνδυασμός των φυσικών και τεχνητών υλών.

4.6 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

4.6.1 Βαφικά μηχανήματα

Ο ρόλος που διαδραματίζουν τα εν λόγο μηχανήματα στην εξέλιξη της παραγωγικής διαδικασίας των βαφείων-φινιριστηρίων είναι από τους βασικότερους και καθοριστικός για την ποιότητας των προϊόντων, την οικονομία χρόνου, την εξοικονόμηση νερού και χημικών και την δυνατότητα βαφής κάθε είδους ίνας. Τα βαφικά μηχανήματα χωρίζονται σε συσκευές και μηχανές.

4.6.1.1 Συσκευές

Στις συσκευές, η κίνηση του λουτρού επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αντλιών και η κυκλοφορία ρυθμίζεται με τη βοήθεια βαλβίδων που λειτουργούν αυτόματα. Οι συσκευές μπορεί να είναι ανοικτές, δηλαδή να βάφουν σε θερμοκρασία βρασμού ή υψηλής θερμοκρασίας (άνω των 100 °C) οπότε είναι υψηλής πίεσης. Στις συσκευές βάφονται νήματα υπό τη μορφή χύμα, Tops, τσιλέδων και μπομπίνας.

4.6.1.2 Μηχανές

Στις μηχανές έχουμε κίνηση του υφάσματος και συχνά κίνηση του λουτρού και είναι κατάλληλες για βαφή υφασμάτων. Στις μηχανές υπάγονται:

- **Ανέμη**: Παλαιού τύπου μηχάνημα, συνήθως από ξύλο που έχει εγκαταλειφθεί λόγω μεγάλης σχέσης λουτρού προς προϊόν Λ:Π περίπου 20:1.
- **Jigger**: Πλεονεκτεί, λόγω της μικρής σχέσης λουτρού και των συστημάτων αυτοματισμού της διαδικασίας. Διαθέτει αυτοματισμούς στη κίνηση. Χρησιμοποιούνται μόνο για υφαντά υφάσματα. Σχέση λουτρού προς προϊόν Λ:Π = 5:1 - 8:1.

Μηχανές υψηλής θερμοκρασίας: Μηχανές οι οποίες μπορούν να βάψουν σε θερμοκρασίες 130 – 140 °C υπό πίεση. Σε αυτές υπάγονται:

- **Μηχανές Jet**, στις οποίες η κίνηση του λουτρού γίνεται με τουρμπίνα και είναι κατάλληλες για βαφή υφασμάτων που δεν έχουν υποστεί προφιξάρισμα. Σχέση λουτρού προς προϊόν Λ:Π = 10:1 - 15:1.
- **Μηχανές overflow**, οι οποίες δεν είναι κατάλληλες για ευαίσθητα υφάσματα καθώς προκαλούν ζάρες και τσακίσματα. Σχέση Λ:Π = 15:1.
- **Μηχανές soft-stream** (μπόμπα), οι οποίες είναι κατάλληλες για βαφή ευαίσθητων πολυακριλικών και μάλλινων υφασμάτων. Σχέση Λ:Π = 5:1.
- **Μηχανές συνεχούς βαφής**: οι οποίες συνδυάζουν βαφή υφασμάτων μεγάλου μήκους μαζί με στύψιμο, στέγνωμα, υγρό φινίρισμα, θερμοφιξάρισμα και τελικό πλύσιμο. Δεν είναι οικονομικές για μικρές παρτίδες βαφής.

Η τεχνολογική εξέλιξη των μηχανών είναι ραγδαία και επιτυγχάνει σημαντική μείωση της κατανάλωσης νερού, χρωμάτων και βοηθητικών βαφής, που έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων και την βελτίωση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών. Επομένως, η χρήση των σύγχρονων μηχανών βαφής μπορεί να χαρακτηριστεί ως εφαρμογή μιας καθαρής τεχνολογίας στον κλάδο βαφείων-φινιριστηρίων.

4.6.2 Λοιπός εξοπλισμός

Στον λοιπό εξοπλισμό των βαφείων φινιριστηρίων περιλαμβάνονται:

- Πλυντικές μηχανές.
- Λευκαντικές μηχανές.
- Φιξαριστικές μηχανές.
- Στυπτικές μηχανές.
- Στεγνωτήρια.
- Τυλικτικές μηχανές.
- Κομπάκτορες.
- Σιδερωτήρια.
- Τυπωτικές μηχανές.
- Μηχανές μερσερισμού.
- Ξεκολλαριστικές και ρολαριστικές μηχανές.
- Κανόνι αναδίπλωσης σωληνωτών υφασμάτων.

Ακόμα υπάρχει εξοπλισμός για την αποσκλήρυνση του νερού, ατμολέβητες για την αποσκλήρυνση ατμού καθώς και ελαιόθερμα ή αερόθερμα για την παραγωγή ζεστού αέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ - ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

5.1 ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ

Οι αέριες εκπομπές στο χώρο παραγωγής των βαφείων–φινιριστηρίων περιλαμβάνουν:

- **Εκπομπές αερίων πτητικών υδρογοναθράκων (VOC's)** κατά την επεξεργασία με βοηθητικές ύλες, που περιέχουν πτητικές οργανικές ουσίες, όπως πλαστικοποιητές ή άλλες ουσίες που γίνονται πτητικές ή διασπώνται σε πτητικές ενώσεις κάτω από υψηλές θερμοκρασίες. Τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας που παράγουν, πτητικές οργανικές ενώσεις είναι το θερμοφιξάρισμα των συνθετικών, η στίλβωση το στέγνωμα, η τυποβαφή και οι διαδικασίες φινιρίσματος με οργανικές βοηθητικές ύλες σε υψηλή θερμοκρασία, όπως είναι η επεξεργασία με ρητίνες και η πλαστικοποίηση.

- **Εκπομπές όξινων αερίων** όπως υδρόθειο, που παράγονται κατά το καρμπονάρισμα του μαλλιού και κατά τη βαφή με χρήση χρωμάτων θείου, λόγω της αναγωγής του χρησιμοποιούμενου ως βοηθητικού θειούχου νατρίου.

- **Ατμοί οξέων και βάσεων** εκλύονται κατά τις παραγωγικές διαδικασίες που χρησιμοποιούν αντίστοιχα χημικά και εκτελούνται σε υψηλές θερμοκρασίες 50 – 100 °C, όπως το πλύσιμο, το αποκολλάρισμα, η λεύκανση, ο μερσερισμός, κλπ.

- **Εκπομπές διοξειδίου του χλωρίου** κατά τη λεύκανση με χρήση χλωριώδους νατρίου.

- **Εκπομπές διαλυτών** απελευθερώνονται σε περιπτώσεις χρήσης οργανικών διαλυτών όπως κατά το στεγνό καθάρισμα και κατά τις εκπλύσεις των μηχανών τυποβαφής με διαλύτες ή για την βελτίωση των παστών.

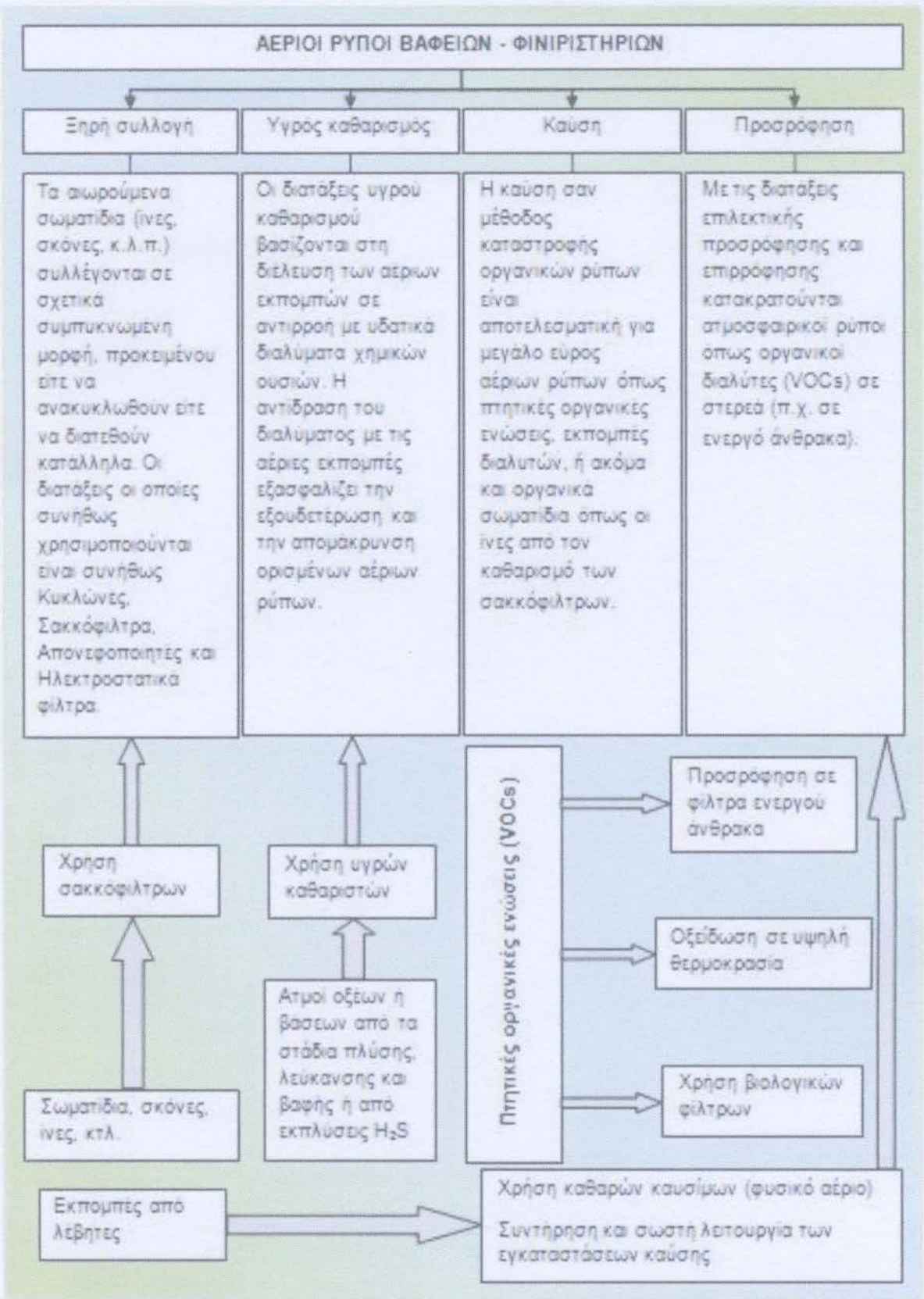
- **Σκόνες και ίνες** παράγονται κατά τις ξηρές επεξεργασίες του νήματος καθώς και κατά το φινίρισμα των υφασμάτων με μηχανικά μέσα για τη δημιουργία χνουδωτής επιφάνειας ή κατά το ξύρισμα των χαλιών.

- **Σκόνες από χρωστικές ουσίες και βοηθητικές ύλες** παράγονται στους χώρους αποθήκευσης και παρασκευής των αντίστοιχων υδατικών διαλυμάτων όταν οι χημικές ύλες είναι σε κοκκώδη μορφή.

5.2 ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΒΑΦΕΙΩΝ – ΦΙΝΙΡΙΣΤΗΡΙΩΝ

Οι αέριες εκπομπές στο χώρο παραγωγής των βαφείων – φινιριστηρίων περιλαμβάνουν πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) (κατά το θερμοφιξάρισμα των συνθετικών, η στίλβωση, το στέγνωμα, η τυποβαφή και οι διαδικασίες του φινιρίσματος με οργανικές βοηθητικές ύλες σε υψηλή θερμοκρασία όπως επεξεργασία με ρητίνες, πλαστικοποίηση), όξινα αέρια όπως το υδρόθειο (H_2S, κατά το καρμπονάρισμα του μαλλιού και κατά τη βαφή με χρήση χρωμάτων θείου, λόγω της αναγωγής του χρησιμοποιούμενου ως βοηθητικού θειούχου νατρίου), ατμούς οξέων και βάσεων (κατά τις παραγωγικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται τα αντίστοιχα χημικά και εκτελούνται σε υψηλές θερμοκρασίες, 50 – 100 °C, όπως πλύσιμο, αποκολλάρισμα, λεύκανση, μερσερισμό), διοξείδιο του χλωρίου ($NaOCl_2$, κατά την λεύκανση), διαλύτες (σε περιπτώσεις χρήσης οργανικών διαλυτών όπως κατά το στεγνό καθάρισμα και κατά τις εκπλύσεις των μηχανών τυποβαφής ή για τη βελτίωση των παστών) σκόνες και ίνες (παράγονται κατά τις ξηρές επεξεργασίες του νήματος, καθώς και κατά το φινίρισμα των υφασμάτων με μηχανικά μέσα για τη δημιουργία χνουδωτής επιφάνειας ή για κατά το ξύρισμα των χαλιών) και σκόνες από χρωστικές και βοηθητικές ύλες που παράγονται στους χώρους αποθήκευσης και παρασκευής των αντίστοιχων υδατικών διαλυμάτων όταν οι χημικές ύλες είναι σε κοκκώδη μορφή.

Οι τεχνικές που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση των αέριων ρύπων στους εσωτερικούς χώρους των βαφείων – φινιριστηρίων φαίνονται στο Διάγραμμα 5.1.



Διάγραμμα 5.1: Τεχνικές αντιμετώπισης αέριων ρύπων σε εσωτερικούς χώρους βαφείων-φινιριστηρίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΛΥΣΗ - ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

6.1 ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ

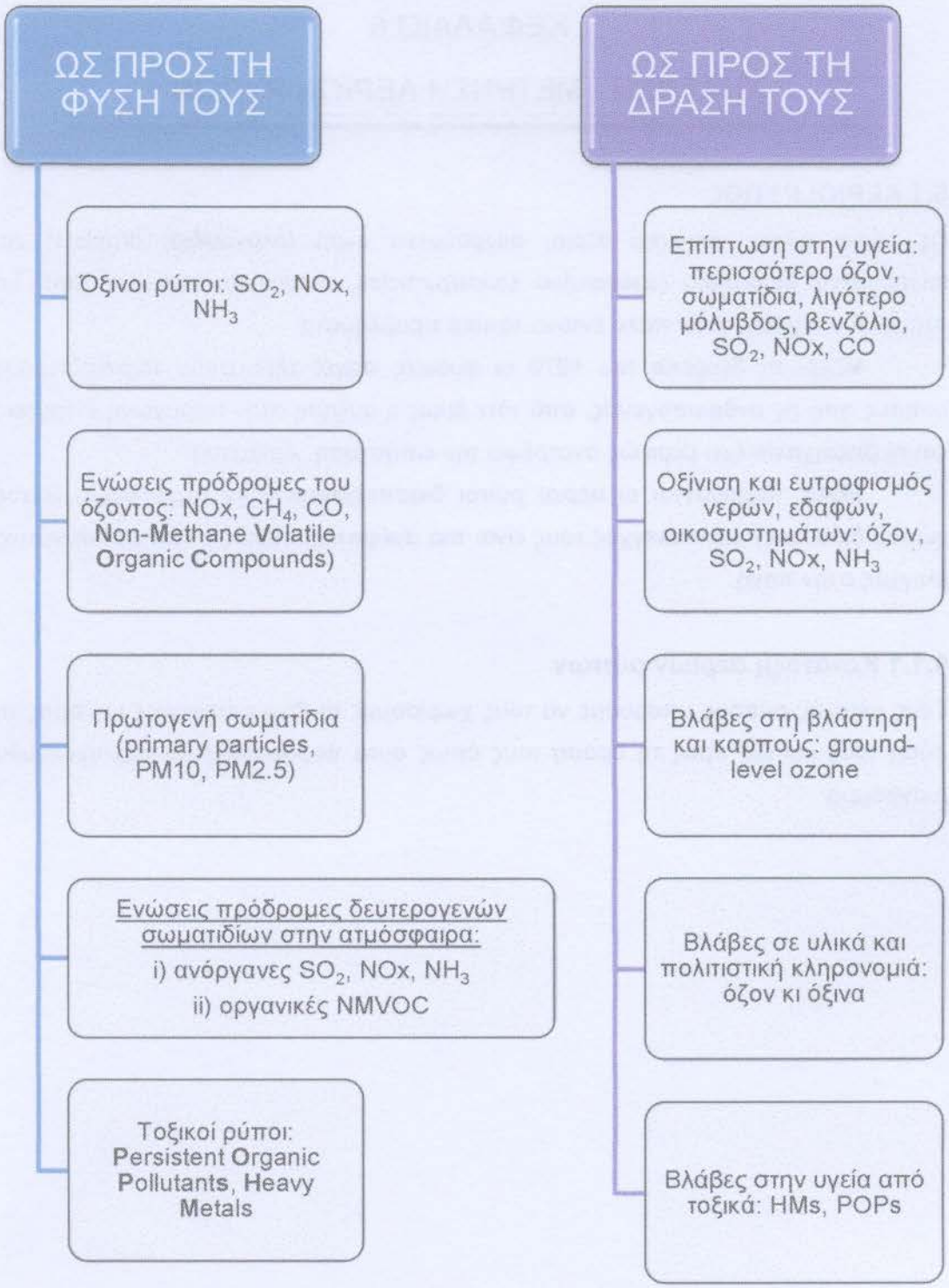
Ως αέριοι ρύποι νοούνται αέρια, αιωρούμενα υγρά (σταγονίδια, droplets) και αιωρούμενα σωματίδια (suspended solids/particles, particulate matter – PM). Τα σταγονίδια δημιουργούν πολύ έντονα τοπικά προβλήματα.

Μέχρι τη δεκαετία του 1970 οι φυσικές πηγές εξέπεμπαν περισσότερους ρύπους από τις ανθρωπογενείς, από τότε όμως η αύξηση στην παραγωγή ενέργειας και τη βιομηχανία έχει μερικώς ανατρέψει την κατάσταση. Αρίθμηση

Μόλις παράγονται οι αέριοι ρύποι διασπείρονται στην ατμόσφαιρα (εκτός χώρου διάθεσης) και ο έλεγχός τους είναι πια ανέφικτος, καθώς απαιτείται συνεπώς έλεγχος στην πηγή.

6.1.1 Κατάταξη αερίων ρύπων

Τους αέριους ρύπους μπορούμε να τους χωρίσουμε σε δύο κατηγορίες ως προς τη φύση τους και ως προς τη δράση τους όπως αυτά παρουσιάζονται στα ακόλουθα Διαγράμμα:



Διάγραμμα 6.1: Κατηγορίες αερίων ρύπων

6.1.2 Ανθρωπογενείς πηγές αερίων ρύπων

- Καύση άνθρακα και πετρελαίου: CO, SO_2 (συνεχώς ελαττούμενο), NO/NO_2, CO_2, σωματίδια.
- Εξατμίσεις οχημάτων: CO, HydroCarbons, NO/NO_2
- Χημική βιομηχανία: HC,HM, POPs, H_2S, SO_2, NO/NO_2, CO_2, σωματίδια (οξείδια σιδήρου, ιπτάμενη τέφρα, αιθάλη, καπνός), HCN, HF, Cl_2, φωσγένιο, VOCs
- Επεξεργασία αποβλήτων: H_2S, NH_3
- Εξορυκτική δραστηριότητα: σωματίδια.
- Κατασκευές/δημόσια έργα: σωματίδια.
- Η χημική βιομηχανία είναι σημειακή πηγή εκπομπής ρύπων.
- Η καύση άνθρακα και πετρελαίου είναι:

i. σημειακή πηγή όταν γίνεται σε μονάδες παραγωγής ενέργειας.
ii. σημειακή/διάχυτη πηγή όταν γίνεται σε επίπεδο κατοικίας κλπ.

- Οι εξατμίσεις οχημάτων θεωρούνται:

i. σημειακή πηγή όταν σκεφτόμαστε τον έλεγχο.
ii. διάχυτη πηγή όταν συζητάμε την επίδραση στην ποιότητα του αέρα.

- Τα σωματίδια πολύ συχνά μεταφέρουν και ροφημένα οργανικά και βαριά μέταλλα.

6.1.3 Εκπομπή αερίων ρύπων

Η εκτίμηση της εκπομπής ενός αέριου ρύπου γίνεται είτε με την κατάστρωση και επίλυση ισοζυγίου μάζας στη διεργασία που τον παράγει, είτε με τη χρήση δημοσιευμένων δεδομένων εκπομπών (emission factors) από EPA, EEA, εθνικές βάσεις δεδομένων. Οι στατιστικοί μέσοι όροι χρησιμοποιούνται με σύνεση κι εναλλακτικά γίνεται κατάστρωση ισοζυγίου μάζας ύστερα από δειγματοληψία.

Η εκπομπή αναφέρεται σε ροή μάζας. Για να μετατραπεί σε συγκέντρωση (ελεγχόμενη νομοθετικά) απαιτείται η εκτίμηση του όγκου ελέγχου (εσωτερικός χώρος οικίας, εργοστασίου, εξωτερικοί χώροι). Κατόπιν, με τη βοήθεια του κατάλληλου μοντέλου διασποράς υπολογίζεται η κατανομή συγκεντρώσεων. Εναλλακτικά μπορούν να μετρηθούν απευθείας συγκεντρώσεις και να παρασταθεί η κατανομή τους στο χώρο.

6.1.4 Έλεγχος αερίων ρύπων

Έλεγχος αερίων ρύπων γίνεται είτε με την καταστροφή τους (μετατροπή σε αδρανείς περιβαλλοντικά ενώσεις), είτε με τη μεταφορά τους σε άλλη φάση, μικρότερου όγκου και συνεπώς πιο εύκολα διαχειρίσιμοι. Εναλλακτικά επιδιώκουμε τη διασπορά τους ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επίδρασή τους. Έτσι έχουμε:

- Καύση αερίων (μετατροπή σε CO_2 και υδρατμό) και στερεών.
- Ρόφηση αερίων σε στερεά (adsorption).
- Απορρόφηση αερίων σε υγρά (με ή χωρίς χημική αντίδραση) (absorption).
- Συμπύκνωση υγρών και ανακύκλωση – διάθεση.
- Συλλογή αιωρουμένων στερεών και διάθεση – ή περαιτέρω επεξεργασία.
- Διασπορά στην ατμόσφαιρα μέσω καμινάδων.

Η επιλογή της μεθόδου αντιμετώπισης βασίζεται σε:

i. Περιβαλλοντικούς παράγοντες.
ii. Τεχνικούς παράγοντες.
iii. Οικονομικούς παράγοντες.

6.1.5 Καθοριστικά επιλογής μεθόδου

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι:

•Τοποθεσία, διαθέσιμος χώρος, διαθεσιμότητα παροχών (utilities) – νερό, ηλεκτρικό ρεύμα, επεξεργασία αποβλήτων, νομοθετικές απαιτήσεις εκπομπών, αισθητική (ορατή ρύπανση), επιβάρυνση του περιβάλλοντος λόγω του συστήματος επεξεργασίας, ηχητική ρύπανση (θόρυβος) λόγω της λειτουργίας του συστήματος επεξεργασίας.

Οι τεχνικοί παράγοντες είναι:

•Χαρακτηριστικά του ρύπου (φυσικοχημικές ιδιότητες, συγκέντρωση, σχήμα/μέγεθος, χημική δραστικότητα, διαβρωτικότητα, τοξικότητα...).

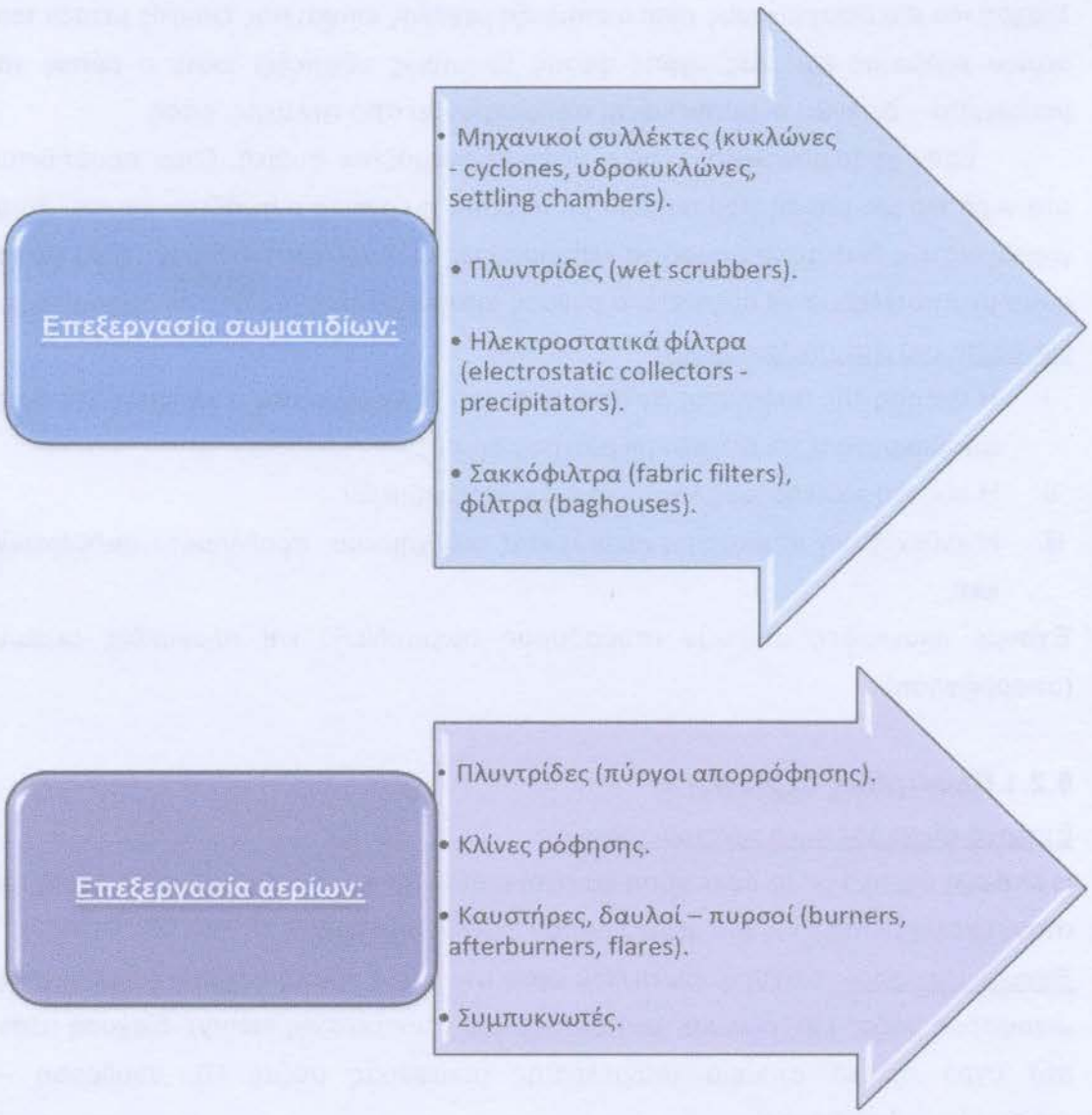
•Χαρακτηριστικά του αερίου ρεύματος (παροχή, θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, σύσταση, ιξώδες, πυκνότητα, δραστικότητα, τοξικότητα...).

•Χαρακτηριστικά σχεδιασμού και λειτουργίας της διάταξης ελέγχου (συντελεστές μεταφοράς μάζας, πτώση πίεσης, απαιτήσεις ισχύος, περιορισμοί θερμοκρασίας, απαιτήσεις συντήρησης, ευελιξία όταν επιβάλλεται υιοθέτηση αυστηρότερων προδιαγραφών...).

Οι οικονομικοί παράγοντες είναι:

•Πάγιο και λειτουργικό κόστος, κόστος ανάλυσης κύκλου ζωής.

6.1.6 Διατάξεις επεξεργασίας αερίων ρύπων



Από αυτές τις διατάξεις, μεταφέρουν τη ρύπανση σε υγρή φάση (συνήθως νερό ή υδατικά διαλύματα ανοργάνων ή οργανικών ενώσεων) οι ακόλουθες:

- Πλυντρίδες.
- Υδροκυκλώνες.
- Συμπυκνωτές.

Μέσω απαγωγών (hoods) γίνεται – ενδεχομένως – η συλλογή επιμέρους αερίων ρευμάτων που περιέχουν ρύπους και οδηγούνται προς το σύστημα κεντρικής επεξεργασίας.

6.2 ΠΛΥΝΤΡΙΔΕΣ

Στόχος του σχεδιασμού τους είναι η επίτευξη μεγάλης επιφάνειας επαφής μεταξύ του αερίου ρεύματος και μιας υγρής φάσης (συνήθως υδατικής) ώστε ο ρύπος να μεταφερθεί – διαλυθεί σ' αυτήν και να απομακρυνθεί από την αέρια φάση.

Όταν χρησιμοποιείται νερό η ρόφηση ονομάζεται φυσική. Όταν προστίθεται στο νερό και μια ένωση που αντιδρά με το ρύπο η ρόφηση ονομάζεται χημική. Αυτό γίνεται ώστε η διαλυμένη ένωση να λειτουργεί ως συνεχής «καταβόθρα» (sink) για το ρύπο με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο ρυθμός απομάκρυνσής του από το αέριο ρεύμα.

Θα πρέπει να συνυπολογισθούν:

i. Η αύξηση της απόδοσης σε απομάκρυνση (ή εναλλακτικά η επίτευξη της ίδιας απομάκρυνσης σε διάταξη μικρότερου όγκου).
ii. Η αύξηση του κόστους λόγω κατανάλωσης χημικών.
iii. Η ενδεχόμενη απαίτηση ανακύκλωσης του χημικού, προβλήματα αποθέσεων κλπ.

Έχουμε πλυντρίδες στερεών (παράσυρση σωματιδίων) και πλυντρίδες αερίων (απορρόφηση).

6.2.1 Πλυντρίδες αερίων – 1

Επιλογή συνεχούς και ασυνεχούς φάσης:

Η επιλογή σχετικά με το ποια φάση θα είναι η συνεχής και ποια η ασυνεχής βασίζεται στην ευκολία μεταφοράς του αερίου ρύπου στην υγρή φάση:

Έχουμε στη σειρά: διάχυση του αερίου μέσα στο αέριο οριακό στρώμα (συντελεστής μεταφοράς μάζας kg), διάλυση στη διεπιφάνεια (συντελεστής Henry), διάχυση μέσα στο υγρό οριακό στρώμα (συντελεστής μεταφοράς μάζας kl), αντίδραση – ενδεχομένως (σταθερά k).

Όταν έχουμε φυσαλλίδες αερίου σε υγρό επιτυγχάνονται μεγάλες τιμές kl ενώ όταν έχουμε σταγονίδια υγρού σε αέριο επιτυγχάνονται μεγάλες τιμές kg.

Αν η διεργασία ελέγχεται από την υγρή φάση, θα προτιμήσουμε θα χρησιμοποιήσουμε σύστημα φυσαλλίδων υγρού (δοχεία ή πύργους) ενώ αν η διεργασία ελέγχεται από την αέρια φάση θα προτιμήσουμε πύργους καταιωνισμού (spray towers).

Για πολύ διαλυτά αέρια δεν χρειάζεται προσθήκη χημικού (φυσική ρόφηση)

Για λίγο διαλυτά αέρια, η μετάβαση στην υγρή φάση υποβοηθείται από την προσθήκη χημικού που θα αντιδράσει με αυτό.

6.2.2 Πλυντρίδες αερίων – 2

Επιλογή τύπου διάταξης μεταξύ δοχείων ανάδευσης και πύργων:

Στα δοχεία ανάδευσης έχουμε πλήρη ανάμειξη για την υγρή φάση (όγκος ελέγχου στο ισοζύγιο μάζας όλος ο όγκος του υγρού) και για την αέρια φάση – φυσαλίδες έχουμε είτε εμβολική ροή (plug flow) – ανέρχονται σχεδόν κατακόρυφα – (ολοκλήρωση του ισοζυγίου μάζας κατά το ύψος του δοχείου) είτε πλήρη ανάδευση (αναλόγως της ενεργής διαδρομής).

Στους πύργους έχουμε εμβολική ροή και για τις δύο φάσεις όταν έχουμε φυσαλίδες– υγρό, ενώ αν έχουμε καταιωνισμό έχουμε εμβολική ροή για την υγρή φάση και από πλήρη ανάδευση μέχρι εμβολική ροή για την αέρια (αναλόγως της παροχής).

Στους πύργους μπορεί να έχουμε ομορροή υγρού – αερίου ή αντιρροή (ισοζύγιο μάζας).

Το αέριο και το υγρό εξαναγκάζονται να έλθουν σε επαφή μεταξύ τους για όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο ώστε να έχουμε αυξημένη μεταφορά – απορρύπανση:

- Στους πύργους με την προσθήκη πληρωτικού υλικού (δομημένα ή μη στερεά) που αυξάνουν το χρόνο παραμονής.
- Στα δοχεία με την έντονη ανάδευση και εμπόδια που παρεμβάλλονται στην ανοδική πορεία των φυσαλλίδων.

6.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΥΡΓΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

6.3.1 Σχεδιασμός πύργων φυσικής απορρόφησης – 1

- Αραιά συστήματα: ο ρύπος είναι σε μικρή περιεκτικότητα στο αέριο (συνήθως αέρα) και το υγρό (συνήθως νερό) τροφοδοτείται καθαρό.
- Εμβολική ροή για τις δυο φάσεις:

$$\frac{G}{P} \cdot dp_A = \frac{L}{C} \cdot dC_A \quad \text{Εξ.6.1}$$

Όπου:

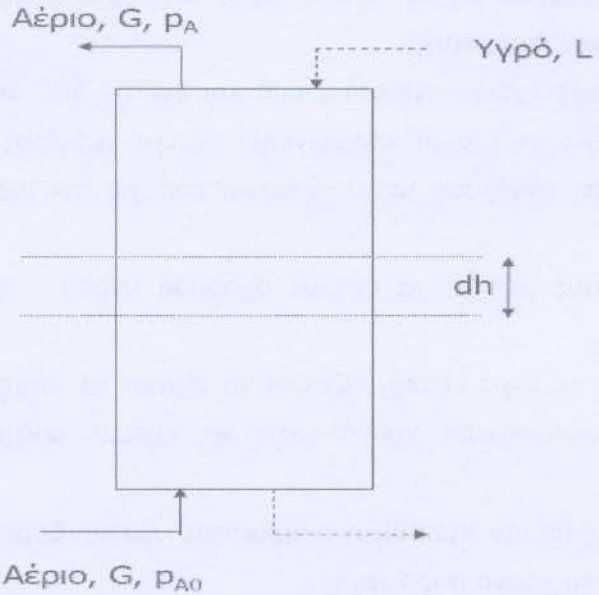
P η ολική πίεση (συνήθως ατμοσφαιρική),

G η μαζική παροχή αερίου υγρού ανά διατομή πύργου,

L η μαζική παροχή υγρού ανά διατομή πύργου,

P_A η μερική πίεση του ρύπου στο αέριο (εκφραζόμενη και ως ποσοστό v/v και αντιστοιχούσα σε συγκέντρωση C_A),

C_A η συγκέντρωση του ρύπου (όση έχει περάσει) στο υγρό.



Εικόνα 6.1: Σχεδιασμός πύργου φυσικής απορρόφησης.

ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων

Διαχείριση Βιομηχανικών Αποβλήτων, Ε. Γρηγοροπούλου 2005

6.3.2 Σχεδιασμός πύργων φυσικής απορρόφησης – 2

- Για μοριακά κλάσματα:

$$G \cdot dY_A = L \cdot dX_A \quad \text{Εξ.6.2}$$

Όπου:

G η μαζική παροχή αερίου υγρού ανά διατομή πύργου,

Y_A το μοριακό κλάσμα (mol/mol) του A στο αέριο

X_A το μοριακό κλάσμα (mol/mol) του A στο υγρό.

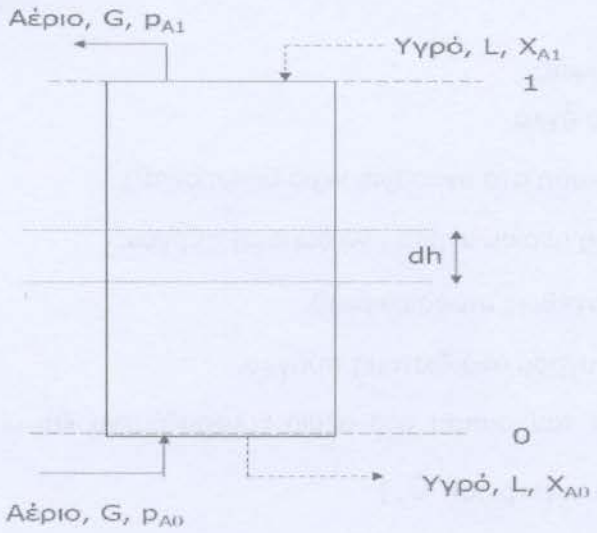
L η μαζική παροχή υγρού ανά διατομή πύργου.

- Ορίζοντας τη θέση εισόδου με δείκτη 0 και τη θέση εξόδου με δείκτη 1, το ισοζύγιο μάζας για το A θα είναι:

A *που πέρασε στο αέριο* $= A$ *που έφυγε από το υγρό* Εξ.6.3

Δηλαδή:

$$G \cdot Y_{A0} - Y_{A1} = L \cdot (X_{A0} - X_{A1}) \quad \text{Εξ.6.4}$$



Εικόνα 6.2: Σχεδιασμός πύργου φυσικής απορρόφησης.

ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων

Διαχείριση Βιομηχανικών Αποβλήτων, Ε. Γρηγοροπούλου 2005

6.3.3 Σχεδιασμός πύργων φυσικής απορρόφησης – 3

- Σε κάθε σημείο του πύργου:

$$r_A = k_{Ag} \cdot (p_A - p^*_A) = k_{A1} \cdot (C^*_A - C_A) \quad \text{Εξ.6.5}$$

Όπου:

r_A ρυθμός μεταφοράς του ρύπου (A) στη διεπιφάνεια (mol/m^2.h),

p^*_A πίεση ισορροπίας στη διεπιφάνεια συνδεόμενη με τη σχέση της εξίσωσης (6.6),

C^*_A συγκέντρωση ισορροπίας στη διεπιφάνεια, συνδεόμενη με τη σχέση της εξίσωσης (6.6):

$$p^*_A = K_{Henry} \cdot C^*_A \quad \text{Εξ.6.6}$$

- Το απαιτούμενο ύψος δίνεται από τη σχέση:

$$h = \int_{P_{A0}}^{P_{A1}} \frac{G \cdot dp_A}{k_{Ag} \cdot a \cdot (P - p_A) \cdot (p_A - p^*_A)} = \int_{C_{A0}}^{C_{A1}} \frac{L \cdot dC_A}{k_{A1} \cdot a \cdot (C - C_A) \cdot (C_A - C^*_A)} = \quad \text{Εξ.6.7}$$

$$\frac{G}{P \cdot k_{Ag} \cdot a} \int_{P_{A0}}^{P_{A1}} \frac{dp_A}{(p_A - p^*_A)} = \frac{L}{C \cdot k_{A1} \cdot a} = \int_{C_{A0}}^{C_{A1}} \frac{dC_A}{C_A - C^*_A} = \frac{G}{P \cdot a} \cdot \left(\frac{1}{k_{Ag}} + \frac{K_H}{k_{A1}} \right) \int_{P_{A0}}^{P_{A1}} \frac{dp_A}{(p_A - K_H \cdot C_A)}$$

Όπου:

h το απαιτούμενο ύψος,

a η διεπιφάνεια ανά όγκο,

C η ολική συγκέντρωση στο υγρό (για νερό 56 kmol/m^3),

G η μαζική παροχή αερίου υγρού ανά διατομή πύργου,

P η ολική πίεση (συνήθως ατμοσφαιρική),

L η μαζική παροχή υγρού ανά διατομή πύργου,

P_A η μερική πίεση του ρύπου στο αέριο (εκφραζόμενη και ως ποσοστό v/v και αντιστοιχούσα σε συγκέντρωση C_A),

C_A η συγκέντρωση του ρύπου (όση έχει περάσει) στο υγρό.

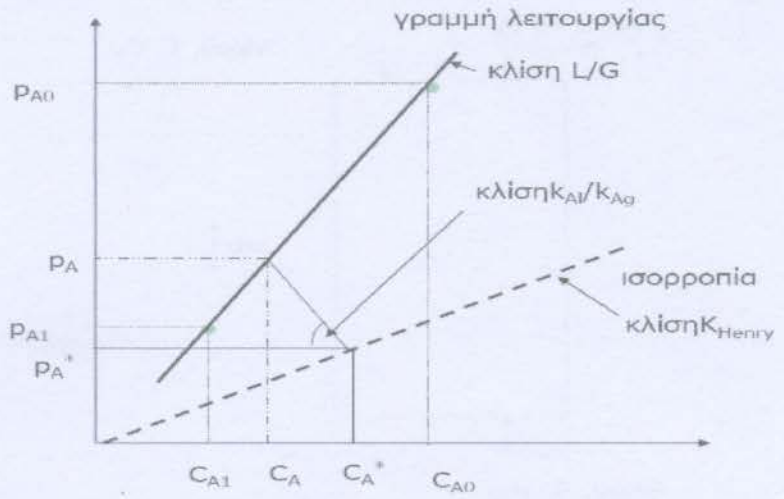
p^*_A πίεση ισορροπίας στη διεπιφάνεια συνδεόμενη με τη σχέση της εξίσωσης (6.6),

C^*_A συγκέντρωση ισορροπίας στη διεπιφάνεια, συνδεόμενη με τη σχέση της εξίσωσης (6.6)

6.3.4 Σχεδιασμός πύργων φυσικής απορρόφησης – 4

Η επίλυση γίνεται και γραφικά με τη βοήθεια του διαγράμματος 6.1:

- Αρχικό σημείο (C_{A0}, p_{a0}), τελικό (C_{A1}, p_{a1}).
- Από τυχόν σημείο (C_A, p_a) επί της γραμμής λειτουργίας φέρουμε ευθεία με κλίση k_{Al}/k_{Ag} και εντοπίζουμε τα (C_A^*, p_a^*). Υπολογίζουμε την παράσταση μέσα στο ολοκλήρωμα (έστω A) και υπολογίζουμε το απαιτούμενο ύψος από το εμβαδό σε διάγραμμα p_A/ A.
- Σε περίπτωση ομορροής η κλίση είναι - L/G.



Διάγραμμα 6.2: Διάγραμμα πίεσης ισορροπίας προς συγκέντρωση.

ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων

Διαχείριση Βιομηχανικών Αποβλήτων, Ε. Γρηγοροπούλου 2005

6.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΥΡΓΩΝ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

6.4.1 Σχεδιασμός πύργων χημικής απορρόφησης – 1

Το ισοζύγιο μάζας θα είναι τώρα:

$$\frac{G}{P}\cdot dp_A = -\frac{L}{b\cdot C}\cdot dC_B \qquad \text{Εξ.6.8}$$

για την αντίδραση:

$$A + bB \rightarrow \text{προϊόντα} \qquad \text{Εξ.6.9}$$

Όπου:

G η μαζική παροχή αερίου υγρού ανά διατομή πύργου,

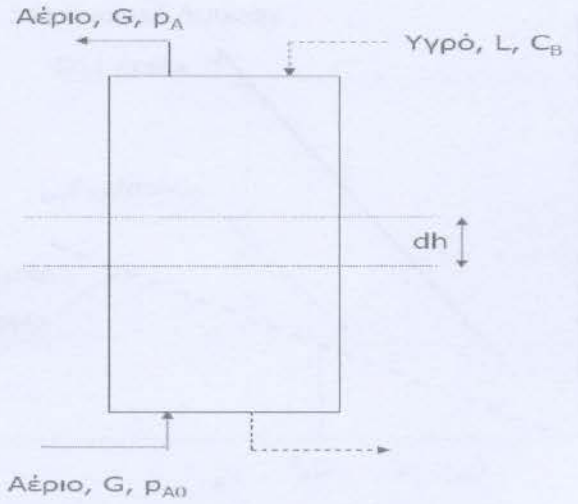
P η ολική πίεση (συνήθως ατμοσφαιρική),

L η μαζική παροχή υγρού ανά διατομή πύργου,

p^*_A πίεση ισορροπίας στη διεπιφάνεια συνδεόμενη με τη σχέση της εξίσωσης (6.6),

C η ολική συγκέντρωση στο υγρό (για νερό 56 kmol/m^3),

C_B η συγκέντρωση του ρύπου (όση έχει περάσει) στο υγρό.



Εικόνα 6.3: Σχεδιασμός πύργου φυσικής απορρόφησης.

ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων

Διαχείριση Βιομηχανικών Αποβλήτων, Ε. Γρηγοροπούλου 2005

Το απαιτούμενο ύψος θα δίνεται από τη σχέση:

$$h = \frac{G}{P}\int_{P_{A0}}^{P_{A1}} \frac{dp_A}{a\cdot(r_A)} = -\frac{L}{b\cdot C} = \int_{C_{B0}}^{C_{B1}} \frac{dC_B}{a\cdot(r_A)} \qquad \text{Εξ.6.10}$$

Όπου:

h το απαιτούμενο ύψος,

G η μαζική παροχή αερίου υγρού ανά διατομή πύργου,

P η ολική πίεση (συνήθως ατμοσφαιρική),

p_A η μερική πίεση του ρύπου στο αέριο (εκφραζόμενη και ως ποσοστό v/v και αντιστοιχούσα σε συγκέντρωση C_A),

a η διεπιφάνεια ανά όγκο,

L η μαζική παροχή υγρού ανά διατομή πύργου,

C η ολική συγκέντρωση στο υγρό (για νερό 56 kmol/m^3),

C_B η συγκέντρωση του ρύπου (όση έχει περάσει) στο υγρό.

Τέλος, ο ρυθμός r_A ορίζεται ανάλογα με το στάδιο ελέγχου, έτσι:

- Αν kAgpA < kBlCB / b , ελέγχει το αέριο οριακό στρώμα και λαμβάνουμε υπόψη μόνο τη διάχυση του A σ' αυτό.

- Αν $kAgpA > kBICB/b$, ελέγχει το υγρό οριακό στρώμα και πρέπει να υπολογίσουμε με βάση την αντίδραση.

6.4.2 Σχεδιασμός πύργων χημικής απορρόφησης – 2

Για ταχύτατη (ακαριαία) αντίδραση μεταξύ των A και B θα έχουμε:

$$(r_A) = \frac{\frac{D_B}{D_A} \cdot \frac{C_B}{b} + \frac{p_A}{K_H}}{\frac{1}{k_{A1}} + \frac{K_H}{k_{A1}}} \quad \text{Εξ.6.11}$$

Όπου:

p_A η μερική πίεση του ρύπου στο αέριο (εκφραζόμενη και ως ποσοστό v/v και αντιστοιχούσα σε συγκέντρωση C_A),

C_B η συγκέντρωση του ρύπου (όση έχει περάσει) στο υγρό,

D_A και D_B οι συντελεστές διάχυσης στην υγρή φάση.

Η ταχύτατη δράση είναι η απλούστερη περίπτωση διότι δεν έχουμε πουθενά στο σύστημα ταυτόχρονη ύπαρξη A και B και δεν χρειάζεται να επιλύσουμε τα ισοζύγια μάζας με διάχυση και αντίδραση (διαφορικές εξισώσεις δευτέρας τάξης).

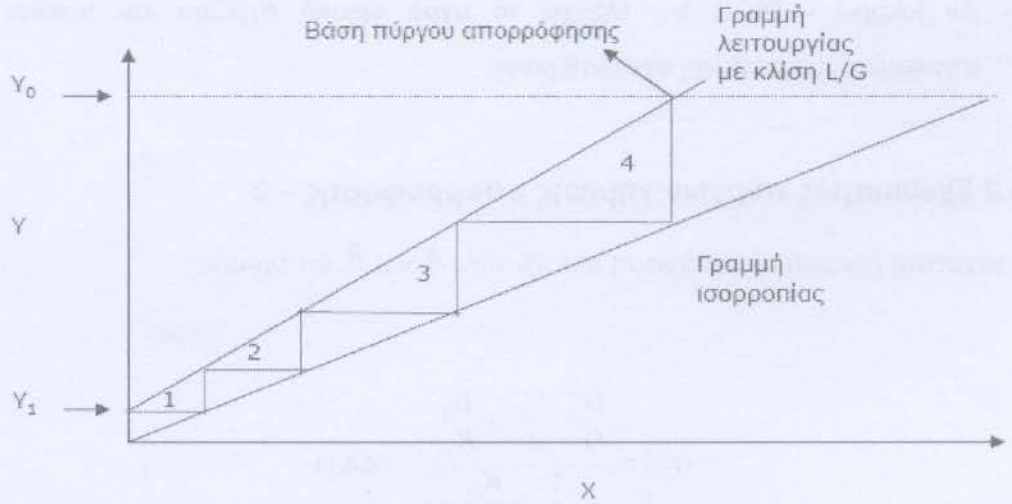
Για αντίδραση πεπερασμένης ταχύτητας (πρώτης τάξης, δεύτερης κλπ) η αναλυτική επίλυση των ισοζυγίων μάζας είναι δυνατή μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις και οι υπολογισμοί βασίζονται σε νομογραφήματα/διαγράμματα (προσεγγιστική επίλυση).

Αντιδράσεις πεπερασμένης ταχύτητας: όξινα αέρια με βασικά διαλύματα.

Αντίστοιχη φυσική ρόφηση: όξινο αέριο σε νερό.

6.4.3 Σχεδιασμός πύργων χημικής απορρόφησης – 3

Για πύργους όχι με πληρωτικό υλικό αλλά με δίσκους η βασική εξίσωση σχεδιασμού είναι η ίδια, μόνο που εδώ δεν έχουμε ενιαία συμπεριφορά καθ' ύψος του πύργου (ολοκλήρωση ως προς το ύψος) αλλά τοπικές επιτεύξεις ισορροπίας σε κάθε δίσκο – πάτωμα. Η γραφική διαδικασία υπολογισμού παρουσιάζεται στο σχήμα ακολούθως:



Διάγραμμα 6.3: Σχεδιασμός πύργων χημικής απορρόφησης. **Πηγή:** *ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων*

Βασική παραδοχή: η επίτευξη ισορροπίας. Στην πράξη λειτουργούμε συνήθως όχι πάνω από το 85% της ισορροπίας.

6.5 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΠΛΥΝΤΡΙΔΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Πλεονεκτήματα:

- Σχετικά μικρή πτώση πίεσης (σε σύγκριση με πύργους ρόφησης σε στερεά).
- Κατασκευή από πλαστικό, συνεπώς αντοχή στη διάβρωση.
- Ικανότητα επίτευξης μεγάλων ρυθμών μεταφοράς.
- Ευελιξία σε μεταβολή μεγέθους (προσθήκη τμημάτων).
- Χαμηλό πάγιο κόστος.
- Μικρές απαιτήσεις σε χώρο.
- Ικανότητα συλλογής σωματιδίων ταυτοχρόνως.

Μειονεκτήματα:

- Δημιουργούν υγρά απόβλητα (spent liquid stream).
- Αποθέσεις (σωματιδίων ή αλάτων) δημιουργούν προβλήματα στη λειτουργία.
- Οι κατασκευές από πλαστικό είναι ευαίσθητες σε θερμοκρασιακές αλλαγές.
- Έχουν υψηλό κόστος συντήρησης.
- Δυνατότητα ανάκτησης του προϊόντος της αντίδρασης αερίου ρύπου–διαλυμένου αντιδραστηρίου και ανακύκλωση του υγρού ρεύματος.

6.5.1 Επιλογή συστήματος πλυντρίδας

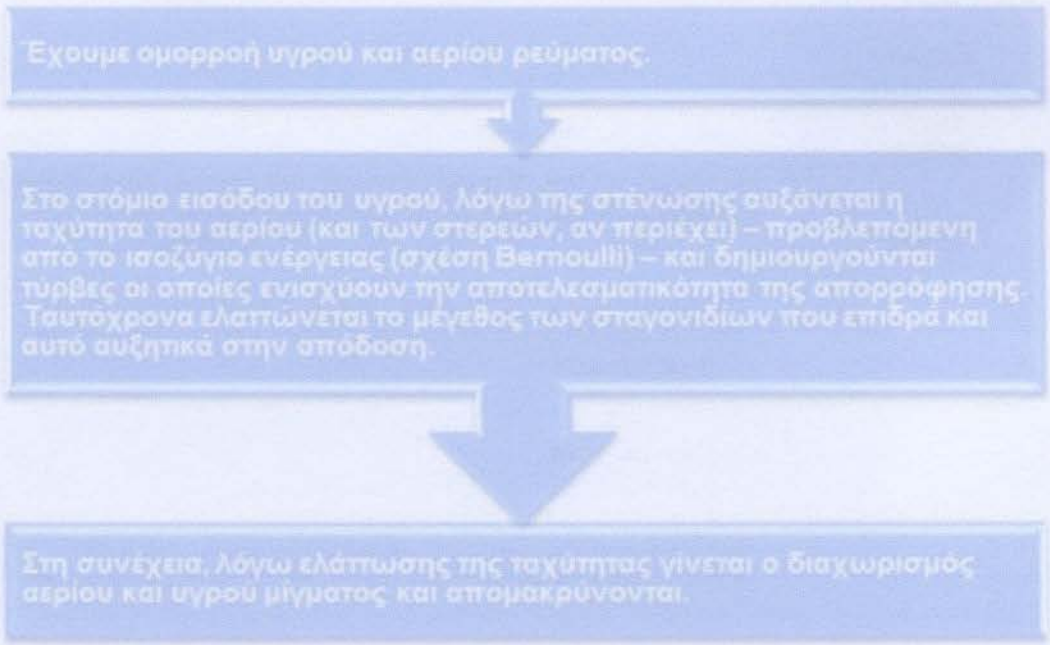
Επιλογή διαλύτη (υγρής φάσης):

- Διαλυτότητα του συγκεκριμένου αερίου. Γενικώς επιδιώκεται ανάλογη χημική φύση με το προς απομάκρυνση αέριο.
- Πτητικότητα του υγρού. Όσο πιο χαμηλή γίνεται για να μην έχουμε απώλειες, αφού το αέριο ρεύμα μετά την επαφή θα βγαίνει κορεσμένο.
- Διαβρωτικότητα.
- Ιξώδες (viscosity). Επιδιώκεται χαμηλό ιξώδες για μικρή πτώση πίεσης, καλή ροή και καλούς συντελεστές μεταφοράς.
- Χημική σταθερότητα.
- Χαμηλό σημείο πήξης.

Επιλογή διάταξης:

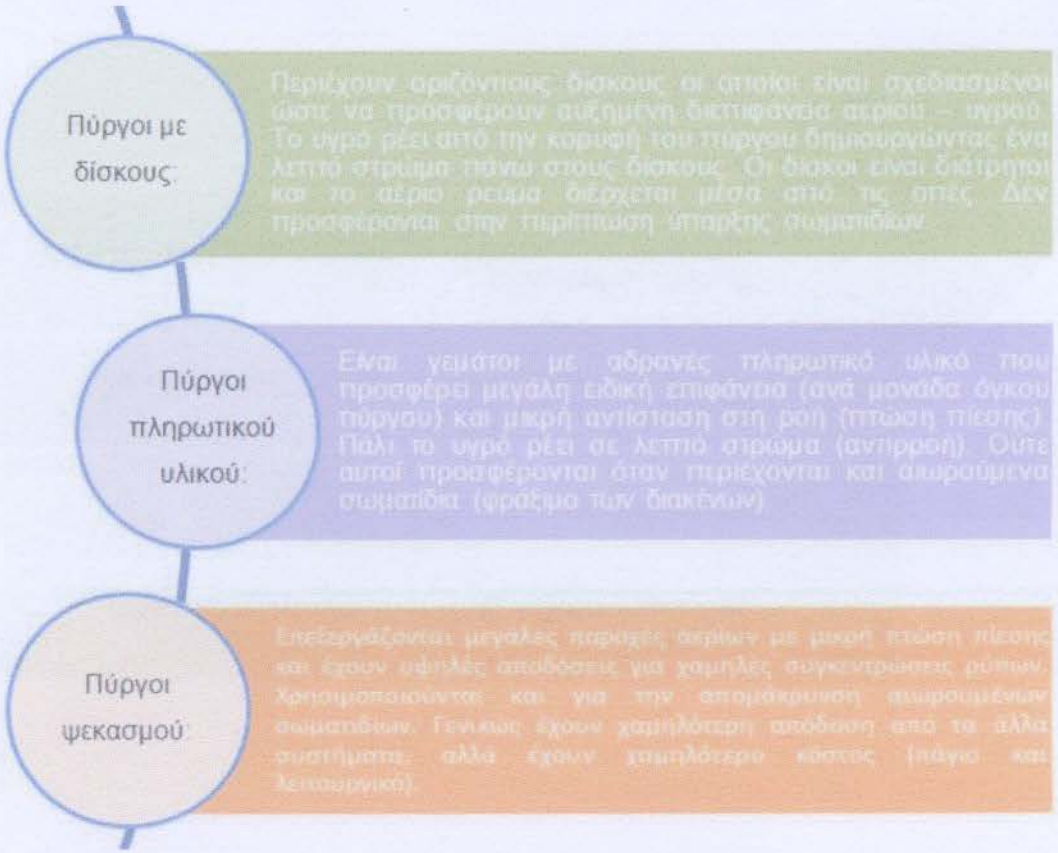
- Πύργοι με πληρωτικό υλικό (packed columns) – οι πλέον χρησιμοποιούμενοι.
- Πύργοι με δίσκους (plate columns) – αντίστοιχο των αποστακτικών στηλών.
- Πύργοι ψεκασμού (spray towers).
- Διάφορες διατάξεις (δοχεία με φυσαλλίδες, Venturi scrubbers).

6.5.2 Διατάξεις Venturi



Εικόνα 6.4: Διάγραμμα ροής μιας διάταξης Venturi.

6.5.3 Αποτίμηση διατάξεων πλυντρίδων



6.6 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

6.6.1 Συμπυκνωτές – 1

Πολλά αέρια ρεύματα περιέχουν συμπυκνώσιμους ατμούς και μη συμπυκνώσιμο αέριο. Η απομάκρυνση των ατμών από την αέρια φάση γίνεται:

i. Με ελάττωση της θερμοκρασίας (πιο συνηθισμένη μέθοδος)
ii. Με αύξηση της πίεσης (σπάνια χρησιμοποιούμενη, καθώς η συμπίεση ενός ρεύματος που στη συνέχεια θα διατεθεί στο περιβάλλον – άρα θα αποσυμπιεσθεί – είναι μια διεργασία ιδιαιτέρως αντιοικονομική).

Οι συμπυκνώσιμοι ατμοί είναι συνήθως «παράπλευρες απώλειες» της παραγωγικής διαδικασίας (διαλύτες από εξάτμιση, σταγονίδια πρώτων υλών – προϊόντων που παρασύρονται) και συνήθως επιζητείται η ανακύκλωσή τους. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται είναι:

- Συμπυκνωτές επαφής (contact condensers, spray chambers, jets).
- Συμπυκνωτές επιφάνειας (surface condensers, shell-and-tube, tubular).

Οι συμπυκνωτές επαφής φέρουν σε άμεση επαφή το αέριο ρεύμα με το ψυκτικό μέσο, συνήθως νερό. Το αέριο αποκτά πρακτικά τη θερμοκρασία του υγρού (μεγάλη απόδοση) απαιτούνται όμως μεγάλες ποσότητες νερού. Αν ο ατμός διαλύεται στο υγρό, έχουμε σύστημα απορρόφησης. Τέλος, τέτοιου είδους συμπυκνωτές δεν χρησιμοποιούνται για τη συμπύκνωση ατμών οργανικών διαλυτών, γιατί το μίγμα νερού – οργανικών χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία.

6.6.2 Συμπυκνωτές – 2

- Χρησιμοποιούνται στην ψύξη θερμών αερίων όταν δεν μας απασχολεί η φόρτιση της υδατικής φάσης.
- Παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: παράγουν «κενό» απομακρύνοντας οσμηρούς ατμούς, είναι απλούστεροι και φθηνότεροι από τους συμπυκνωτές επιφανείας. Έχουμε ταυτόχρονα μεταφοράς μάζας και θερμότητας.

- Οι συμπυκνωτές επιφάνειας (έμμεσης επαφής) δεν φέρουν σε άμεση επαφή το υγρό με τους ατμούς. Έχουν κατασκευή ανάλογη με τους εναλλάκτες κελύφους – σωλήνων.
- Οι ατμοί που συμπυκνώνονται μπορούν να ανακτηθούν χωρίς περαιτέρω επεξεργασία, καθώς και το υγρό – νερό
- Απαιτούν λιγότερο νερό

- Παράγουν λιγότερα συμπυκνώματα (έχουν χαμηλότερη απόδοση από τους προηγουμένους) καθώς το αέριο ρεύμα φεύγει με θερμοκρασία υψηλότερη από αυτή του υγρού
- Είναι πιο ακριβοί και έχουν αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης.

• Η παράμετρος που καθορίζει την απόδοση του συστήματος είναι η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού.

- Ενδεχομένως οι απαιτήσεις ψύξης να είναι υπερβολικά μεγάλες.

6.7 ΚΥΚΛΩΝΕΣ

6.7.1 Κυκλώνες – 1

• Χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση σωματιδίων από αέρια ρεύματα.

• Στηρίζονται στην αύξηση της φαινόμενης διαφοράς πυκνότητας μεταξύ στερεού και αερίου όταν ασκείται φυγόκεντρη δύναμη (πολλαπλασιασμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας g).

• Κατασκευάζονται ως κυλινδρικά δοχεία με κωνικό πυθμένα, όπου η είσοδος του αερίου γίνεται εφαπτομενικά. Εξαναγκαζόμενο το αέριο να κινηθεί κυκλικά αναπτύσσει φυγόκεντρες τάσεις, τα σωματίδια εκτινάσσονται στα τοιχώματα από όπου και συλλέγονται – διοχετεύονται προς διάθεση, ενώ το αέριο ρεύμα εξέρχεται προς τα πάνω.

• Η απόδοση διαχωρισμού εξαρτάται από την εξασκούμενη φυγόκεντρη δύναμη. Αυτή με τη σειρά της δίνεται από τη σχέση:

$$F = M_p \cdot \frac{v^2}{R} \qquad \text{Εξ.6.12}$$

Όπου:

F η εξασκούμενη φυγόκεντρη δύναμη,

M_p η μάζα του σωματιδίου,

v η ταχύτητα,

R η ακτίνα του κυκλώνα

- Κυκλώνες διαμέτρου 23 cm απομακρύνουν ικανοποιητικά σωματίδια 15 – 20 μm
- Όσο μικρότεροι οι κυκλώνες τόσο αποτελεσματικότεροι (προβλήματα στην κατανομή παροχής σε παράλληλη διάταξη).

6.7.2 Κυκλώνες – 2

- Η απόδοση εκτιμάται από (εμπειρικά) διαγράμματα συναρτήσει του μεγέθους σωματιδίου.
- Το μέγεθος σωματιδίου ορίζεται ως ποσοστό (της διαμέτρου) ενός σωματιδίου αναφοράς για το οποίο δεχόμαστε απομάκρυνση 50%. Η διάμετρός του δίνεται από τη σχέση:

$$d_{50} = \left(\frac{9\eta a}{2\pi N v_0 \rho_p} \right)^{1/2} \qquad \text{Εξ.6.13}$$

Όπου:

d_{50} η διάμετρος ενός σωματιδίου αναφοράς για το οποίο δεχόμαστε απομάκρυνση 50%,

η το ιξώδες του αερίου,

a το άνοιγμα της εισόδου,

N ο αριθμός των στροφών μέσα στον κυκλώνα (που εκτιμάται από την ταχύτητα εισόδου και την ακτίνα του),

v_0 η ταχύτητα εισόδου (ογκομετρική παροχή / διατομή εισόδου),

ρ_p πυκνότητα σωματιδίου.

- Είναι πολύ αποτελεσματικοί για την επεξεργασία μεγάλων όγκων αερίων με σχετικά μεγάλα σωματίδια.
- Εφαρμόζεται και έγχυση υγρού (νερού) – υδροκυκλώνες – τότε όμως το νερό θα υποστεί επεξεργασία πριν τη διάθεση (καθίζηση κλπ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

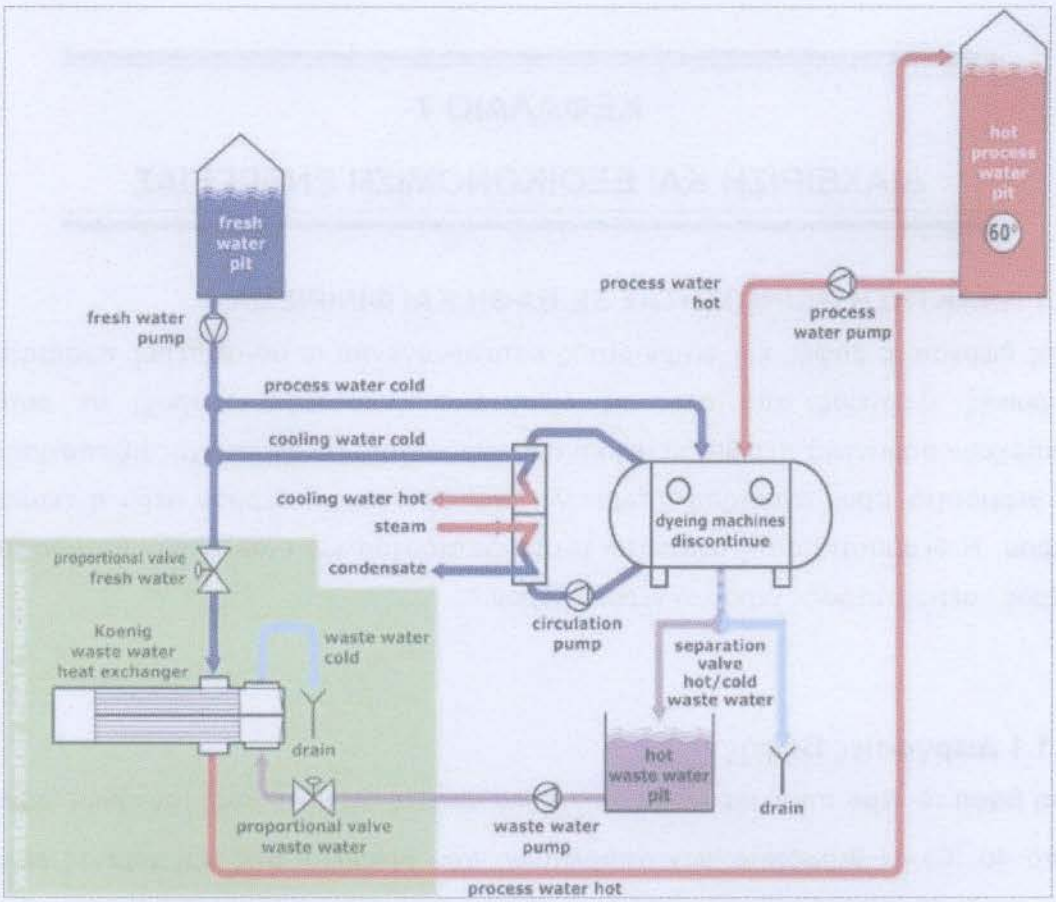
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

7.1 ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΒΑΦΗ ΚΑΙ ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ

Στις διεργασίες βαφής και φινιρίσματος καταναλώνονται οι μεγαλύτερες ποσότητες θερμικής ενέργειας από όλες τις διεργασίες κλωστοϋφαντουργίας, σε αυτές υπάρχουν σημαντικά περιθώρια ανάκτησης θερμότητας και αντίστοιχης αξιοποίησης. Η θερμότητα προς ανάκτηση μπορεί να είναι υπό μορφή θερμού αέρα ή θερμού νερού. Η θερμότητα αυτή ανακτάται μέσω εγκαταστάσεων εναλλακτών θερμότητας αέρος / αέρος, αέρος / νερού, ή νερού / νερού.

7.1.1 Διεργασίες Βαφής

Στη βαφή το νερό απομακρύνεται σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (συνήθως πάνω από 40 ^{o}C). Η θερμότητα των αποβλήτων, που βρίσκεται στις εξερχόμενες ροές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην προθέρμανση του νερού εισαγωγής (περίπου 10 ^{o}C), με τη χρήση εναλλάκτη θερμότητας. Ο τύπος εναλλάκτη θερμότητας πρέπει να είναι συμβατός με την ποιότητα των αποβλήτων. Στην περίπτωση των συνεχών διαδικασιών (συνεχή πλυντήρια ρούχων), ένας απλός εναλλάκτης θερμότητας θα ήταν αρκετός. Στην περίπτωση των ασυνεχών διεργασιών – βαφή κατά παρτίδες (βαφικές μηχανές πιέσεως), ο εναλλάκτης θερμότητας θα πρέπει να εγκατασταθεί μαζί με δεξαμενή αποθήκευσης και συσκευές ελέγχου διεργασίας. Οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να μονώνονται και η πλήρωση και το άδειασμα τους να ρυθμίζεται κατάλληλα με διατάξεις αυτοματισμού. Τα απόβλητα ψύχονται από τους 60 - 65 ^{o}C στους 40 ^{o}C και το νερό εισαγωγής θερμαίνεται από τους 10 ^{o}C θερμαίνεται στους 45 - 50 ^{o}C.



Διάγραμμα 7.1: Βαφείο με κεντρική ανάκτηση θερμότητας αποβλήτων. **Πηγή:** www.koenigag.ch

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh), για διάφορα καύσιμα, ροές υγρών αποβλήτων και θερμοκρασίες. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία και η ροή των αποβλήτων, τόσο μεγαλύτερη είναι και η εξοικονόμηση. Για τις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας, ροής και ετήσιων ωρών λειτουργίας (3520 ώρες) η ανακτηθείσα εξοικονόμηση με το πετρέλαιο είναι υψηλότερη σε σύγκριση με αυτή του φυσικού αερίου.

Πίνακας 7.1: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας kWh (φυσικό αέριο)

Waste water flow (m^3/h)	Natural Gas Annual Savings (kWh)				
	Waste water temperature (°C)				
	50	60	70	80	90
10	944.280	1.276.200	1.614.360	1.956.080	2.301.480
20	1.879.600	2.538.920	3.210.840	3.889.240	4.574.680
30	2.623.880	3.550.200	4.494.520	5.457.920	6.429.880
40	3.420.400	4.629.120	5.861.280	7.112.640	8.379.760
50	4.156.360	5.626.080	7.123.360	8.644.240	10.184.600

Πηγή: www.koenigag.ch

Πίνακας 7.2: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας kWh (πετρέλαιο)

Waste water flow (m^3/h)	Fuel Oil Annual Savings (kWh)				
	Waste water temperature (°C)				
	50	60	70	80	90
10	977.608	1.321.242	1.671.337	2.025.118	2.382.709
20	1.945.939	2.628.529	3.324.164	4.026.507	4.736.139
30	2.716.488	3.675.501	4.653.150	5.650.552	6.656.817
40	3.541.120	4.792.501	6.068.149	7.363.674	8.675.516
50	4.303.055	5.824.648	7.374.773	8.949.331	10.544.056

Πηγή: www.koenigag.ch

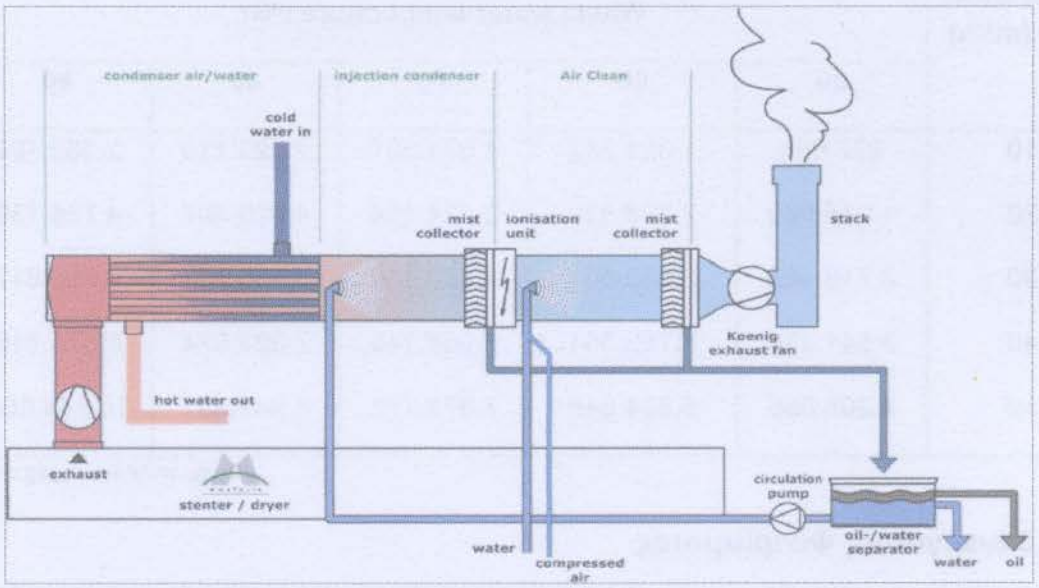
7.1.2 Διεργασίες Φινιρίσματος

Οι ράμμες και οι μηχανές στεγνώματος είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιημένες μηχανές στις εργασίες φινιρίσματος. Συνήθως ο αέρας που χρησιμοποιείται θερμαίνεται περίπου στους 140 - 150 °C στις εργασίες στεγνώματος και στους 180 - 200 °C στις εργασίες διόρθωσης. Ο θερμός αέρας κυκλοφορεί και ένα ορισμένο ποσό αέρα αφαιρείται συνεχώς από το σύστημα, μέσω των ανεμιστήρων εξάτμισης προκειμένου να αποφευχθεί η συγκέντρωση υπερβολικής υγρασίας. Σε εκείνη την περιοχή, το σύστημα συμπληρώνεται με φρέσκο αέρα. Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

αφαιρεί θερμότητα από τον αέρα εξάτμισης και προθερμαίνει τον εισαγόμενο αέρα ή νερό.

Τα πλεονεκτήματα της ανάκτησης της θερμότητας από τον αέρα εξάτμισης είναι: η μείωση του χρόνου κατεργασίας στις ράμμες, η μειωμένη κατανάλωση καυσίμων στις γεννήτριες καυτού αέρα και η μειωμένη εκπομπή καυσαερίων. Οι εκπομπές που προέρχονται από λύματα περιέχουν ρύπους και θερμότητα. Μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, οι εκπομπές μπορούν να καθαριστούν, ενώ συγχρόνως η θερμότητα ανακτάται. Σε μια ολοκληρωμένη εγκατάσταση, ένας εναλλάκτης θερμότητας χρησιμοποιείται για να εξαγάγει τη θερμότητα από τον εξερχόμενο θερμό αέρα και να την μεταφέρει στον εισερχόμενο φρέσκο αέρα ή νερό. Λόγω της ψύξης της εξερχόμενης ροής αέρα, οι ρύποι που περιέχονται στον αέρα είναι συμπυκνωμένοι και μπορούν να αφαιρεθούν με ένα φίλτρο. Σε αυτό το σημείο, ο αέρας εξάτμισης ψύχεται περαιτέρω και ένα μέρος των αέριων εκπομπών σε αυτήν τη διαδικασία ψύχεται και διαχωρίζεται από το νερό. Τα υδατοδιαλυτά και εύκολα πτητικά συστατικά του αέρα απορροφώνται από την έντονη επαφή με το νερό, και είτε συνεχώς είτε περιοδικά απομακρύνονται από το σύστημα.



Διάγραμμα 7.2: Ανάκτηση θερμότητας συστήματος εξάτμισης, συμπυκνωτή εκχύσεων καθαρού αέρα. **Πηγή:** www.koenigag.ch

Οι πιο πρόσφατες τεχνολογίες είναι πιο σύνθετες και αποδοτικές για τους ατμούς καθαρισμού. Οι αέριες εκπομπές που σχηματίζονται στη συμπύκνωση φορτίζονται ηλεκτροστατικά (ηλεκτροστατικό διαχωρισμό) στις ζώνες ιονισμού και συλλέγονται στους συλλέκτες. Και τα τέσσερα τμήματα ρυθμίζονται ανεξάρτητα και

μπορούν να προσαρμοστούν ειδικά σε κάθε διαδικασία. Όταν η μονάδα δεν είναι σε λειτουργία, οι ράβδοι με τα ακροφύσια πλύσης που είναι τοποθετημένα μπροστά και πίσω από τα φίλτρα επιτρέπουν τον αυτόματο καθαρισμό. Ο αέρας εξάτμισης, κατά το πέρασμα από τα ηλεκτροστατικά φίλτρα, δεν μπορεί να έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από τους 40 °C.

Οι Πίνακες 7.3 και 7.4 παρουσιάζουν την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας (kWh), για διάφορα καύσιμα, παραγωγικές διαδικασίες (ξήρανση και καθαρισμός) και συστήματα εναλλακτών, στις 3520 ετήσιες ώρες λειτουργίας.

Πίνακας 7.3: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας kWh (φυσικό αέριο)

Exhaust air flow (m^3/h)	Natural Gas Annual Savings (kWh)			
	Heat exchanger - Air/Air		AirHeat exchanger - Air/Water	
	Drying	Fixing	Drying	Fixing
10.000	363.400	473.040	814.880	1.169.680
20.000	718.160	980.160	1.598.640	2.380.960
30.000	1.092.640	1.490.560	2.414.160	3.513.920
40.000	1.458.560	1.959.920	3.212.290	4.712.280
50.000	1.847.080	2.472.040	3.973.680	5.919.880

Πηγή: www.koenigag.ch

Πίνακας 7.4: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας kWh (πετρέλαιο)

Exhaust air flow (m^3/h)	Fuel Oil Annual Savings (kWh)			
	Heat exchanger - Air/Air		AirHeat exchanger - Air/Water	
	Drying	Fixing	Drying	Fixing
10.000	376.226	489.736	843.640	1.210.963
20.000	743.507	1.014.754	1.655.063	2.464.994
30.000	1.131.204	1.543.168	2.499.366	3.637.941
40.000	1.510.039	2.029.094	3.326.359	4.878.596
50.000	1.912.271	2.559.288	4.113.928	6.128.817

Πηγή: www.koenigag.ch

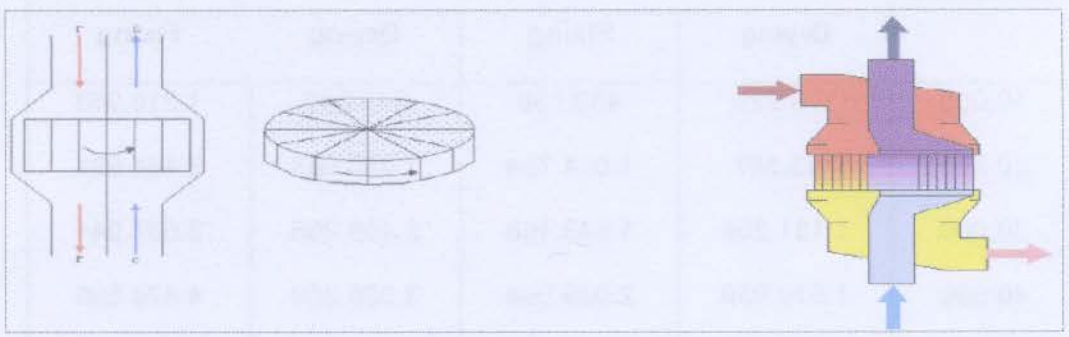
Η εξοικονόμηση θα πρέπει να αντισταθμίσει τις δαπάνες επένδυσης (εναλλάκτης θερμότητας, δεξαμενές αποθήκευσης, σωλήνες, μόνωση) και τις λειτουργικές δαπάνες (συντήρηση, ηλεκτρική ενέργεια).

$$\text{Περίοδος Αποπληρωμής} = \frac{\text{Δαπάνες Επένδυσης}}{\text{Εξοικονόμιση Ενέργειας} - \text{Επιπρόσθετες Δαπάνες ενέργειας} - \text{Δαπάνες Συντήρησης}} \quad \text{Εξ.7.1}$$

Στην αξιολόγηση ενός συστήματος ανάκτησης θερμότητας θα πρέπει να λάβουμε υπόψη διάφορες παραμέτρους και συνθήκες. Δεδομένου ότι ο αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό, μεγάλοι όγκοι του αέρα απαιτούνται για να πλησιάσουν το ισοδύναμο ενεργειακό περιεχόμενο kWh των υγρών αποβλήτων. Συνήθως προτιμάται ένα σύστημα ανάκτησης θερμότητας από νερό από ότι από αέρα λόγω της μικρότερης περιόδου αποπληρωμής και της μικρότερης ανάγκης για συντήρηση. Η κατάλληλη εγκατάσταση ανάκτησης αποβλήτων θα πρέπει να είναι συμβατή και να συμπληρώνει τον παραγωγικό και βοηθητικό εξοπλισμό της μονάδας. Οποιαδήποτε αξιολόγηση της εξοικονόμησης πρέπει να βασίζεται στις πραγματικές ώρες χρήσης. Παραδείγματος χάριν, ένα σύστημα ανάκτησης θερμότητας αέρα / αέρα από ένα φούρνο, χρησιμοποιείται στη θέρμανση του κτηρίου, τότε θα λειτουργεί μόνο κατά την περίοδο που απαιτείται θέρμανση. Επιπλέον, εάν ο φούρνος δεν λειτουργεί συνεχώς, τότε το σύστημα ανάκτησης θα λειτουργεί ακόμα λιγότερο.

7.2 ΤΥΠΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ο εναλλάκτης θερμότητας είναι μια συσκευή η οποία χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της θερμότητας από ένα μέσο σε ένα άλλο. Με αυτό τον τρόπο, μέρος της ενέργειας που χάνεται χρησιμοποιείται για την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών.



Εικόνα 7.1: Περιστροφικός εναλλάκτης θερμότητας. **Πηγή:** www.koenigag.ch

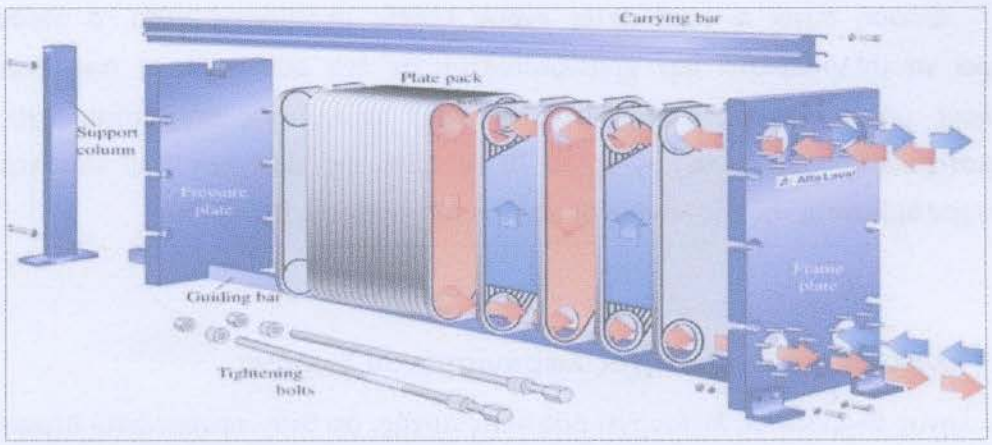
Επειδή αυτοί οι εναλλάκτες έχουν λεπτές μεταβάσεις αέρα, ο στροφέας μπορεί να μπλοκαριστεί εάν χρησιμοποιείται σε ένα ρεύμα αέρος που περιέχει πολλούς μολυσματικούς παράγοντες. Αυτός ο εναλλάκτης θερμότητας έχει την υψηλότερη απόδοση, ανακτώντας το 70 με 85% της ενέργειας των καυσαερίων, συμπεριλαμβανομένης της λανθάνουσας και της αισθητής θερμότητας.

7.2.1 Εναλλάκτης Θερμότητας Σφραγισμένου Σωλήνα

Ο σωλήνας θερμότητας λειτουργεί βάση της αρχής, ότι όταν εφαρμόζεται θερμότητα στο ένα άκρος ενός σφραγισμένου σωλήνα, πραγματοποιείται εξάτμιση του ρευστού εντός του σωλήνα . Ο ατμός ρέει προς το κρύο άκρο όπου και συμπυκνώνεται. Το συμπυκνωμένο ρευστό μεταφέρεται έπειτα με τριχοειδές φαινόμενο στο θερμό άκρο και ο κύκλος επαναλαμβάνεται. Σε αυτόν τον εναλλάκτης, τα πτερύγια που είναι τοποθετημένα έξω από το σωλήνα για την ενίσχυση της μεταφοράς θερμότητας μπορούν επίσης να μπλοκάρουν από τους μολυσματικούς παράγοντες. Η απόδοση των εναλλακτών θερμότητας μειώνεται με την αύξηση των επικαθήσεων στην επιφάνειά τους . Η μονάδα ανακτά 60 έως και 80 % της αισθητής θερμότητας. Η χρήση φίλτρων ή ο περιοδικός καθαρισμός είναι συχνά απαραίτητα για να εξασφαλιστούν καθαρές επιφάνειες. Τα πλεονεκτήματα του σωλήνα θερμότητας είναι: η ελάχιστη συντήρηση καθώς δεν περιέχει κανένα κινούμενο μέρος και η μηδενική ρύπανση μεταξύ των δύο ρευστών, επειδή τα εξερχόμενα και τα εισερχόμενα ρεύματα στεγανά απομονωμένα μεταξύ τους.

7.2.2 Εναλλάκτης Θερμότητας τύπου Πλάκα

Η μεταφορά θερμότητας ολοκληρώνεται με δύο ρεύματα αντιρροής μεταξύ των πλακών. Αυτός ο τύπος εναλλάκτη έχει μικρότερες πιθανότητες να παρεμποδιστεί από τους μολυσματικούς παράγοντες, καθαρίζεται ευκολότερα και η ανάγκη για συντήρηση είναι μικρή. Επίσης είναι κατάλληλος για ανάκτηση θερμότητας συστημάτων αέρα-αέρα και αέρα-υγρού. Σε αυτές τις μονάδες ανακτάται περίπου το 70 % της αισθητής θερμότητας.



Εικόνα 7.2: Εναλλάκτης θερμότητας τύπου πλάκα. **Πηγή:** www.koenigag.ch

7.3 ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

7.3.1 Διαρροές Ατμού

Κατά την πορεία του μέσω του συστήματος διανομής, ο ατμός χάνει την ενέργεια με πολλούς τρόπους. Αυτές οι απώλειες είναι δύσκολο να αποφευχθούν, ωστόσο θα πρέπει να περιοριστούν στο ελάχιστο. Η πιο προφανής και σημαντική απώλεια είναι η διαρροή του ατμού. Αυτές οι απώλειες εμφανίζονται λόγω ελαττωματικών βαλβίδων, ενώσεων σωληνώσεων και παγίδων ατμού. Ακόμη και μια μικρή διαρροή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική ενεργειακή απώλεια. Για παράδειγμα, μια τρύπα διαμέτρου 1 mm σε πίεση 700 kPa θα οδηγήσει σε μια ετήσια ενεργειακή απώλεια ισοδύναμη με 3000 λίτρα πετρελαίου ή 4300 m^3 (166 GJ) φυσικού αερίου ετησίως.

7.3.2 Απώλειες Σωλήνων

Οι σωλήνες ατμού μπορούν να είναι μια σημαντική πηγή απωλειών θερμότητας. Η επαρκής μόνωση είναι ουσιαστική. Παραδείγματος χάριν, μη μονωμένος σωλήνας ατμού μήκους ενός μέτρου, που διαρρέεται από ατμό σε πίεση 700 kPa χάνει θερμότητα με ένα ετήσιο ρυθμό ισοδύναμο με 1000 λίτρα πετρελαίου ή 650 m^3 (25 GJ) φυσικού αερίου ετησίως. Αν και η μόνωση των σωλήνων είναι κοινή πρακτική στις περισσότερες εγκαταστάσεις, η μόνωση των φλαντζών, των βαλβίδων και άλλων στοιχείων συναρμολόγησης σωληνώσεων δεν είναι. Η απώλεια θερμότητας από μια μη μονωμένη φλάντζα είναι ισοδύναμη με την απώλεια 600 mm μη μονωμένου σωλήνα. Συχνά οι φλάντζες και οι βαλβίδες δεν είναι μονωμένες για ευκολότερο χειρισμό και συντήρηση. Οι απώλειες ενέργειας όμως είναι πολύ σημαντικότερες από τα οφέλη που προκύπτουν από τον ευκολότερο χειρισμό.

7.3.3 Δοχεία Διεργασιών

Η επαρκής μόνωση των δοχείων διεργασιών είναι απαραίτητη για να μειώσει την απώλεια θερμότητας από τα τοιχώματα, τις άκρες και τις συναρμολογήσεις. Σαφώς τα δοχεία, με τις μεγάλες επιφάνειάς, παρουσιάζουν σημαντικές απώλειες. Για παράδειγμα, ατμός σε πίεση 700 kPa, με 1 m^2 μη μονωμένης επιφάνειας θα χάσει περίπου 0,225 GJ κατά την διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου, ισοδύναμα με περίπου 81 GJ φυσικού αερίου ή 2 τόνους πετρελαίου ετησίως.

7.3.4 Παγίδες Ατμού

Η απομάκρυνση θερμότητας από τον κορεσμένο ατμό επιδρά στη συμπύκνωση. Εάν το συμπύκνωμα παραμείνει στο σύστημα ατμού δημιουργεί ένα εμπόδιο στην αποδοτική μεταφορά της θερμότητας από τον ατμό. Οι παγίδες ατμού χρησιμοποιούνται για να απομακρύνουν επιλεκτικά το συμπύκνωμα (χωρίς αφαίρεση του ατμού) και για να αφαιρούν τον αέρα άλλα και τα μη συμπυκνώσιμα αέρια από το σύστημα ατμού. Όλες οι παγίδες ατμού λειτουργούν με την ίδια βασική αρχή. Η παγίδα συλλέγει τον αέρα, άλλες μη συμπυκνώσιμες ουσίες και ατμό μέσα σε ένα εμπορευματοκιβώτιο και έπειτα τους απομακρύνει με έναν ελεγχόμενο τρόπο στην ατμόσφαιρα ή σε ένα κλειστό σύστημα βρόχων.

7.3.5 Επιστροφή Συμπυκνώματος

Το συμπύκνωμα που απομακρύνεται από την εγκατάσταση μπορεί να περιέχει μέχρι και 25% της θερμότητας που προστίθεται στο λέβητα και επιπλέον να είναι χημικά επεξεργασμένο νερό. Οποιαδήποτε αισθητή θερμότητα που αφήνεται στο συμπύκνωμα πρέπει να επιστραφεί στη δεξαμενή τροφοδοσίας. Αυτό το νερό είναι απαλλαγμένο από τις ακαθαρσίες και κάθε αύξηση της θερμοκρασία κατά 5°C στο νερό τροφοδοσίας έχει ως αποτέλεσμα εξοικονόμηση περίπου 1% των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ατμού. Επιπλέον, για να μεγιστοποιηθεί η ανάκτηση της αισθητής θερμότητας, το δίκτυο συμπύκνωσης θα πρέπει να μονωθεί.

7.3.6 Εναποθέσεις Σωληνώσεων

Οι χημικές εναποθέσεις στα άκρα των σωλήνων νερού μπορεί να μειώσουν σημαντικά την απόδοση. Οι εναποθέσεις είναι πολύ καλοί μονωτές με αποτέλεσμα

να μειώνουν τη μεταφορά θερμότητας και να αυξάνουν την θερμοκρασία των μεταλλικών άκρων των σωλήνων αέρα. Ακόμη και ένα λεπτό στρώμα προκαλεί σημαντική αύξηση στη θερμοκρασία των σωλήνων και ανάλογη μείωση του κύκλου ζωής. Η τάση διαμόρφωσης εναποθέσεων μπορεί να ελεγχθεί μέσω ενός ειδικού προγράμματος επεξεργασίας νερού. Ένα πρόγραμμα όπως αυτό, εάν ακολουθείται αυστηρά, αποτρέπει την απώλεια απόδοσης. Οι ακαθαρσίες στο νερό των λεβήτων μπορούν επίσης να προκαλέσουν άλλα λειτουργικά προβλήματα, όπως το άφρισμα. Οι περισσότερες διαδικασίες καθορίζουν τον ξηρό ατμό επειδή η υγρασία τις ακαθαρσίες που προκαλούν την επίστρωση του εξοπλισμού.

7.3.7 Γενικές Παρατηρήσεις

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να εξασφαλιστεί ότι τα συστήματα διανομής ατμού λειτουργούν στη βέλτιστη απόδοση. Ο έλεγχος κάθε μιας από τις περιοχές που προσδιορίζονται ως πιθανά προβλήματα θα βοηθήσει στην δημιουργία ενός συστήματος που εφαρμόζεται όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα:

- Επισκευή των διαρροών στις ενώσεις και στις βαλβίδων ασφάλειας.
- Μόνωση όλων των σωληνώσεων, φλαντζών και βαλβίδων ατμών και συμπυκνωμάτων.
- Εξασφάλιση ορθού ελέγχου των θερμοκρασιών της κάθε διαδικασίας.
- Διατήρηση της πίεσης του ατμού στις χαμηλότερες αποδεκτές τιμές.
- Απομάκρυνση του περιττού ατμού από τις σωλήνες.
- Εξασφάλιση της επιστροφής ή επαναχρησιμοποίησης του συμπυκνώματος στη διαδικασία.
- Έλεγχος της λειτουργίας των παγίδων ατμού.
- Ανάκτηση θερμότητας από το συμπύκνωμα, προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας με χρήση εναλλάκτη θερμότητας.

7.4 ΛΕΒΗΤΕΣ ΚΑΙ ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ

Πολλές εγκαταστάσεις λεβήτων απαιτούν βελτιωμένο εξοπλισμό για τον έλεγχο της απόδοσης των λεβήτων και τις ανάγκες σε ατμό. Κοινός έλεγχος της απόδοσης λεβήτων απαιτείται για τη διατήρηση υψηλής επίδοσης. Οι ελάχιστες πληροφορίες που απαιτούνται είναι:

- Κατανάλωση καυσίμων για μια χρονική περίοδο.

- Παραγόμενος ατμός ή βάρος του νερού που εξατμίζεται κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.
- Πίεση ατμού.
- Θερμοκρασία σωλήνων αερίου.
- Περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα ή οξυγόνου των σωλήνων αερίου.

Ο εξοπλισμός παρακολούθησης παρέχει τη δυνατότητα ανίχνευσης των μεταβολών από τη συνήθη απόδοση. Η ανάλυση των σωλήνων αερίου μπορεί να δείξει εάν υπάρχει περίσσεια αέρα στην καύση, η αύξηση στη θερμοκρασία των καυσαερίων και δείχνει την εξασθενισμένη μεταφορά θερμότητας και την ανάγκη για καθαρισμό. Η θερμοκρασία του νερού τροφοδοσίας πρέπει να είναι όσο υψηλή επιτρέπεται ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα στην άντληση. Μερικές εταιρίες με περιορισμένο εξοπλισμό ή πείρα, χρησιμοποιούν εξωτερικούς ειδικούς για να εξετάσουν την απόδοση των λεβήτων τους σε τακτά χρονικά διαστήματα. Οι λέβητες είναι συνήθως αποτελεσματικότεροι όταν χρησιμοποιούνται σε πλήρη φόρτιση. Η ελαφριά φόρτιση, η υπερφόρτιση και οι ευρείες διακυμάνσεις λειτουργίας έχουν δυσμενείς συνέπειες στην απόδοση τους.

Η απόδοση των λεβήτων, με απλούς όρους, αντιπροσωπεύει τη διαφορά μεταξύ της ενέργειας που καταναλώνεται με αυτή που παράγεται. Η υψηλή απόδοση είναι το αποτέλεσμα της σωστής σχεδίασης και χρήσης του λέβητα. Τα ακόλουθα ζητήματα σχεδίασης πρέπει να εξεταστούν κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης των λεβήτων:

- Ο αριθμός των περασμάτων αντιπροσωπεύει τον χρόνο που το θερμό αέριο καύσης ρέει μέσα στο λέβητα. Ένας λέβητας με δύο περάσματα παρέχει δύο ευκαιρίες στα θερμά αέρια να εναλλάξουν θερμότητα με το νερό στο λέβητα. Ένας λέβητας με τέσσερα περάσματα θα έχει υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερη δαπάνη ενέργειας.
- Η συμβατότητα καυστήρων / λεβήτων - ένα τυποποιημένο σχέδιο λεβήτων / καυστήρων περιλαμβάνει έναν καυστήρα και έναν λέβητα που αναπτύσσονται ως ενιαία μονάδα, υπολογίζοντας τη γεωμετρία της εστίας, και τη μεταφορά θερμότητας ακτινοβολίας και συναγωγής. Η μη αγορά τυποποιημένων καυστήρων-λεβήτων μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερα επίπεδα απόδοσης και σε υψηλότερες απαιτήσεις έναρξης και συντήρησης.
- Ο επαναλαμβανόμενος έλεγχος της σωστής αναλογίας αέρα καυσίμου συμβάλλει στην υψηλή απόδοση του λέβητα. Η υψηλή απόδοση εξαρτάται από τη δυνατότητα του καυστήρα να παρέχει τη σωστή ποσότητα αέρα

τροφοδοσίας σε σχέση με το καύσιμο, ώστε να διαμορφώνεται το κατάλληλο μίγμα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, χωρίς την ανάγκη πολύπλοκης οργάνωσης ή ρυθμίσεων.

- Η επιφάνεια θέρμανσης αντιπροσωπεύει, σε γενικές γραμμές, το πόσο απαιτητικά λειτουργεί το δοχείο. Η κατάλληλη επιφάνεια θέρμανσης ισοδυναμεί με παράταση ζωή και υψηλότερη απόδοση.
- Η κυκλοφορία νερού, η αποφυγή υψηλών τάσεων και η δυνατότητα πρόσβασης είναι βασικά κριτήρια για στο σχεδιασμό των δοχείων πίεσης.

Οι μετρήσεις της απόδοσης των λεβήτων πραγματοποιούνται με τον έλεγχο του επιπέδου CO_2 ή /και O_2 στα καυσαέρια με ένα αξιόπιστο σύστημα μέτρησης. Η τακτική μέτρηση της απόδοσης των λεβήτων μπορεί να οδηγήσει στον προσδιορισμό της απόδοσης και στην πρόταση μέτρων βελτίωσης.

7.4.1 Περιορισμός Απωλειών Καυσαερίων

Για την ελαχιστοποίηση των απωλειών καυσαερίων σε ένα λέβητα, είναι ουσιαστικό να ελεγχθεί το μίγμα καυσίμου / αέρα στον καυστήρα. Μεγάλη παροχή αέρα ψύχει το λέβητα και μπορεί ακόμη και εμποδίζει την πλήρη καύση του καυσίμου. Ομοίως, μικρή ποσότητα αέρα οδηγεί σε ελλιπή καύση και στην αποδέσμευση ακαύστων. Όταν το μίγμα καυσίμου /αέρα είναι το κατάλληλο, επιτυγχάνεται υψηλότερη απόδοση στην καύση επιτυγχάνεται και το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα στα καυσαέρια μεγιστοποιείται. Τα συστήματα αυτόματου ελέγχου χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν τη σύνθεση αερίου στα καυσαέρια (παράδειγμα με τη μέτρηση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο) και παρέχουν ανατροφοδότηση, ώστε να ρυθμίζεται κατάλληλα το μίγμα καυσίμου /αέρα και να επιτυγχάνεται βέλτιστη απόδοση καύσης.

Το άκαυστο καύσιμο είναι μια άλλη πηγή απώλειας σε έναν λέβητα. Όσον αφορά τα άκαυστα του φυσικού αέριου και του πετρελαίου πρέπει να είναι μηδενικά και να ελέγχονται με τη μέτρηση του μονοξειδίου του άνθρακα και του μαύρου καπνού αντίστοιχα. Εντούτοις, για τον άνθρακα υπάρχει πάντα ένα ποσοστό άκαυστης τέφρας και άμμου που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι ελάχιστες απώλειες ακτινοβολίας από έναν καλά-μονωμένο σύγχρονο λέβητα είναι της τάξης του 2-3%. Όλοι οι λέβητες είναι αποδοτικότεροι σε πλήρες φορτίο. Σε μέσο φορτίο οι απώλειες ακτινοβολίας αυξάνουν κατά 6%, ενώ στο ένα τέταρτο του φορτίου στο 12%. Είναι επομένως σημαντικό να γίνει σωστή επιλογή λέβητα ώστε να λειτουργεί όσο το δυνατόν περισσότερο σε συνθήκες πλήρους φορτίου.

7.4.2 Βελτίωση Απόδοσης Λεβήτων

Όταν ένας λέβητας λειτουργεί με την κατάλληλη περίσσεια αέρα μειώνονται οι απώλειες θερμότητας και αυξάνεται η απόδοση της καύσης. Η απόδοση καύσης είναι ένα μέτρο για το πόσο αποτελεσματικά μετατρέπεται το θερμικό περιεχόμενο των καυσίμων σε χρήσιμη θερμότητα. Η θερμοκρασία καύσης και οι συγκεντρώσεις του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα είναι οι πρώτοι δείκτες της απόδοσης καύσης. Θεωρητικά, στην πλήρη ανάμιξη, απαιτείται συγκεκριμένο ποσό αέρα για να αντιδράσει εντελώς με συγκεκριμένη ποσότητα καυσίμων. Στην πράξη, οι συνθήκες καύσης δεν είναι ποτέ ιδανικές, και επιπλέον περίσσεια αέρα πρέπει να παρασχεθεί για να καούν εντελώς τα καύσιμα. Η κατάλληλη ποσότητα περίσσειας αέρα καθορίζεται από την ανάλυση των συγκεντρώσεων οξυγόνου ή διοξειδίου του άνθρακα στο σωλήνα αερίου. Μικρότερη περίσσεια αέρα οδηγεί σε άκαυστα καύσιμα (αιθάλη, καπνό και μονοξείδιο άνθρακα), ενώ παράλληλα επιδρά στην απώλεια θερμότητας λόγω της αυξανόμενης ροής στη καπνοδόχο και στη μείωση της συνολικής απόδοσης του λέβητα. Ο ακόλουθος πίνακας συσχετίζει την περίσσεια με την απόδοση των λεβήτων.

Πίνακας 7.5: Απόδοση καύσης φυσικού αερίου.

Περίσσεια Αέρα %		Απόδοση Καύσης				
Αέριο	Οξυγόνο	Θερμοκρασία Καυσαερίων °C				
		93	149	204	260	316
9,5	2,0	85,4	83,1	80,8	78,4	76,0
15,0	3,0	85,2	82,8	80,4	77,9	75,4
28,1	5,0	84,7	82,1	79,5	76,7	74,0
44,9	7,0	84,1	81,2	78,2	75,2	72,1
81,6	10,0	82,8	79,3	75,6	71,9	68,2

Πηγή: www.cbboilers.com/energy

Στα καλά σχεδιασμένα συστήματα φυσικού αερίου, είναι εφικτό ένα επίπεδο περίσσειας αέρα 10%. Η απόδοση των λεβήτων μπορεί να αυξηθεί κατά 1% για κάθε μείωση κατά 15% της περίσσειας αέρα.

7.4.3 Επιστροφή Συμπυκνώματος στον Λέβητα

Συνήθως η θέρμανση του ατμού στις εγκαταστάσεις βαφής και φινιρίσματος πραγματοποιείται έμμεσα με τη χρήση κλειστών σπειρών. Η άμεση θέρμανση, που χρησιμοποιεί ζωντανό ατμό, εφαρμόζεται μόνο σε ατμοσφαιρικά δοχεία και σε μερικές δεξαμενές πλυσίματος. Επομένως, είναι σημαντικό να επιστραφεί όσο το δυνατόν περισσότερο συμπύκνωμα στο λέβητα προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι δαπάνες επεξεργασίας νερού και οι ενεργειακές απώλειες. Μόλις επιτευχθεί αυτό, ένα σύστημα ελέγχου και συντήρησης παγίδων ατμού πρέπει να εισαχθεί για να εξασφαλίσει ότι το συμπύκνωμα επιστρέφεται αποτελεσματικά και ότι καμία ποσότητα ατμού δεν ρέει προς τα πίσω. Ο γενικός κανόνας λειτουργίας που υπερισχύει της εξοικονόμησης ενέργειας είναι ότι εάν υπάρχει οποιαδήποτε αμφιβολία σχετικά με την καθαρότητα του συμπυκνώματος, δεν πρέπει να επιστραφεί άμεσα στο νερό τροφοδοσίας του λέβητα.

Σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου επιτυγχάνεται όταν το επιστρεφόμενο συμπύκνωμα είναι σχετικά θερμό (54 °C - 107 °C), μειώνοντας την ποσότητα κρύου νερού αναπλήρωσης (10 °C - 15 °C) που πρέπει να θερμανθεί.

7.4.4 Μόνωση

Η μόνωση των σωληνώσεων ατμού και συμπυκνώματος είναι απαραίτητη για την αποφυγή υπερβολικών απωλειών, παρόλα αυτά αξίζει να σημειωθεί ότι πολλές μονάδες εξακολουθούν να μην έχουν μονωμένες πλήρως τις σωληνώσεις ατμού, τις βαλβίδες και τις φλάντζες και να έχουν το σύστημα επιστροφής του συμπυκνώματος χωρίς καμία μόνωση. Το κύριο κόστος της μόνωσης του δικτύου ατμού συνήθως μπορεί να ανακτηθεί σε έξι μήνες και του δικτύου συμπυκνωμάτων σε περίπου δέκα μήνες. Επομένως είναι ένας από τους πιο οικονομικά αποτελεσματικούς τρόπους μείωσης των ενεργειακών απωλειών.

Πίνακας 7.6: Θερμική απώλεια ανά 30,5m μη μονωμένου σωλήνα ατμού.

Διάμετρος Δικτύου Διανομής (cm)	Απώλειες ανά 30,5 m μη μονωμένου σωλήνα ατμού (GJ/year)			
	Πίεση ατμού (bar)			
	1	10	20	40
2.54	148	301	395	522
5.08	248	506	665	886
10.16	438	897	1.182	1.583
20.32	781	1.625	2.142	2.875
30.48	1.113	2.321	3.070	4.136

Πηγή: www.cbboilers.com/energy

7.4.5 Επιθεώρηση και Επισκευή Παγίδων Ατμού

Σε συστήματα ατμού που δεν έχει γίνει συντήρηση για 3 έως 5 έτη, περίπου το 15% με 30% των εγκατεστημένων παγίδων ατμού μπορεί να έχει καταστραφεί, επιτρέποντας κατά συνέπεια στο ζωντανό ατμό να δραπετεύει στο σύστημα επιστροφής συμπυκνώματος.

Πίνακας 7.7: Ρυθμός διαρροής ατμοπαγίδων.

Διάμετρος στομίων παγίδων (cm)	Απώλειες ατμού (kg/hr)			
	Πίεση ατμού (bar)			
	1	7	10	20
0,08	0,38	1,49	2,17	-
0,16	1,54	5,98	8,56	16,40
0,32	6,21	23,92	34,34	65,69
0,48	13,91	53,92	77,03	147,71
0,64	24,78	95,60	137,29	262,34
0,95	55,73	215,22	309,01	590,39

Πηγή: www.cbboilers.com/energy

Στα συστήματα με σχεδιασμένο πρόγραμμα συντήρησης, οι παγίδες που έχουν διαρροή πρέπει να αποτελούν λιγότερο από 5% του πληθυσμού παγίδων. Εάν το σύστημα διανομής ατμού περιλαμβάνει περισσότερες από 500 παγίδες, μια έρευνα στις παγίδες ατμού θα αποκαλύψει πιθανώς σημαντικές απώλειες ατμού.

7.4.6 Εκτόνωση Συμπυκνώματος Υψηλής Πίεσης για την Παραγωγή Ατμού Χαμηλής Πίεσης

Οι απαιτήσεις χαμηλής πίεσης σε διεργασίες ατμού, καλύπτονται συνήθως με την ρύθμιση της ροής ατμού υψηλής πίεσης, αλλά και με εκτόνωση συμπυκνώματος υψηλής πίεσης. Στον παρακάτω πίνακα, η ποσότητα ατμού που λαμβάνεται ανά λίβρα συμπυκνώματος υψηλής πίεσης δίνεται ως συνάρτηση και του συμπυκνώματος και της πίεσης ατμού.

Πίνακας 7.8: Εκτόνωση συμπυκνώματος υψηλής πίεσης.

Υψηλής πίεσης συμπύκνωμα (bar)	Ποσοστό Συμπυκνώματος Εκτόνωσης, kg ατμού/ kg συμπυκνώματος			
	Ατμός Χαμηλής Πίεσης (bar)			
	3,5	2	1	0,35
14	10,4	12,8	15,2	17,3
10	7,8	10,3	12,7	14,9
7	4,6	7,1	9,6	11,8
5	2,5	5,1	7,6	9,9

Πηγή: www.cbboilers.com/energy

7.5 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΠΑΕΡΙΩΣΗΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΥ

Η απομάκρυνση διαλυμένων αερίων από το νερό τροφοδοσίας των λεβήτων επιτυγχάνεται μέσω ειδικών μηχανικών συσκευών. Με αυτό τον τρόπο προστατεύεται το σύστημα ατμού από αέρια που προκαλούν διάβρωση. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα σε ένα επίπεδο όπου η διάβρωση ελαχιστοποιείται. Ένα επίπεδο διαλυμένου οξυγόνου 5 μερών ανά δισεκατομμύριο (ppb) ή και χαμηλότερο διασφαλίζει την αποφυγή της διάβρωσης στους περισσότερους λέβητες υψηλής πίεσης (> 14 bar). Ενώ οι συγκεντρώσεις οξυγόνου μέχρι του 43 ppb μπορούν να

επιτραπούν σε λέβητες χαμηλής πίεσης, ο περιορισμός της συγκέντρωσης στα 5 ppb μπορεί να παρατείνει τη ζωή του εξοπλισμού με ελάχιστο έως μηδαμινό κόστος. Το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα αφαιρείται εντελώς από το σύστημα με τη χρήση των ειδικών συσκευών απαερίωσης.

7.5.1 Ρύθμιση Παροχής Οξυγόνου

Η παραγωγή του ζιρκονίου για την ανίχνευση O_2 παρέχει ένα αξιόπιστο σύστημα μέτρησης καυσαερίων, το οποίο μπορεί να ενσωματωθεί μέσα σε ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου. Αυτά τα συστήματα ελέγχουν το επίπεδο του O_2 στα καυσαέρια και συγκρίνουν τα πραγματικά επίπεδα με τα επιθυμητά επίπεδα συναρτήσει του φορτίου του λέβητα. Τα δευτεροβάθμια πτερύγια εισαγωγής αέρα στους καυστήρες ρυθμίζονται έπειτα για να φέρουν το O_2 στα επιθυμητά επίπεδα. Αυτό ελαχιστοποιεί την ποσότητα περίσσειας αέρα μέσα στο λέβητα και μειώνει έτσι τις απώλειες καυσαερίων.

7.5.2 Αυτόματο Σύστημα Στραγγαλισμού Καυσαερίων

Εάν ένας λέβητας χρησιμοποιείται περιοδικά, η απώλεια θερμότητας λόγω της "επίδρασης καπνοδόχου" μπορεί να είναι σημαντική. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα όταν συνδέονται διάφοροι λέβητες με μία κοινή καπνοδόχο και χρησιμοποιούνται διαδοχικά. Η λύση είναι η εγκατάσταση διατάξεων στραγγαλισμού – κλεισίματος (dampers) στην έξοδο καυσαερίων του λέβητα. Σήμερα αυτόματες διατάξεις κλεισίματος είναι ευρέως διαθέσιμες.

7.5.3 Συστήματα Προθέρμανσης

Είναι δυνατό, θεωρητικά, να προθερμανθούν τα καύσιμα, το νερό τροφοδοσίας και ο αέρας καύσης πριν από την είσοδο στο λέβητα. Εντούτοις, συνήθως μόνο το νερό και ο αέρας προθερμαίνονται. Τα συστήματα προθέρμανσης καύσιμων χρησιμοποιούνται μόνο στα βαριά καύσιμα όπου και η αποθήκευση και η παράδοση τους στο λέβητα απαιτεί υψηλότερες του περιβάλλοντος θερμοκρασίες, ώστε να διατηρηθούν αποδεκτά ιξώδη των καυσίμων.

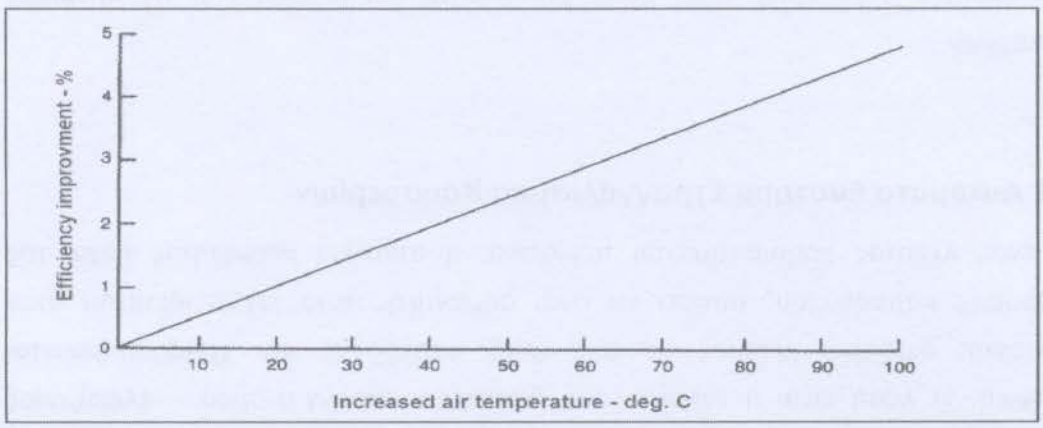
Προκειμένου να βελτιωθεί η θερμική απόδοση κατά 1%, η θερμοκρασία αέρα καύσης πρέπει να αυξηθεί κατά 20 °C. Οι περισσότεροι καυστήρες αερίου και πετρελαίου που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις λεβήτων δεν σχεδιάστηκαν για

υψηλής θερμοκρασίας αέρα προσαγωγής και μια αύξηση της τάξης των 50 °C αποτελεί το μέγιστο όριο αντοχής τους.

Η προθέρμανση του αέριου καύσης επιτυγχάνεται συνήθως από τις ακόλουθες πηγές: ανάκτηση θερμότητας από καυσαέρια και κυκλοφορία του αέρα δια μέσω ή πάνω από το περίβλημα των λεβήτων.

Η θερμοκρασία των καυσαερίων ενός σύγχρονου λέβητα είναι γενικά μεταξύ 180 °C και 250 °C. Η θερμοκρασία εξόδου διατηρείται σε μια ελάχιστη θερμοκρασία 180 °C για να αποτραπούν τα προβλήματα διάβρωσης, όταν η θερμοκρασία πλησιάζει στο σημείο δρόσου του θείου, δεδομένου ότι όλα τα καύσιμα, συμπεριλαμβανομένου και του φυσικού αερίου, έχουν προσμίξεις του.

Οι σύγχρονοι καυστήρες μπορούν να υποστούν υψηλότερη προθέρμανση αέρα προσαγωγής. Είναι επομένως δυνατό να εξεταστεί ένας εναλλάκτης θερμότητας στην καπνοδόχο αντί για έναν εξοικονομητή.



Διάγραμμα 7.3: Αύξηση της απόδοσης συναρτήσει της προθέρμανσης του αέρα.

Πηγή: Horizontal Technologies (Workbook 2) - Thermie B

Οι εξοικονομητές καυσαερίων χρησιμοποιούνται για πολύ καιρό και στους λέβητες κελύφους και σωλήνα. Κατασκευάζονται συνήθως από χάλυβα. Εντούτοις ο χυτοσίδηρος χρησιμοποιείται επίσης δεδομένου ότι είναι ανθεκτικότερος στην όξινη διάβρωση που είναι αναπόφευκτη κατά τη διάρκεια της έναρξης και της λήξης λειτουργίας. Προκειμένου να αυξηθεί η θερμική απόδοση, η ανακτημένη θερμότητα χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού τροφοδοσίας. Για κάθε αύξηση 1 °C της θερμοκρασίας του νερού συνεπάγεται μια πτώση 4 °C στη θερμοκρασία των καυσαερίων υπό τον όρο ότι οι ρυθμοί ροής μάζας και για τα δύο ρεύματα είναι ίδιοι. Η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας εξαρτάται από τον τύπο του λέβητα και τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται και κυμαίνεται μεταξύ 3 με 5%.

7.6 ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ

Η συμπαραγωγή πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις που υπάρχουν σημαντικές παράλληλες απαιτήσεις θερμότητας και ηλεκτρισμού. Μόνο σε αυτήν την περίπτωση ένα σύστημα συμπαραγωγής έχει νόημα. Ωστόσο η εφαρμογή της συμπαραγωγής πρέπει πάντα να αποφασίζεται βάσει μιας λεπτομερούς τεχνοοικονομικής μελέτης, όπου οι τιμές των καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν πρωταρχική σημασία. Δεδομένου ότι αυτές οι παράμετροι ποικίλλουν πολύ σε κάθε κράτος και κυμαίνονται με το χρόνο, οδηγίες για αυτήν την αξιολόγηση δεν συμπεριλαμβάνονται στην παρούσα εργασία.

Μετά την απόφαση για συμπαραγωγή το επόμενο βήμα είναι Η επιλογή του είδους του συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί. Τα συστήματα αεριοστροβίλων εφαρμόζονται κατά κόρον σε εγκαταστάσεις πάνω από 4 MW. Στον κλωστοϋφαντουργικό τομέα, ελάχιστες επιχειρήσεις φθάνουν σε αυτά τα επίπεδα. Αν και υπάρχουν μονάδες αεριοστροβίλων της τάξης του 1 MW δεν είναι οικονομικά συμφέρουσες σε σχέση με άλλα συστήματα συμπαραγωγής όπως αυτά με βάση τις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ). Έτσι σε αυτόν τον οδηγό θα παρουσιαστεί το σύστημα συμπαραγωγής με βάση μια εμβολοφόρο μηχανή (ΜΕΚ) που χρησιμοποιεί ως καύσιμο φυσικό αέριο.

Ο τύπος της μονάδας συμπαραγωγής που περιγράφεται εδώ είναι βασισμένος σε μια ηλεκτρική μηχανή υψηλής απόδοσης 3 MW (με αναμενόμενο βαθμό ηλεκτρικής απόδοσης 43%) και έναν λέβητα ανάκτησης θερμότητας από τα καυσαέρια, δεδομένου ότι αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα για τις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές. Ο σταθμός συμπαραγωγής αποτελείται από έναν απλό κύκλο με μια μηχανή αερίου που παράγει περίπου 3 MW της ηλεκτρικής ενέργειας και έως 2,4 τόνους ατμού στα 8 bar, μέσω ανάκτησης της θερμότητας από το κύκλωμα υψηλής θερμοκρασίας. Ο κύριος εξοπλισμός των εγκαταστάσεων συμπαραγωγής είναι μια γεννήτρια μηχανών αερίου και το σύστημα παραγωγής ατμού και οι αντίστοιχες διαδικασίες τους περιγράφονται παρακάτω:

7.6.1 Γεννήτρια Ηλεκτρισμού

Η Μηχανή Εσωτερικής Καύσης χρησιμοποιεί ατμοσφαιρικό αέρα ο οποίος καθαρίζεται από σκόνες και ακαθαρσίες με τη βοήθεια ενός φίλτρου. Στη συνέχεια αυτός αναμειγνύεται με το φυσικό αέριο. Ο αέρας εισέρχεται μέσω ενός στροβιλοσυμπιεστή που αναμιγνύει τον αέρα και το αέριο, και αυξάνει την πίεση πριν την είσοδο στον διανομέα. Το μίγμα αερίων περνά μέσα από τους κυλίνδρους των μηχανών και αναφλέγεται με τη χρήση ενός εναυστήρα ανά κύλινδρο. Η ενέργεια που

απελευθερώνεται από την καύση αυξάνει τη θερμοκρασία και την πίεση των καυσαερίων, αναγκάζοντας το έμβολο να κινηθεί με δύναμη. Η γραμμική μετακίνηση του εμβόλου κινεί τον άξονα κίνησης και δημιουργείται το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο στο οποίο μετατρέπει η μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Η επιστροφή του εμβόλου προκαλεί την καύση αερίων περίπου 5,7 kg ανά δευτερόλεπτο, αλλά εξακολουθεί να έχει ικανοποιητική θερμοκρασία (408 °C) ώστε να χρησιμοποιηθεί στο λέβητα ανάκτησης για να παραχθεί ατμός. Επιπλέον από τη θερμότητα που υπάρχει στα καυσαέρια, υπάρχουν άλλες πηγές θερμότητας στις ΜΕΚ. Αυτές οι πηγές θερμότητας είναι διασκορπισμένες σε δύο συστήματα ψύξης που λειτουργούν σε δύο διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας. Το σύστημα ψύξης υψηλής θερμοκρασίας λειτουργεί στη θερμοκρασία μεταξύ 96 °C και 75 °C (είσοδος). Αυτό το σύστημα παράγει περίπου 1028 kW θερμότητας και απομακρύνει τη θερμότητα από το κύκλωμα ψύξης και το λάδι λίπανσης. Η θερμότητα που λαμβάνεται από το κύκλωμα ψύξης χρησιμοποιείται για να παρέχει θερμό νερό (85 °C) στις βιομηχανικές διεργασίες. Αυτό γίνεται με τη χρήση ενός εναλλάκτη από όπου κυκλοφορεί το νερό ψύξης και στη συνέχεια αποθηκεύεται σε μονωμένες δεξαμενές. Δεδομένου ότι η απαιτήσεις για θερμό νερό είναι λιγότερες από τη θερμική ενέργεια που παράγεται στο κύκλωμα υψηλής θερμοκρασίας, η πλεονάζουσα θερμότητα διαλύεται με τη βοήθεια ενός αεροψυχραντήρα. Η θερμότητα που παράγεται στο κύκλωμα χαμηλής θερμοκρασίας διασκορπίζεται μέσω ενός πύργου ψύξης.

7.6.2 Σύστημα Παραγωγής Ατμού

Τα καυσαέρια εισάγονται στο σύστημα παραγωγής ατμού από μια βαλβίδα παράκαμψης (by pass) που επιτρέπει την έξοδό τους στην ατμόσφαιρα ή εισάγονται στη γεννήτρια ατμού, ανάλογα με τις απαιτήσεις. Η έξοδος των καυσαερίων είναι εξοπλισμένη με έναν σιγαστήρα για τη μείωση των δονήσεων και των θορύβων. Το σύστημα παραγωγής ατμού περιλαμβάνει έναν λέβητα με δύο κύρια τμήματα (το τμήμα ανάκτησης και το τμήμα εξοικονόμησης). Τα αέρια καύσης από τη μηχανή ψύχονται καθώς μεταφέρουν θερμική ενέργειά στο νερό του λέβητα, το οποίο στη συνέχεια εξατμίζεται παράγοντας ατμό. Το επίπεδο του νερού στο λέβητα πρέπει να καλύπτει όλο δίκτυο καυσαερίων, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη μεταφορά θερμότητας και προ πάντων η ασφαλή λειτουργία του λέβητα. Ο λέβητας σχεδιάζεται για να παραγάγει 2,4 τόνους ατμού ανά ώρα σε πίεση 8 bar. Ο ατμός που παράγεται, μεταφέρεται στο συλλέκτη ατμού του εργοστασίου και από εκεί διανέμεται για κατανάλωση. Εάν κριθεί απαραίτητο ο λέβητας μπορεί να εξοπλιστεί με έναν

καυστήρα φυσικού αερίου (μικτός λέβητας) για να καλύψει επιπλέον θερμικές ανάγκες.

7.6.3 Λειτουργία του Ηλεκτρικού Συστήματος

Το ηλεκτρικό σύστημα συνδέει τη μηχανή με το δίκτυο. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με σύγχρονη γεννήτρια σε 6 kV και 50 Hz. Η γεννήτρια συνδέεται με έναν μετασχηματιστή υψηλής τάσης και η έξοδος των μετασχηματιστών συνδέεται με το σύστημα δίκτυο υψηλής τάσης και με τις καταναλώσεις της μονάδας μέσω κατάλληλου διακόπτη. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται για τις ανάγκες του εργοστασίου, ενώ η πλεονάζουσα ενέργεια διοχετεύεται στο εξωτερικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας . Με αυτές τις συνθήκες η γεννήτρια της μονάδας συμπαραγωγής λειτουργεί παράλληλα με το δίκτυο εφοδιασμού ηλεκτρικής ενέργειας σε πλήρες φορτίο. Ο συντελεστής ισχύος του συστήματος ρυθμίζεται ώστε να παραμένει σταθερός κατά τη σύνδεση του με το δίκτυο.

Εκτός από τη παράλληλη λειτουργία με το δίκτυο, που περιγράφηκε παραπάνω, υπάρχουν δύο άλλες πιθανές καταστάσεις λειτουργίας:

- Εργασία σε απομόνωση. Εάν υπάρχει ένα ελάττωμα στον εξωτερικό ανεφοδιασμό ηλεκτρικής ενέργειας, οι εγκαταστάσεις θα αποσυνδεθούν από την επιχείρηση μέσω του γενικού διακόπτη δικτύου. Σε αυτήν την περίπτωση η γεννήτρια θα συνεχίσει να λειτουργεί σε μερικό φορτίο προσαρμοζόμενη στις απαιτήσεις της μονάδας.
- Εφοδιασμός εργοστασίου μέσω της επιχείρησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η κατάσταση είναι ισοδύναμη με το παρόν σύστημα. Ολόκληρο το εργοστάσιο εφοδιάζεται από την επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας.

7.6.4 Λειτουργία του Συστήματος Ατμού

Η μέγιστη παραγωγή του ατμού στα 8 bar με την ενέργεια που περιλαμβάνεται στα αέρια εξάτμισης είναι 2,4 τόνοι ανά ώρα. Εάν οποιαδήποτε στιγμή οι απαιτήσεις είναι μικρότερες, η βαλβίδα παράκαμψης θα ρυθμίσει την είσοδο των αερίων στο λέβητα και θα στείλει τα αέρια καύσης που δεν απαιτούνται για την παραγωγή ατμού στην ατμόσφαιρα. Εάν η απαίτηση είναι μεγαλύτερη από το ποσό ατμού που παράγεται με τη θερμότητα των καυσαερίων, ο καυστήρας του λέβητα θα τεθεί σε λειτουργία για να ενισχύσει παράλληλα ως υποστήριξη, στέλνοντας ατμό με τα ίδια χαρακτηριστικά στο συλλέκτη ατμού του εργοστασίου, από όπου θα διανεμηθεί στην κατανάλωση. Όταν η γεννήτρια είναι εκτός λειτουργίας η παραγωγή ατμού γίνεται από τον υπάρχοντα

λέβητα. Το νερό από το κύκλωμα υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται στην παραγωγή θερμού νερού, το οποίο αποθηκεύεται σε μονωμένη δεξαμενή. Όταν η δεξαμενή φθάνει στην επιθυμητή θερμοκρασία (οι θερμοκρασίες του νερού επεξεργασίας φθάνουν μέχρι τους 85 °C), οι μπαταρίες ψύξης ενεργοποιούνται για να εξασφαλίσουν ότι η μέγιστη θερμοκρασία επιστροφή στη μηχανή είναι 75 °C.

7.7 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σήμερα είναι αναγκαία η προώθηση των εναλλακτικών πηγών ενέργειας που συντηρούν τους φυσικούς πόρους και προστατεύουν το περιβάλλον. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν μπορούν να εξαντληθούν και έχουν ελάχιστες αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο κατάλληλη ανανεώσιμη πηγή για βιομηχανική χρήση.

7.7.1 Τεχνολογίες Ηλιακής Ενέργειας

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας εστιάζεται στη μετατροπή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε θερμότητα ή ηλεκτρική ενέργεια. Η πρώτη περίπτωση είναι γνωστή ως ηλιακή θερμική μετατροπή, η οποία χρησιμοποιεί θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες, όπου ένα ρευστό (συνήθως ένα υγρό) απορροφά τη θερμότητα που παράγεται στο συλλέκτη από τις ακτίνες του ήλιου.

Η ηλιακή ηλεκτρική μετατροπή επιτυγχάνεται μέσω δύο διαδικασιών που είναι εντελώς διαφορετικές η μια από την άλλη, και στην τεχνολογία και στους τομείς εφαρμογής τους.

Η πρώτη βασίζεται στη φωτοβολταϊκή επίδραση, με τις θεωρητικές της ρίζες στην κβαντική φυσική, όπου τα φωτόνια χτυπούν ορισμένα υλικά και με κατάλληλες συνθήκες δημιουργείται μια διαφορά τάσης ικανή για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύμα, το οποίο μπορεί να συγκεντρωθεί και να χρησιμοποιηθεί.

Η δεύτερη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στη θερμοδυναμική και στη χρήση συμβατικών γεννητριών ηλεκτρισμού, παρόμοιων με εκείνων που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς θερμικής και πυρηνικής ενέργειας. Η διαφορά έγκειται στο ότι η θερμική ενέργεια που απαιτείται για να ωθήσει το ρευστό στα πτερύγια του στροβίλου που κινεί τη γεννήτρια, παράγεται από την ηλιακή ενέργεια που συγκεντρώνεται, για να επιτύχει τις θερμοκρασίες που απαιτούνται από τη διεργασία.

Αυτή τη στιγμή, η μεγάλη πλειοψηφία των εγκαταστάσεων αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας αφορά στην παραγωγή θερμότητας για οικιακή ή βιομηχανική χρήση.

7.7.2 Βιομηχανικές Εφαρμογές

Από τις πολυάριθμες τεχνολογίες και εφαρμογές ηλιακής ενέργειας, μόνο οι θερμικές ηλιακές εγκαταστάσεις παρουσιάζουν κατάλληλα χαρακτηριστικά για εφαρμογή στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία που απαιτείται, το νερό μπορεί να ληφθεί με τη χρήση μόνο ηλιακών συσσωρευτών ή και με τη συμπληρωματική βοήθεια συμβατικών πηγών ενέργειας. Στην τελευταία περίπτωση η ηλιακή ενέργεια καλύπτει ένα μέρος της ενέργειας που απαιτείται και χρησιμεύει ως μια βοηθητική πηγή.

Στα πλυντήρια και στις διεργασίες βαφής που συνήθως χρησιμοποιούνται αρκετές χιλιάδες λίτρα θερμού νερού την ημέρα, η ηλιακή προθέρμανση μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση.

Υπάρχουν πολλές βιομηχανικές διεργασίες που απαιτούν νερό σε διάφορες θερμοκρασίες. Οι συλλέκτες κενού είναι ιδανικοί για την παραγωγή νερού θερμοκρασίας 60 με 80 °C. Αυτές είναι οι μόνες συσκευές που μπορούν να φθάσουν σε τέτοιες θερμοκρασίες χωρίς συγκέντρωση.

Υπάρχουν πολλοί τύποι ηλιακών συσσωρευτών. Οι πιο συνηθισμένοι είναι οι συλλέκτες υγρού. Εντούτοις οι συλλέκτες αέρα είναι φτηνότεροι από τους συλλέκτες υγρού και έχουν λιγότερα προβλήματα, δεδομένου ότι δεν παρουσιάζουν διαρροές ή προβλήματα ψύξης.

Μια εγκατάσταση που αποτελείται από τους συλλέκτες συγκέντρωσης είναι συμφέρουσα μόνο εάν οι μηνιαίες απαιτήσεις σε θερμό νερό ξεπερνούν τα 500m3.

7.8 ΕΙΔΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Υπάρχουν τρεις σημαντικές μορφές ορυκτών καυσίμων: ο γαιάνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αυτά τα καύσιμα καίγονται συνήθως στους λέβητες για την παραγωγή ατμού, θερμού νερού ή για τη θέρμανση του λαδιού λεβήτων λαδιού. Στη βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας μερικές μηχανές όπως είναι οι ράμμες και οι στεγνωτήρες, καίνε φυσικό αέριο ή προπάνιο για την άμεση θέρμανση του αέρα. Η βιομάζα είναι ένα άλλο είδος καυσίμου. Τα είδη της βιομάζας περιλαμβάνουν δέντρα και φυτά με ραγδαία ανάπτυξη, ξυλεία και ξύλινα απόβλητα, αγροτικές καλλιέργειες και υπολείμματα αυτών, υδρόβια φυτά και άλγη, ζωικά απόβλητα, και οργανικά οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα.

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι γαιανθράκων – ανθρακίτης, ασφαλτώδης και λιγνίτης. Το πετρέλαιο είναι ένας γενικότερος όρος των διάφορων εύφλεκτων υγρών που προέρχονται από το ακατέργαστο πετρέλαιο. Η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου εξαρτάται πρωτίστως από δύο σημαντικά συστατικά, το υδρογόνο και τον άνθρακά. Τα περισσότερα πετρέλαια έχουν περιεκτικότητα σε υδρογόνο που κυμαίνεται μεταξύ 10% και 14%, και περιεκτικότητα σε άνθρακα που κυμαίνεται μεταξύ 86% και 90%. Επίσης περιέχουν άζωτο, θείο, τέφρα, και ακαθαρσίες όπως η υγρασία και ιζήματα. Σε σύγκριση με τον άνθρακα, τα περιεχόμενα αζώτου και τέφρας των περισσότερων πετρελαίων είναι πολύ χαμηλά.

Τα προϊόντα καύσης του θείου είναι πολύ όξινα και μπορούν να προκαλέσουν τη διάβρωση στους εξοικονομητές, στους αεροθερμαντήρες, στους ανεμιστήρες και στους αγωγούς καυσαερίων. Η περιεκτικότητα σε θείο του πετρελαίου κυμαίνεται μεταξύ του 0,01% με 3,5%. Κατά τη διάρκεια της καύσης μερική ποσότητα θείου συσσωρεύεται στην τέφρα, αλλά το περισσότερο απομακρύνεται μέσω του αγωγού καυσαερίων στην ατμόσφαιρα. Εάν οι εκπομπές SO_2 υπερβαίνουν τα καθορισμένα όρια, είναι απαραίτητη η χρήση πετρελαίου χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο ή η εγκατάσταση φίλτρων SO_2.

Το φυσικό αέριο από άποψη εκπομπών είναι η καλύτερη επιλογή καυσίμου. Αν και το φυσικό αέριο από μερικές πηγές, περιέχει άκαυστα αέρια όπως το άζωτο και το διοξείδιο του άνθρακα, είναι σχεδόν απαλλαγμένο από στερεά υπολείμματα. Η μπλε φλόγα που φαίνεται όταν φλέγεται είναι ένα σημάδι τέλειας - πλήρους καύσης. Το μόνο ουσιαστικό πρόβλημα της χρήσης του φυσικού αερίου ως καύσιμο για λέβητες συσχετίζεται με τη χημική του σύνθεσή. Το φυσικό αέριο έχει σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε υδρογόνο (μεγαλύτερη από 20% κατά βάρος) σε σύγκριση με άλλα καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και ο γαιάνθρακας. Κατά τη διάρκεια της καύσης, το υδρογόνο στο φυσικό αέριο ενώνεται με το οξυγόνο και δημιουργούνται υδρατμοί. Ο σχηματισμός σχετικά μεγάλων ποσοτήτων υδρατμών οδηγεί στη χαμηλότερη απόδοση των λεβήτων. Όπως το φυσικό αέριο, άλλοι τύποι αερίων καυσίμων, (υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG), προπανίου και βουτανίου), μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στους λέβητες, αλλά το κόστος τους τα καθιστά πολύ ακριβά για τις περισσότερες εφαρμογές μεγάλης κλίμακας.

Η βιομάζα είναι ένας ενεργειακός πόρος που προέρχεται από οργανική ύλη Οι επιχειρήσεις και η βιομηχανία χρησιμοποιούν τη βιομάζα για διάφορους λόγους: θέρμανση χώρων, θέρμανση νερού διεργασιών και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

7.9 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

7.9.1 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

7.9.1.1 Εισαγωγή

Οι ηλεκτροκινητήρες είναι μια από τις κύριες πηγές κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη:

- 70 % της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στη βιομηχανία.
- 1/3 της κατανάλωσης ηλεκτρισμού στον τριτογενή τομέα.

Κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός ηλεκτροκινητήρα, το κόστος χρήσης είναι 95% στην ενέργεια, 3% στην αγορά και 2% στη συντήρηση. Κατά συνέπεια η επιλογή του πρέπει να βασιστεί κυρίως στην υψηλή απόδοση και στη σωστή διαστασιολόγηση και όχι στην τιμή αγοράς.

Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στους ηλεκτροκινητήρες πρέπει να λαμβάνονται με την παρακάτω σειρά:

1. Αναγκαιότητα λειτουργίας του κινητήρα.
2. Μείωση φορτίου του κινητήρα.
3. Ελαχιστοποίηση των απωλειών.
4. Ρύθμιση της λειτουργίας του κινητήρα σύμφωνα με το φορτίο.

Η οικονομικά αποδοτική διαχείριση των ηλεκτροκινητήρων επιτυγχάνεται μέσω της εκτίμησης των ακόλουθων βασικών παραμέτρων: Απόδοση κινητήρα, διαστασιολόγηση, απώλειες μετάδοσης, επισκευή και συντήρηση.

7.9.1.2 Κινητήρες Υψηλής Απόδοσης

Στην Ευρώπη μια ταξινόμηση κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος, χαμηλής τάσης έχει δημιουργηθεί από το 1999 και έχει συμφωνηθεί από τους κύριους ευρωπαϊκούς κατασκευαστές κινητήρων. Οι κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης είναι:

- EFF1: κινητήρες υψηλής απόδοσης,
- EFF2: κινητήρες κανονικής απόδοσης και
- EFF3: κινητήρες χαμηλής απόδοσης.

Οι ηλεκτροκινητήρες συχνά είναι μεγαλύτεροι σε σχέση με το πραγματικό τους φορτίο. Η μέγιστη απόδοση λαμβάνεται μεταξύ 60% και 100% του πλήρους

φορτίου. Κάτω του 40% του πλήρους φορτίου, ένας ηλεκτροκινητήρας δεν λειτουργεί στις βέλτιστες συνθήκες και η απόδοση του πέφτει. Υπό αυτές τις συνθήκες:

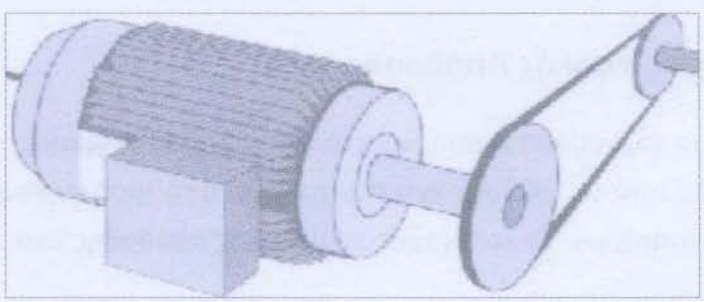
- Αυξάνει το κόστος κτήσης και μειώνεται η απόδοση του κινητήρα.
- Αυξάνεται η ταχύτητα λειτουργίας, η φθορά και η κατανάλωση ενέργειας.
- Μειώνεται ο συντελεστής και αυξάνεται η άεργος ισχύς. Εκτός αν η άεργος ισχύς αντισταθμίζεται για κάθε κινητήρα, οι πρόσθετες απώλειες δικτύου, είναι επιπρόσθετοι λόγοι για την κατάλληλη επιλογή των κινητήρων.

7.9.1.3 Μετάδοση Ισχύος

Ο εξοπλισμός μετάδοσης περιλαμβάνει τους άξονες, τις ζώνες, τις αλυσίδες, και τα εργαλεία που πρέπει να εγκατασταθούν κατάλληλα και να συντηρηθούν. Το σύστημα μετάδοσης από τον κινητήρα στο φορτίο είναι μια πηγή απωλειών. Αυτές οι απώλειες μπορούν να κυμαίνονται, από 0 μέχρι 45%.

Η άμεση μετάδοση είναι πάντα και η πιο αποτελεσματική. Οι ιμάντες έχουν γενικά χαμηλή απόδοση όταν δεν συντηρούνται τακτικά:

- Οι ιμάντες τύπου - V παρουσιάζουν μέγιστη απόδοση περίπου 95% με 98%. Όταν δεν συντηρούνται η απόδοση τους πέφτει κοντά στο 93%.
- Οι οδοντωτοί ιμάντες έχουν απόδοση περίπου 2% υψηλότερη από τους τύπου V.
- Οι ιμάντες συγχρονισμού είναι οδοντωτοί και απαιτούν την τοποθέτηση οδηγών κίνησης. Μπορούν να έχουν υψηλή απόδοση της τάξης του 98% και να την διατηρούν.



Εικόνα: 7.3: Μετάδοση κίνησης με ιμάντα τύπου V. **Πηγή:** www.koenigag.ch

7.9.1.4 Επισκευή και Συντήρηση

Η περιέλιξη του κινητήρα χρησιμοποιείται συχνά στη βιομηχανία. Είναι οικονομικότερη σε κόστος και σε χρόνο. Εντούτοις, η περιέλιξη του κινητήρα μπορεί να μειώσει την απόδοσή του περισσότερο από 1% (μερικές φορές μέχρι 4%).

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη διαδικασία επισκευής και στην εταιρεία επισκευής. Το συνολικό κόστος ενός καινούργιου κινητήρα μπορεί να αντισταθμιστεί γρήγορα από την καλύτερη ενεργειακή του απόδοσή. Οι επιλογές αντικατάστασης ή επισκευής του κινητήρα πρέπει να μελετηθούν ώστε να ληφθούν οι σωστές αποφάσεις. Παραδείγματος χάριν, κινητήρες μικρότεροι των 5 kW πρέπει να αντικαθίστανται πάντα, κινητήρες μεγαλύτεροι από 30 kW μπορούν να επισκευάζονται με την διαδικασία της περιέλιξης, ενώ για τους κινητήρες μεταξύ 5 και 30 kW οι αποφάσεις πρέπει να λαμβάνονται κατά περίπτωση.

7.9.1.5 Κινητήρες Μεταβλητών Ταχυτήτων

Η ρύθμιση της ταχύτητας των κινητήρων μέσω της χρήσης ειδικών ρυθμιστών VSD, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας που συνδέεται με τον καλύτερο έλεγχο της διεργασίας, τη μικρότερη φθορά στο μηχανικό εξοπλισμό, και το λιγότερο θόρυβο. Όταν τα φορτία ποικίλλουν, ο κινητήρας VSD μπορεί να μειώσει την ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας. Ιδιαίτερα στις εφαρμογές φυγοκεντρικών αντλιών, συμπιεστών και ανεμιστήρων η μείωση είναι της τάξης του 20 με 50%.

7.9.2 ΑΝΤΛΙΕΣ

7.9.2.1 Εισαγωγή

Πρόσφατες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ προσδιόρισαν την κατανάλωση των συστημάτων που χρησιμοποιούν κινητήρες κοντά στο 20% της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα άντλησης αντιπροσωπεύουν το 22 με 25% της ηλεκτρικής κατανάλωσης των συστημάτων που χρησιμοποιούν κινητήρες, δηλαδή κατά προσέγγιση το 4% της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται από ένα σύστημα εξαρτώνται από το σχεδιασμό της αντλίας, το σχέδιο της εγκατάστασης και τον τρόπο που χρησιμοποιείται. Οι δύο κύριες κατηγορίες αντλιών είναι οι φυγοκεντρικές και οι αξονικές, οι πρώτες αντιπροσωπεύουν το 73% των εφαρμογών αντλιών και διαθέτουν τη μέγιστη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας. Κατά συνέπεια αυτός ο οδηγός ασχολείται μόνο με τις φυγοκεντρικές αντλίες.

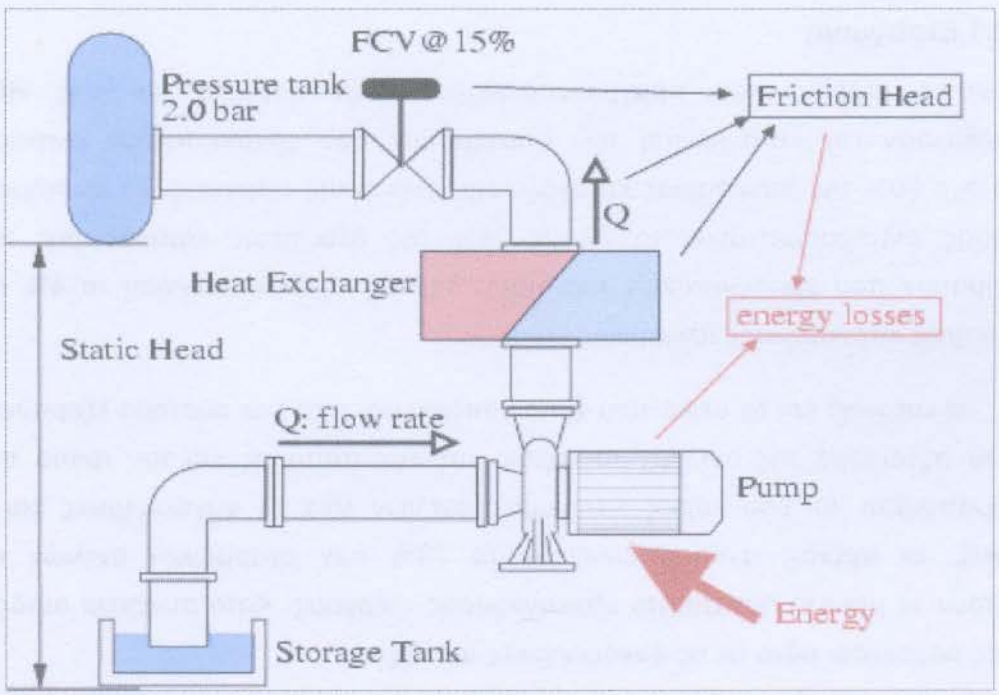
Πίνακας 7.9: Δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στις αντλίες.

Μέτρα Εξοικονόμησης	Δυνατότητα Εξοικονόμησης
Επιλογή αντλίας υψηλής απόδοσης	3 %
Επιλογή αντλίας κατάλληλου μεγέθους	4 %
Καλύτερη εγκατάσταση – συντήρηση	3 %
Καλύτερος σχεδιασμός συστημάτων	10 %
Καλύτερος έλεγχος συστημάτων	20 %
Συνολική Δυνατότητα Εξοικονόμησης	**40 %**

Πηγή: www.koenigag.ch

Ο σχεδιασμός των αντλιών μπορεί να είναι απλός ή περίπλοκος. Για να επιτευχθεί οικονομική διαχείριση, είναι πραγματικά σημαντικό να εξεταστεί η κατανάλωση ενέργειας του συστήματος και να ελαχιστοποιηθεί. Οι ακόλουθες παράμετροι πρέπει να εξεταστούν:

- Επιλογή αντλιών.
- Σχεδιασμός σωληνώσεων.
- Έλεγχος συστημάτων.



Εικόνα 7.4: Παράδειγμα κυκλώματος άντλησης καθώς και της αντίστοιχης ενεργειακής κατανάλωσης αυτού. **Πηγή:** www.koenigag.ch

7.9.2.2 Επιλογή Αντλίας

Η επιλογή αντλιών στηρίζεται στην κατανόηση των συστημάτων άντλησης. Η αντλία είναι η καρδιά ενός συστήματος άντλησης. Ο τύπος και το σχέδιο ποικίλουν από διεργασία σε διεργασία και από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Πολλές φορές ωστόσο η επιλογή καθορίζεται από το ρευστό που αντλείται, το δίκτυο και την εφαρμογή.

Προκειμένου να επιτευχθεί μια αποδοτική άντληση, η επιλογή της αντλίας πρέπει να είναι ακριβής και το σύστημα και να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σημείο βέλτιστης απόδοσης (BEP) όπως υποδεικνύεται παρακάτω.

Υπολογίζεται ότι το 75% των συστημάτων άντλησης είναι υπερδιαστασιολογημένα.

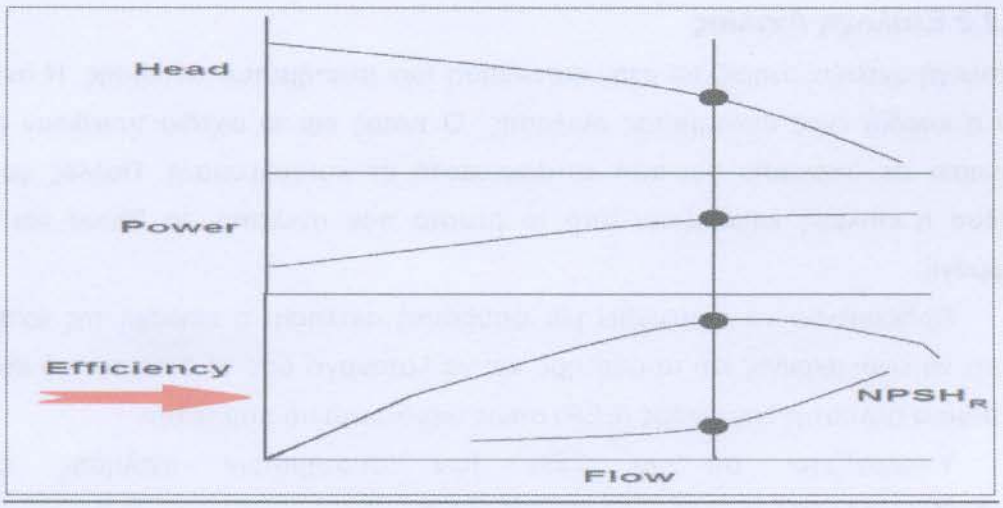
Κατά την λανθασμένη επιλογή μιας αντλίας, έχουμε:

- Σπατάλη ενέργειας μέχρι 20%
- Αύξηση της συντήρησης όταν η λειτουργία γίνεται μακριά από το BEP
- Μεγαλύτερο κόστος κτήσης

Όταν έχουν ήδη εγκατασταθεί μεγαλύτερες αντλίες, το ενδεχόμενο αντικατάστασης τους θα πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά. Η απόδοση και η αποτελεσματικότητα των αντλιών επιδεινώνονται κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η αποκατάσταση των εσωτερικών εναποθέσεων μειώνει τις απώλειες ενέργειας και αυξάνει τη διάρκεια ζωής τους.

Το σύστημα σωληνώσεων επηρεάζει σημαντικά την απόδοση των αντλιών. Με την αύξηση της διαμέτρου των σωλήνων μειώνετε αυτόματα η ενέργεια που απαιτείται για την άντληση του ρευστού μέσω του συστήματος.

Προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια οι ακόλουθες επιλογές πρέπει να εξεταστούν: Κλείσιμο των περιττών αντλιών, έλεγχος με ρυθμιστική βαλβίδα, δημιουργούνται βέβαια κάποιες ενεργειακές απώλειες, οι οποίες είναι όμως μικρότερες από αυτές χωρίς καθόλου έλεγχο ή από αυτές με τη χρήση by pass. Οι κινητήρες μεταβλητών ταχυτήτων (VSD), παρουσιάζουν την καλύτερη απόδοση σε συνθήκες μεταβλητού φορτίου. Το κόστος αγοράς τους είναι υψηλότερο αλλά οι λειτουργικές δαπάνες σε μεταβλητό φορτίο αρκετά χαμηλότερες. Έτσι η επιλογή VSD πρέπει να εξεταστεί σε όλες τους κινητήρες από ένα κρίσιμο μέγεθος και άνω.



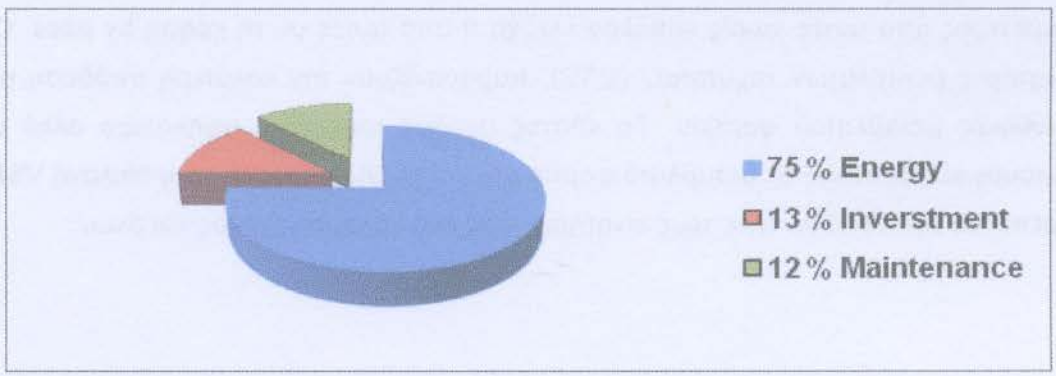
Διάγραμμα 7.4: Ενεργειακή κατανάλωση /Ροή. **Πηγή:** www.koenigag.ch

7.9.3 ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟΣ ΑΕΡΑΣ

Η χρήση συμπιεσμένου αέρα στις βιομηχανίες και στις υπηρεσίες αποτελεί κοινή πρακτική, από τότε που η παραγωγή, ο χειρισμός και η χρήση του είναι ασφαλής και εύκολη. Εν τούτοις, ο συμπιεσμένος αέρας είναι ακριβός, κοστίζοντας από 0,6 με 6 λεπτά ανά Nm³. Η ενεργειακή απόδοση πολλών συστημάτων συμπιεσμένου αέρα είναι χαμηλή. Απλές ενέργειες μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση της τάξης του 5 με 50 %.

7.9.3.1 Εξοικονόμηση Ενέργειας

Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι δυνατή, στην παραγωγή και στην επεξεργασία του συμπιεσμένου αέρα, στα δίκτυα μεταφοράς, στη τελική χρήση των συσκευών, στο σχεδιασμό των συστημάτων και στη λειτουργία τους.



Διάγραμμα 7.5: Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. **Πηγή:** www.koenigag.ch

Υπάρχουν πολλά είδη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, που εξαρτώνται από το κόστος και το μέγεθος της επέμβασης:

- Χειρισμός και Συντήρηση (χαμηλό κόστος).
- Νέο Σύστημα Συμπιεσμένου Σέρα (υψηλό κόστος).

Σε πολλά συστήματα συμπιεσμένου αέρα, υπάρχουν απλά μέτρα, χαμηλού κόστους που μπορούν να μειώσουν ουσιαστικά την κατανάλωση ενέργειας.

Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να είναι:

- Η μείωση των διαρροών μπορεί να εξοικονομήσει έως 50% ετησίως.
- Η βελτιστοποίηση των συσκευών τελικής χρήσης έως 50% ετησίως.
- Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας των συστημάτων έως 20% ετησίως.
- Η βελτιστοποίηση του δικτύου διανομής αέρα έως 15% ετησίως.
- Η βελτιστοποίηση του φιλτραρίσματος και της ξήρανσης έως 5% ετησίως.
- Η ανάκτηση και η χρήση της θερμότητας των αποβλήτων έως 20% ετησίως.
- Η βελτιστοποίηση του αεραγωγού εισαγωγής έως 2% ετησίως.
- Η βέλτιστη επιλογή και συντήρηση των συμπιεστών έως 15%.
- Η εφαρμογή ενεργειακής πολιτική μπορεί να βελτιστοποιήσει ολόκληρο το σύστημα συμπιεσμένου αέρα. Στη μέση επιχείρηση η εφαρμογή μίας τέτοιας πολιτικής μπορεί να πετύχει ετήσια εξοικονόμηση έως και 30%.

7.9.3.2 Ανίχνευση Διαρροών

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του συμπιεσμένου αέρα είναι ότι οι διαρροές είναι αόρατες και προκαλούν ελάχιστη ή καμία ζημία. Είναι ακριβώς για αυτόν τον λόγο, ότι πολλά συστήματα είναι "τρύπια". Οι διαρροές αέρα μπορούν να σπαταλούν μέχρι και 50% της κατανάλωσης ενέργειας συστημάτων συμπιεσμένου αέρα. Η μείωση των διαρροών αέρα είναι το πρώτο, και σημαντικότερο, μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας. Σπάνια οι εταιρείες συνειδητοποιούν τη σημασία ενός συστηματικού προγράμματος ανίχνευσης διαρροών, εν μέρει επειδή οι διαρροές αέρα είναι αόρατες, και δεν προκαλούν γενικά καμία ζημία. Ένα απλό και αποτελεσματικό, πρόγραμμα ανίχνευσης διαρροών πραγματοποιείται θέτοντας σε λειτουργία τον συμπιεστή μια ημέρα, όπου οι εγκαταστάσεις δεν είναι σε λειτουργία, και περπατώντας γύρω - γύρω το δίκτυο για να ακουστούν οι διαρροές. Ένα είδος σαπουνιού και μια βούρτσα χρωμάτων μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό των διαρροών. Μετά τον εντοπισμό, οι διαρροές θα πρέπει να σημειωθούν και να επισκευαστούν το συντομότερο δυνατόν.

7.9.3.3 Βέλτιστη Λειτουργία

Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας των υπαρχουσών εγκαταστάσεων συμπιεσμένου αέρα είναι συχνά ένας εύκολος, χαμηλού κόστους τρόπος μείωσης των ενεργειακών δαπανών. Η βασική αρχή είναι η χρήση του υπάρχοντος εξοπλισμού για την ικανοποίηση των αναγκών των διεργασιών, αποφεύγοντας τις άσκοπες υπερπιέσεις και ώρες λειτουργίας.

Η πίεση του συστήματος πρέπει να καθορίζεται σύμφωνα με τις ακριβείς ανάγκες του εξοπλισμού τελικής χρήσης και όχι παραπάνω. 1 bar υπερπίεσης αντιστοιχεί σε 14% σπατάλη ενέργειας.

7.9.3.4 Ακριβής έλεγχος

Ο ακριβής έλεγχος εξαλείφει την παραπάνω ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή αέρα σε μια πίεση υψηλότερη από αυτή που απαιτείται, μειώνει τη διαρροή μέσω της χαμηλότερης πίεσης στο σύστημα διανομής, εξαλείφει σε πολλές περιπτώσεις την ανάγκη για ενέργεια στους ρυθμιστές πίεσης στις συσκευές τελικής χρήσης και μειώνει τη φθορά λόγω χρήσης του συμπιεστή.

7.9.3.5 Απενεργοποίηση των συμπιεστών όταν δεν είναι σε χρήση

Η άσκοπη λειτουργία των συμπιεστών είναι μια σπατάλη που αποφεύγεται εύκολα. Σε πολλές εγκαταστάσεις, οι συμπιεστές μπορούν να αρχίσουν 1/2 ώρα προτού την έναρξη της παραγωγής, και να κλείσουν 1/2 ώρα μετά την λήξη της. Η χρήση ενός χρονομέτρου μπορεί να αυτοματοποιήσει αυτήν την διαδικασία.

7.9.3.6 Πολλαπλά επίπεδα πίεσης

Υπάρχουν οικονομικές εναλλακτικές λύσεις στον καθορισμό της πίεσης σε υψηλό επίπεδο για όλο το σύστημα. Εάν η ανάγκη για αέρα υψηλής πίεσης περιορίζεται σε μερικές, μικρές συσκευές, η χρήση ενισχυτών πίεσης, ή μικρών ηλεκτρικών συμπιεστών υψηλής πίεσης πρέπει να εξετάζεται. Εάν η ανάγκη για αέρα υψηλής πίεσης είναι σημαντική, η χρήση ξεχωριστών συστημάτων υψηλής και χαμηλής πίεσης μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτική.

7.9.3.7 Έλεγχοι συμπιεστών

Πολλοί τύποι συστημάτων ελέγχου είναι διαθέσιμοι, απλοί ή περίπλοκοι. Το σύστημα ελέγχου πρέπει να είναι σε θέση να πραγματοποιεί ρύθμιση της πίεσης της τάξεως του 1/2 bar, το πολύ. Τα συστήματα ελέγχου υψηλής απόδοσης ρυθμίζουν την πίεση σε ακόμα μικρότερη τάξης μεγέθους.

7.9.3.8 Ανάκτηση θερμότητας

Μόνο το 5% της ενέργειας που παρέχεται σε έναν συμπιεστή μέσω του άξονα κίνησης απαιτείται για την πραγματική αύξηση της πίεσης. Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με ένα βελτιστοποιημένο σύστημα ανάκτησης θερμότητας. Η θερμότητα είναι συνήθως διαθέσιμη στους 50 με 60 °C για αερόψυκτες και μέχρι 90 °C για υγρόψυκτες συσκευές. Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διεργασίες ξήρανσης, προθέρμανσης αέρα και στη θέρμανση χώρων αποθήκευσης και παραγωγής, κ.λπ.

7.9.3.9 Μεταβλητό φορτίο

Ένας εκφορτωμένος συμπιεστής καταναλώνει συνήθως 40% της ισχύος πλήρους φορτίου. Οι συχνοί κύκλοι παύσης-έναρξης προκαλούν υπερβολική φθορά στα μηχανικά μέρη. Οι λύσεις για το χειρισμό μεταβλητών αναγκών συμπιεσμένου αέρα περιλαμβάνουν:

- μηχανικές συσκευές (ανάλογα με τον τύπο συμπιεστή και τον κατασκευαστή) που μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας μερικού φορτίου.
- στα πολλαπλά συστήματα συμπιεστών, "ευφυείς" έλεγχοι σε συνδυασμό με τις μηχανές διάφορων μεγεθών, για να μειώσουν την ανακύκλωση
- ηλεκτρονικοί έλεγχοι για την ρύθμιση της ταχύτητας και της παραγωγής.

7.9.3.10 Ρύθμιση της λειτουργίας των συστημάτων

Μια πτώση πίεσης κατά 0,5 bar στα φραγμένα φίλτρα αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας κατά 7%, Τα τακτικά μεταβαλλόμενα φίλτρα, ίσως με τη βοήθεια του αυτόματου εξοπλισμού πτώσης πίεσης, θα μπορούσαν να εξοικονομήσουν χρήματα. Επιπλέον, η μη αναγκαία διήθηση, προκαλεί μεγαλύτερη πτώση πίεσης και πιο άμεση απόφραξη των φίλτρων.

7.9.3.11 Σχεδιασμός νέου συστήματος συμπιεσμένου αέρα

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός νέου συστήματος συμπιεσμένου αέρα, από το πιο σημαντικό στο λιγότερο σημαντικό είναι:

- Αξιοπιστία συστήματος. Η απώλεια συμπιεσμένου αέρα σε εγκαταστάσεις παραγωγής σημαίνει χαμένη παραγωγή. Μια ημέρα χαμένης παραγωγής μπορεί να κοστίσει πολλές φορές την αξία ενός συστήματος συμπιεσμένου αέρα.
- Ποιότητα του συμπιεσμένου αέρα. Σε πολλές βιομηχανικές διεργασίες, η ποιότητα του αέρα είναι σημαντική: ο βρώμικος αέρας, ή ο αέρας σε ακατάλληλη πίεση, μπορεί να βλάψει την ποιότητα των προϊόντων, μπορεί να φθείρει τα εργαλεία και τον εξοπλισμό, οδηγώντας σε απώλεια παραγωγής.
- Κόστος κύκλου ζωής. Ο συμπιεσμένος αέρας είναι κατάλληλος αλλά ακριβός. Το κόστος λειτουργίας είναι σχεδόν πάντα αρκετές φορές μεγαλύτερο του αρχικού κόστους του συστήματος.
- Αρχικό κόστος. Αυτό θα πρέπει να είναι το λιγότερο σημαντικό κριτήριο επιλογής για ένα σύστημα συμπιεσμένου αέρα. Εάν η επιχείρηση χρησιμοποιεί διαδικασίες προμήθειας που δεν λαμβάνουν υπόψη την αξιοπιστία, την ποιότητα και το κόστος λειτουργίας, αυτές οι εταιρείες σχεδόν βέβαια σπαταλούν χρήματα.

7.9.3.12 Καθορισμός αναγκών συστήματος

Οι απαιτήσεις πρέπει να καθοριστούν ποσοτικά κυβικοί μετρητές αέρα, σε μέση και στιγμιαία βάση και ποιοτικά ανώτερο όριο για τα σωματίδια, το λάδι ή το νερό στον αέρα.

7.9.3.13 Σύγκριση εναλλακτικών συστημάτων

Από την άποψη της ενεργειακής απόδοσης είναι σημαντικό να εξεταστούν:

- Τελική χρήση. Εξέταση εναλλακτικών λύσεων για ορισμένες συσκευές τελικής χρήσης υψηλής κατανάλωσης αέρα. Σε σταθερές εφαρμογές οι υδραυλικές ή οι ηλεκτρικές συσκευές μπορούν μερικές φορές να αντικαταστήσουν τους μηχανισμούς κίνησης συμπιεσμένου αέρα. Ο καθαρισμός των τμημάτων, η

μεταφορά υλών μπορούν μερικές φορές να γίνουν με φυσητήρες χαμηλής πίεσης (1,5 με 2 bar), πιο οικονομικά απ ότι με το συμπιεσμένο αέρα.

- Πίεση συστημάτων. Εάν πολλές συσκευές απαιτούν υψηλή πίεση (πάνω από 6 bar) μια λύση 2 επιπέδων πίεσης πρέπει να μελετηθεί. Εναλλακτικά, για μερικές συσκευές, οι τοπικοί συμπληρωματικοί συμπιεστές πρέπει να εξεταστούν.
- Σύστημα Διανομής: Το σύστημα διανομής πρέπει να διαστασιολογηθεί ώστε η πτώση πίεσης να περιορίζεται σε 0,5 bar.
- Κλιματισμός. Ο αέρας πρέπει να φιλτράρεται και να ξηραίνεται στο επίπεδο που απαιτείται από τη διαδικασία παραγωγής και από τις κλιματολογικές συνθήκες.
- Επιλογή συμπιεστών. Υπάρχει ευρεία δυνατότητα επιλογής συμπιεστών. Για εφαρμογές βαριάς χρήσης (π.χ. πάνω από 3000 ώρες ετησίως), οι συμπιεστές 2 βαθμίδων είναι 15% αποδοτικότεροι. Εάν οι ανάγκες συμπιεσμένου αέρα μεταβάλλονται αρκετά, ένας τύπος συμπιεστή κατάλληλος για μεταβαλλόμενο φορτίο πρέπει να επιλέγεται.
- Ανάκτηση θερμότητας. Εάν η μονάδα έχει θερμικές απαιτήσεις χαμηλής θερμοκρασίας, η θερμότητα που παράγεται από τον συμπιεστή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί. Όλες οι επιλογές πρέπει να αξιολογούνται με θεώρηση κύκλου ζωής.
- Προδιαγραφές συστημάτων. Οπουδήποτε χρειάζεται θα πρέπει να δίνονται οδηγίες για την κατανάλωση ενέργειας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί σε:
  - Πίεσης συστήματος. Τα συστήματα ελέγχου υψηλής απόδοσης πρέπει να σε θέση να ρυθμίζουν την πίεση σε ένα εύρος μικρότερο των 0,5 bar.
  - Σύστημα διανομής. Θα πρέπει να περιλαμβάνει βαλβίδες απομόνωσης των μηχανών και των ζωνών που δεν βρίσκονται σε λειτουργία.
  - Κλιματισμός. Δεδομένου ότι η κατανάλωση ενέργειας ποικίλλει πολύ, πρέπει να δοθεί προσοχή στην επιλογή του τύπου ξηραντήρα αέρα.
  - Εξοπλισμός Παρακολούθησης. Ο μετρητικός εξοπλισμός κατανάλωσης ενέργειας, ροής αέρα, συμπεριλαμβανομένων των συσκευών και του λογισμικού καταγραφής και ελέγχου, πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά ώστε η ενεργειακή απόδοση να παρακολουθείται διαρκώς.

7.9.3.14 Αγορά και Εγκατάσταση Συστήματος

Οι διαδικασίες υποβολής προσφορών ή αγορών πρέπει να λαμβάνουν υπόψη το ενεργειακό κόστος χρήσης. Εάν το σύστημα εγκαθίσταται από προσωπικό της εταιρείας, οι υπηρεσίες ενός καταρτισμένου συμβούλου ενδέχεται να είναι χρήσιμες στην επίβλεψη των εργασιών. Εάν χρησιμοποιείται εξωτερικό συνεργείο, θα πρέπει να ελεγχθεί η εμπειρία του στα στις εγκαταστάσεις συστημάτων συμπιεσμένου αέρα.

Ένα συστηματικό πρόγραμμα ανίχνευσης διαρροών, με περιοδική επιθεώρηση και αλλαγή φίλτρων πρέπει να εφαρμόζεται. Κατάλληλες εκθέσεις κατανάλωσης ενέργειας πρέπει να υποβάλλονται περιοδικά σε άτομα κλειδιά της επιχείρησης.

Η ορθή εφαρμογή των προγραμμάτων λειτουργίας και συντήρησης των εγκαταστάσεων διασφαλίζεται από τη συστηματική εκπαίδευση και παρακίνηση του προσωπικού. Το σύστημα συμπιεσμένου αέρα πρέπει να επιτηρείται από κατάλληλο άτομο που θα του έχουν ρητά ανατεθεί η αρμοδιότητα αυτή και ιδιαίτερα η παρακολούθηση της ενεργειακής κατανάλωσης και δαπάνης.

7.9.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ HVAC

7.9.4.1 Κλιματισμός

Ο κλιματισμός ελέγχει το περιβάλλον εργασίας προκειμένου να διατηρείται η θερμοκρασία και τα επίπεδα υγρασίας σε καθορισμένα όρια. Οι συνθήκες ρυθμίζονται είτε για τους ανθρώπους είτε για τις διαδικασίες. Ένα σύστημα κλιματισμού πρέπει διαχειρίζεται μια μεγάλη ποικιλία ενεργειακών εισροών και εκροών στο κτήριο που χρησιμοποιείται.

Η απόδοση του συστήματος είναι σημαντικό να διατηρείται σε κατάλληλη ενεργειακή ισορροπία. Διαφορετικά το κόστος λειτουργίας αυξάνεται σημαντικά. Το σύστημα θα λειτουργήσει κατάλληλα εάν συντηρείται και λειτουργείται σωστά.

Η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα του κλιματισμού ποικίλει πολύ ανάλογα με: το σχέδιο του συστήματος, τη μέθοδο λειτουργίας, τη συντήρηση των συστημάτων ελέγχου, την παρακολούθηση του συστήματος και την ικανότητα των χειριστών. Οι βασικές τεχνικές για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας ενός συστήματος κλιματισμού παρουσιάζονται συνοπτικά στους ακόλουθους τίτλους:

- Λειτουργία του συστήματος μόνο όταν και όσο χρειάζεται.
- Ακριβής ρύθμιση συστήματος για την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών.
- Ελαχιστοποίηση αέρα αναπλήρωσης και αέρα απόρριψης.
- Ανάκτηση της ενέργειας.

- Συντήρηση του εξοπλισμού.

Τα συστήματα κλιματισμού, συμπεριλαμβανομένων των μηχανών ψύξης, τις αντλίες, και των πύργων ψύξης, πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν χρειάζονται είτε για την επίτευξη συνθηκών άνεσης για τους εργαζομένους, είτε για την εξασφάλιση των επιθυμητών συνθηκών για την παραγωγή των προϊόντων. Δεν είναι ασυνήθιστο συστήματα κλιματισμού να λειτουργούν συνεχώς. Η μείωση των ωρών λειτουργίας στις απαραίτητες και μόνο μειώνει σημαντικά την κατανάλωση ηλεκτρισμού είτε για ψύξης είτε για θέρμανση.

7.9.4.2 Κύκλος Εξοικονομητών

Πολλά συστήματα κλιματισμού λειτουργούν με ένα σταθερό ελάχιστο ποσό ατμοσφαιρικού αέρα. Το μηχανικό φορτίο ψύξης σε αυτά τα συστήματα μπορεί να μειωθεί με την τροποποίηση του συστήματος για να χρησιμοποιεί τον ατμοσφαιρικό αέρα μέχρι 100% της ροής του αέρα ανεφοδιασμού. Αυτό αναφέρεται ως κύκλος εξοικονομητών. Όταν ο εξωτερικός αέρας είναι θερμότερος από τον αέρα επιστροφής μόνο μία ελάχιστη ποσότητα εξωτερικού αέρα απαιτείται για να φρεσκάρει τον αέρα τροφοδοσίας.

7.9.4.3 Ελαχιστοποίηση αέρα αναπλήρωσης και αέρα απόρριψης

Η ποσότητα αέρα αναπλήρωσης εξαρτάται από τα παρακάτω:

1. Εξαερισμός ανάλογα με τα άτομα.
2. Ποσότητα αέρα που απορρίπτεται.
3. Αντιστάθμιση φιλτραρίσματος.

7.9.4.4 Ελαχιστοποίηση Ποσότητας Αέρα Τροφοδοσίας

- Φορτίο θέρμανσης ή /και ψύξης.
- Θερμοκρασία αέρα τροφοδοσίας.
- Απαιτήσεις εξαερισμού – Εναλλαγές αέρα.

Ο σχεδιασμός συστημάτων απαιτεί το ποσό αέρα τροφοδοσίας να παρέχει μια εναλλαγή αέρα κάθε 5 έως 10 λεπτά. Η μείωση της ροής αέρος μειώνει την ιπποδύναμη των ανεμιστήρων και την κατανάλωση ενέργειας. Για το σκοπό αυτό

χρησιμοποιούνται ρυθμιστικά dampers και συστήματα ρύθμισης ταχυτήτων ανεμιστήρων.

7.9.4.5 Ανάκτηση Ενέργειας

Η χρήση εναλλακτών θερμότητας αέρα-αέρα επιτρέπει την ανταλλαγή της ενέργειας μεταξύ του ρεύματος απόρριψης και αναπλήρωσης αέρα. Πολλοί από τους εναλλάκτες επιτρέπουν την ανταλλαγή μόνο της αισθητής θερμότητας ενώ μερικοί επιτρέπουν την ανταλλαγή και της λανθάνουσας θερμότητας (συνολική θερμότητα). Η απόδοση της ανάκτησης των εναλλακτών θερμότητας ποικίλλει από 55 έως 90%, ανάλογα με τον τύπο.

7.9.4.6 Συντήρηση Εξοπλισμού

Η κατάσταση της μονάδας διαχείρισης αέρα είναι σημαντική για την αποδοτική της λειτουργία. Τα φίλτρα πρέπει να καθαρίζονται ή να αντικαθίστανται μόλις προκαλείται η μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση πίεσης μετά το φίλτρο. Εάν δημιουργηθεί εμπόδιο λόγω ακαθαρσιών σε ένα σημείο, η πτώση πίεσης υπερβαίνει τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, και αυξάνεται αντίσταση του συστήματος και μειώνεται το αποτέλεσμα του ανεμιστήρα. Πρέπει να ελέγχεται η καθαρότητα και η στεγανότητα του συστήματος, ώστε να μεγιστοποιείται το αποτέλεσμα της λειτουργίας των ανεμιστήρων.

7.9.5 ΑΕΡΙΣΜΟΣ

7.9.5.1 Εισαγωγή

Πολλές διεργασίες απαιτούν τον αερισμό για να ελέγχουν το επίπεδο σκόνης, αερίων, καπνών ή ατμών. Όλος ο αέρας που απορρίπτεται πρέπει να αντικαθιστάται με ατμοσφαιρικό αέρα. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης ο αέρας πρέπει να θερμανθεί στη θερμοκρασία δωματίου. Όταν απαιτείται θερμότητα για την κάλυψη των αναγκών διεργασιών ο υπερβολικός αερισμός προκαλεί επιπλέον απώλειες.

7.9.5.2 Απώλειες

Οι απώλειες αέρα από τα κτίρια είναι αναπόφευκτες. Ο αέρας που θερμάνθηκε διαρρέει αργά μέσω των χαραμάδων γύρω από τα παράθυρα, τις πόρτες και τους αγωγούς.

7.9.5.3 Απόρριψη Αέρα Υψηλής Θερμοκρασίας

Στην περίπτωση απόρριψης αέρα υψηλής θερμοκρασίας, η απώλεια ενισχύεται από τις υψηλότερες θερμοκρασίες είτε του ξηρού αέρα είτε του μίγματος αέρας-ύδατος. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης, αυτή η απώλεια περιλαμβάνει επίσης τη θέρμανση μιας ισοδύναμης ποσότητας αέρα αναπλήρωσης στη θερμοκρασία δωματίου πριν από την περαιτέρω θέρμανση στη θερμοκρασία απόρριψης.

7.9.5.4 Ισορροπία Ροών Αέρα

Πολύ συχνά κανένα μέτρο δεν λαμβάνεται για την επαρκή παροχή του αέρα αναπλήρωσης. Εκτός της δυνατότητα ικανοποιητικής μείωσης της απόρριψης ώστε να ισορροπηθεί η προσφορά και η ζήτηση αέρα, η καλύτερη πρακτική είναι να προστεθούν περισσότερες μονάδες αέρα αναπλήρωσης για την παροχή θερμαινόμενου αέρα σε ποσότητα ανάλογη με αυτή που απορρίπτεται. Ενώ αυτό θα συμβάλει εν μέρη στην ενεργειακή εξοικονόμηση, συγχρόνως θα περιορίσει τα προβλήματα που συνδέονται με την υποπίεση. Το προσωπικό της εγκατάστασης πρέπει να ελέγχει όλες τις απορρίψεις για να καθορίσει εάν οι απώλειες μπορούν να μειωθούν ή να εξαλειφθούν.

Τα μέτρα από μπορούν να ληφθούν για την μείωση των απωλειών απόρριψης είναι:

- Απενεργοποίηση ανεμιστήρων όταν ο εξοπλισμός δεν λειτουργεί.
- Μείωση αέρα απόρριψης στο ελάχιστο που απαιτείται για τον αερισμό.
- Μείωση της θερμοκρασίας.
- Ανάκτηση απορριπτόμενου αέρα
- Απενεργοποίηση των Ανεμιστήρων

Η πιο προφανής ενέργεια βελτίωσης είναι η απενεργοποίηση οποιουδήποτε ανεμιστήρα που δεν χρειάζεται. Οι ανεμιστήρες μπορούν επίσης να μη θέτονται σε

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

λειτουργία κατά τη διάρκεια των περιόδων μη-παραγωγής, όπως τα βράδια ή τα Σαββατοκύριακα.

7.9.5.5 Μείωση Ποσότητας Αέρα

Το επόμενο βήμα είναι να μειωθεί ο ρυθμός απόρριψης στο ελάχιστο αλλά επαρκές ποσό. Κάποια μείωση του υπάρχοντος ρυθμού είναι δυνατή επειδή:

- Ο ρυθμός απόρριψης μπορεί να είχε προσδιοριστεί με μεγάλο περιθώριο ασφάλειας όταν οι ενεργειακές δαπάνες δεν θεωρούνται σημαντικές.
- Ο ρυθμός απόρριψης μπορεί να είχε αυξηθεί με σκοπό να επιλύσει ένα προσωρινό πρόβλημα που δεν υπάρχει πλέον.
- Οι ρυθμοί απόρριψης μπορεί να έχουν ρυθμιστεί ώστε να ικανοποιήσουν την πιο ακραία ανάγκη, η οποία μπορεί να είναι μακριά από την κανονική λειτουργία.

7.9.5.6 Βελτίωση Σχεδιασμού Καλύμματος

Συχνά, ένα από τα ευκολότερα μέσα ώστε να μειωθεί ο όγκος του αέρα εξάτμισης είναι ο σχεδιασμός ενός κατάλληλου καλύμματος. Σε πολλές περιπτώσεις εξίσου αποτελεσματικός αερισμός μπορεί να επιτευχθεί με μικρότερη απόρριψη με απλή βελτίωση των καλυμμάτων απόρριψης. Το αποτέλεσμα είναι πιο μικρή κατανάλωση ενέργειας στους ανεμιστήρες και μικρότερες απώλειες θερμότητας. Γενικά, τα αποτελεσματικότερα σχέδια καλυμμάτων είναι εκείνα που περιβάλλουν εντελώς την πηγή εκπομπής με τις ελάχιστες διόδους στη γύρο περιοχή. Παρακάτω είναι μερικές οδηγίες για το βέλτιστο σχεδιασμό καλυμμάτων.

7.9.5.7 Τοποθέτηση φλάντζας

Η προσθήκη των φλαντζών εξαλείφει τη ροή αέρα από τις αναποτελεσματικές ζώνες όπου κανένας μολυσματικός παράγοντας δεν υπάρχει. Οι απαιτήσεις αέρα μπορούν να μειωθούν τουλάχιστον 25% με την ενσωμάτωση των φλαντζών στο σχεδιασμό των καλυμμάτων.

7.9.5.8 Ταχύτητα Σύλληψης

Η ροή αέρα μετά από την πηγή πρέπει να είναι επαρκής για να συλλάβει το μολυσματικό παράγοντα. Εντούτοις, εάν δεν χρησιμοποιείται κανένα πρότυπο, η κατάλληλη ταχύτητα ή ο όγκος σύλληψης πρέπει να καθοριστούν για να αποφευχθεί η περιττή απόρριψη.

7.9.5.9 Μεγάλα Ανοίγματα

Όπου τα ανοίγματα απόρριψης είναι μεγάλα σε μέγεθος, το κάλυμμα μπορεί να γίνει αποτελεσματικότερο με την ενσωμάτωση πολλαπλών διακόπτων, ανοιγμάτων με αυλάκια, διαφράγματα, κ.λ.π. Τα καλύμματα με αυτά τα χαρακτηριστικά παρέχουν πιο ομοιόμορφη ροή πέρα από την περιοχή που αερίζεται και μειώνουν τις συνολικές απαιτήσεις σε αέρα.

7.9.5.10 Ατμοσφαιρικός Αέρας

Η εισαγωγή ατμοσφαιρικού αέρα όπου είναι δυνατόν στο σημείο απόρριψης μειώνει την ποσότητα του θερμού αέρα που απορρίπτεται. Οι απαιτήσεις θέρμανσης επομένως μειώνονται όταν ο τελικός αέρας που απορρίπτεται περιλαμβάνει και ατμοσφαιρικό αέρα αντί αποκλειστικά θερμό αέρα δωματίου.

7.9.5.11 Ανάκτηση Θερμότητας

Η ανάκτηση θερμότητας από τον αέρα απόρριψης πρέπει να εξετάζεται αφού πρώτα έχουν εξεταστεί όλες οι παραπάνω μέθοδοι.

7.9.6 ΦΩΤΙΣΜΟΣ

7.9.6.1 Εισαγωγή

Οι μονάδες κλωστοϋφαντουργίας είναι μέτριας ενεργειακής έντασης. Η θερμότητα χρησιμοποιείται στις διάφορες διεργασίες και η ηλεκτρική ενέργεια κυρίως στην κίνηση των μηχανημάτων. Παρόλα αυτά ο φωτισμός αντιπροσωπεύει περίπου το 15% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά τα άλλα μέτρα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί μέσω του αποτελεσματικού

φωτισμού. Σε αυτό το σημείο δίνεται έμφαση στον αποτελεσματικό έλεγχο του συστήματος φωτισμού.

Το σύστημα φωτισμού πρέπει να εξασφαλίζει ασφαλείς και αποδοτικές συνθήκες εργασίας, με τη σωστή επιλογή και χρήση λαμπτήρων, φωτιστικών σωμάτων, θέσεων φωτισμού και κατάλληλων στοιχείων ελέγχου. Με τον κατάλληλο συνδυασμό τους επιτυγχάνεται ικανοποιητικός φωτισμός και χαμηλό κόστος.

Επιπλέον οι λύσεις που επιλέγονται πρέπει να είναι τηρούν τους νόμους και τους κανονισμούς για τα κτίρια.

7.9.6.2 Συστήματα ελέγχου φωτισμού

Τα συστήματα ελέγχου φωτισμού είναι ένα σημαντικό μέρος κάθε εγκατάστασης. Μπορούν να έχουν πολλές μορφές, που ποικίλουν από τους απλούς διακόπτες τοίχων στα περίπλοκα ελεγχόμενα από υπολογιστή συστήματα διαχείρισης εγκαταστάσεων. Όποια και αν είναι η μέθοδος, ο στόχος είναι να εξασφαλιστεί η λειτουργία του φωτισμού μόνο όταν είναι απαραίτητη.

Ένας ουσιαστικός στόχος του ελέγχου είναι να αποφευχθεί η περιττή χρήση του φωτισμού κατά την διάρκεια περιόδων όπου είναι επαρκές το φως της ημέρας.

Οι συσκευές ελέγχου περιλαμβάνουν διακόπτες χειρός, υπέρυθρους συσκευές αποστολής σημάτων, ανιχνευτές, χρονικά ρολόγια και αισθητήρες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωριστά ή σε συνδυασμό για να βελτιστοποιήσουν τα οφέλη τους. Εντούτοις όλοι οι λαμπτήρες δεν παρέχουν την πλήρη παραγωγή φωτός τους στιγμιαία, οι περισσότεροι λαμπτήρες εκκένωσης παρουσιάζουν μία υστέρηση μέχρι να αποδώσουν τη μέγιστη φωτεινή τους ισχύ και κάποιοι αυτούς απαιτούν σημαντικά χρονικά διαστήματα μεταξύ διαδοχικών εναύσεων.

7.9.7 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

7.9.7.1 Συντελεστής Ισχύος

Ο χαμηλός συντελεστής ισχύος κοστίζει και δημιουργεί τεχνικά προβλήματα. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας χρεώνουν στους μεγάλους καταναλωτές - πελάτες μια πρόσθετο κόστος όταν ο συντελεστής ισχύος είναι μικρότερος από 0,95. Ο χαμηλός συντελεστής ισχύος μειώνει επίσης την ικανότητα διανομής του ηλεκτρισμού στο σύστημα με την αύξηση της έντασης του ρεύματος και την πρόκληση πτώσεων τάσης. Σε αυτό το σημείο περιγράφεται η έννοια του συντελεστή ισχύος και παρουσιάζονται τρόποι βελτίωσης του, που οδηγούν στη μείωση των δαπανών ηλεκτρικής ενέργειας και στην αύξηση της δυναμικότητας της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Ο χαμηλός συντελεστής ισχύος απαιτεί μια αύξηση στη δυναμικότητα του δικτύου διανομής του ηλεκτρισμού προκειμένου να αντιμετωπιστεί η άεργος ισχύς που προκαλείται από τα επαγωγικά φορτία.

Το ρεύμα που μετριέται με αμπερόμετρο και πολλαπλασιάζεται με την τάση που μετριέται με βολτόμετρο, δίνει τη φαινόμενη ισχύ. Η πραγματική ισχύς είναι ίση με τη φαινόμενη ισχύ επί το συνημίτονο της γωνίας της διαφοράς φάσης μεταξύ της τάσης και του ρεύματος. Ο συντελεστής ισχύος είναι ακριβώς ίσος με το συνημίτονο της γωνίας της διαφοράς φάσης. Ένας τρίτος όρος είναι η άεργος ισχύς. Ο πολλαπλασιασμός της τάσης επί του ρεύματος δίνει τη στιγμιαία ισχύ. Ακόμα και όταν το ρεύμα και η τάση είναι αρνητικά, η ισχύς είναι θετική, καθώς γίνεται πολλαπλασιασμός δύο αρνητικών μεγεθών οπότε το αποτέλεσμα είναι θετικό.

Ωστόσο η διαφορά φάσης αναγκάζει την τάση να είναι μερικές φορές θετική όταν το ρεύμα είναι αρνητικό και αντίστροφα Η φαινόμενη ισχύς μπορεί να θεωρηθεί ως συνολική ανταλλαγή ισχύς μεταξύ του κινητήρα και του ηλεκτροφόρου καλωδίου, η πραγματική ισχύς ως ισχύς που πηγαίνει στον κινητήρα, και η άεργος ισχύς ως συστατικό της φαινόμενης ισχύς που ανταλλάσσεται πέρα δώθε μεταξύ του δικτύου και του κινητήρα.

Η συνολική ή φαινόμενη ισχύς που απαιτείται από μια επαγωγική συσκευή είναι μια σύνθεση των εξής: Πραγματική ισχύς (kW) και άεργος ισχύς που συνδέεται με τα τμήματα που αποθηκεύουν διαδοχικά την ενέργεια και την απελευθερώνουν πίσω στο δίκτυο κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου εναλλασσόμενου ρεύματος (kVAR). Η άεργος ισχύς που απαιτείται από τα επαγωγικά φορτία αυξάνει το ποσό φαινόμενης ισχύς (kVA) στο σύστημα διανομής. Η αύξηση στην φαινόμενη και στην άεργο ισχύ απεικονίζεται με την αύξηση της γωνίας μεταξύ των δύο, αναγκάζοντας τον συντελεστή ισχύος να μειωθεί.

7.9.7.2 Διορθώσεις του Συντελεστή Ισχύος

Μερικές επιτυχείς πρακτικές για τον συντελεστή ισχύος είναι:

- Η εγκατάσταση πυκνωτών στο κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος μειώνει το μέγεθος της άεργου ισχύος.
- Η αντικατάσταση παλιών, μεγάλου μεγέθους κινητήρων με νέους κινητήρες υψηλής απόδοσης και σωστής ισχύος, έχει θετική επίδραση στον συντελεστή ισχύος.
- Οι κινητήρες εκτός φορτίου πρέπει να κλείνουν, γιατί ακόμα και σε αυτή την κατάσταση καταναλώνουν πάνω από το 50% της άεργου ισχύος πλήρους φορτίου.
- Αποφυγή λειτουργίας του εξοπλισμού πάνω από την ονομαστική τάση, καθώς η υπέρταση αυξάνει τον συντελεστή ισχύος.

Οι προμηθευτές πυκνωτών και οι ειδικευμένες εταιρίες εφαρμοσμένης μηχανικής μπορούν να παρέχουν βοήθεια στον προσδιορισμό της βέλτιστης μεθόδου διόρθωσης του συντελεστή ισχύος και της σωστής τοποθέτησης και εγκατάστασης των πυκνωτών στο ηλεκτρικό σύστημα.

Εντούτοις όταν η αρμονική διαταραχή είναι σημαντική οι χαρακτηριστικές τεχνικές ανάλυσης συντελεστή ισχύος υποεκτιμούν την επαγωγική ισχύ και θα υπερεκτιμούν τον συντελεστή ισχύος. Οι υπολογισμοί με βάση τα τρίγωνα ισχύος εκτιμούν με ακρίβεια το συντελεστή ισχύος που μετριέται και τιμολογείται από τις επιχειρήσεις παροχής ρεύματος, υποεκτιμούν όμως τις απώλειες στο δίκτυο διανομής των εγκαταστάσεων. Επιπλέον η αρμονική διαταραχή μπορεί να προκαλέσει ποικίλα άλλα προβλήματα συμπεριλαμβανομένων των επιβλαβών ρευμάτων που προκαλούνται στους πυκνωτές.

7.9.7.3 Τρόποι Αντιμετώπισης Αρμονικών

Μια από τις απλούστερες λύσεις στη μείωση των αρμονικών είναι η τοποθέτηση ενός αντιδραστήρα στην πλευρά εισαγωγής δικτύου ή στη σύνδεση συνεχούς ρεύματος. Αυτός ο αντιδραστήρας ή το πηνίο δεν επιτρέπει στο ρεύμα γρήγορη εναλλαγή. Η προσθήκη αυτού του στοιχείου μπορεί να μειώσει τα επίπεδα των αρμονικών από 20 % μέχρι και 80 %.

Στις περισσότερες περιπτώσεις πέρα από την προσθήκη ενός αντιδραστήρα χρειάζονται και τεχνικές μετρίασης των αρμονικών, όπως τα Παθητικά και τα Ενεργητικά φίλτρα. Ένα παθητικό φίλτρο συμβάλλει στη μείωση των αρμονικών επιτρέποντας το ρεύμα να ρέει κυρίως προς τα βασικά στοιχεία του δικτύου. Τα ενεργά φίλτρα είναι πιο αποτελεσματικά αλλά κοστίζουν αρκετά παραπάνω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχει αποδειχθεί ότι η Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ) αποτελεί το σημαντικότερο βήμα μιας σωστής ενεργειακής πολιτικής. Ιδιαίτερα στον βιομηχανικό τομέα, η ΕΞΕ μπορεί να συμβάλλει σημαντικά: στην ανταγωνιστικότητα και βιωσιμότητα των επιχειρήσεων, στη μείωση των λειτουργικών δαπανών τους, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Επεμβάσεις και έργα εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να γίνουν στις περισσότερες εκ των υφιστάμενων βιομηχανικών μονάδων της χώρας μας, γιατί οι αιτίες που δημιούργησαν τη σπατάλη ενέργειας εξακολουθούν να υφίστανται ακόμα.

Από τα εκατοντάδες έργα ΕΞΕ που έχουν υλοποιηθεί στην χώρα μας, είτε με αυτοχρηματοδότηση είτε μέσα από τα Επιχειρησιακά Προγράμματα Ενέργειας, προκύπτει ότι είναι δυνατόν να μειώσουμε τις ειδικές καταναλώσεις ενέργειας κατά 10 - 15% και κάποιες φορές πάνω από 25%, ενώ η αντίστοιχη οικονομική απόδοση αυτών των επενδύσεων είναι ιδιαίτερα υψηλή.

Η απαιτούμενη τεχνογνωσία για τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας υπάρχει ήδη και στη χώρα μας, ενώ στο συνολικό κόστος των έργων εξοικονόμησης ενέργειας η ελληνική συμμετοχή μπορεί να φθάσει και στο 70%. Είναι, λοιπόν, θέμα υψηλής προτεραιότητας το άμεσο ενεργειακό νοικοκύρεμα των βιομηχανιών και στη συνέχεια να πάμε σε αντικαταστάσεις εξοπλισμού και στον ενεργειακό σχεδιασμό των νέων επιχειρήσεων.

Παρά την τεράστια ενεργειακή εξάρτηση της χώρα μας, στον δείκτη «ενεργειακής έντασης» βρισκόμαστε πολύ ψηλά. Βασικές αιτίες αυτής της σπατάλης είναι οι παρακάτω:

1. Η απουσία σχετικών κανονισμών και οδηγιών, για τον Ενεργειακό Σχεδιασμό και την Ορθολογική Διαχείριση της Ενέργειας.
2. Η έλλειψη ενεργειακής συνείδησης.
3. Η μη εφαρμογή ενός Εθνικού Προγράμματος Εξοικονόμησης Ενέργειας.

4. Η απουσία (αποτελεσματικής) διαφημιστικής εκστρατείας για την εξοικονόμηση ενέργειας.
5. Η απουσία Ενεργειακών Υπευθύνων, στις ενεργοβόρες υπηρεσίες και βιομηχανίες.
6. Η γραφειοκρατία (δημόσια και ιδιωτική).

Όμως για τη σωστή υλοποίηση έργων για ΕΞΕ, προκύπτουν τα παρακάτω εύλογα ερωτήματα:

- Υπάρχουν αξιόπιστες και αποδοτικές τεχνολογίες στην αγορά;
- Ποια είναι η σωστή, για την κάθε εφαρμογή, τεχνολογία;
- Ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι διαθέσιμος και σε κόστος που να επιτρέπει την ευρεία εφαρμογή του;
- Πέραν του περιβαλλοντικού οφέλους ή εθνικών μας υποχρεώσεων, υπάρχουν και οικονομικά κίνητρα για επενδύσεις στην ΕΞΕ;
- Υπάρχουν επιτυχημένες εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας σε βιομηχανίες του τόπου μας, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν αναφορές για παραπέρα διάδοση της Εξοικονόμησης Ενέργειας;

Στα παραπάνω βασικά ερωτήματα θα προσπαθήσουμε να δώσουμε κάποιες απαντήσεις, μέσω συγκεκριμένων εμπειριών και παραδειγμάτων έργων που έχουμε σχεδιάσει και κατασκευάσει σε ελληνικές βιομηχανίες ή έργων που βρίσκονται σε εξέλιξη.

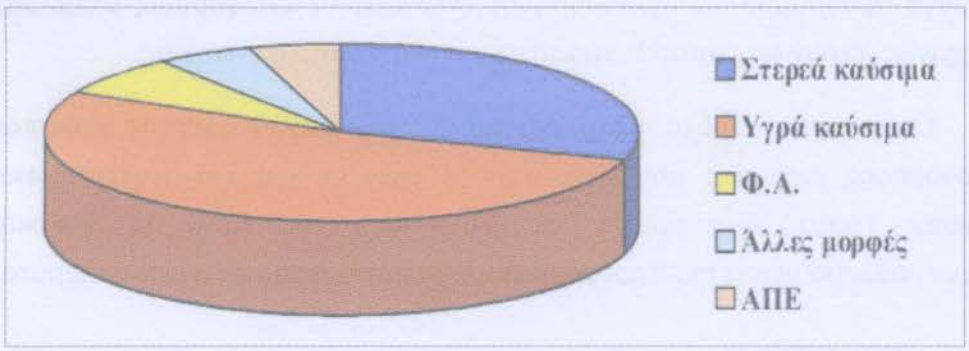
8.2 ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΣΤΗΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ

Τα συμπεράσματα των δυο παγκοσμίων συνεδρίων «ICOMES '98» και «ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2002» (στα οποία συμμετείχαν και κορυφαίοι επιστήμονες του κόσμου, όπως ο Πρόεδρος της Ρωσικής Ακαδημίας Επιστημών Konstantin Frolov), το Εθνικό Πρόγραμμα Εξοικονόμησης Ενέργειας (που εκπόνησαν εμπειρογνώμονες του ΤΕΕ, το 1994) και η καθημερινή πρακτική επιμένουν στο ότι:

Από την ανάγκη της κοινωνίας για «άφθονη ενέργεια» έχουμε περάσει, εδώ και χρόνια, στην ανάγκη για «άφθονη, φθηνή και καθαρή ενέργεια».

- Η Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ) αποτελεί το πρώτο και σημαντικότερο μέρος μιας σωστής ενεργειακής πολιτικής.
- Στα περισσότερα κτιριακά και βιομηχανικά έργα της χώρας μας πρέπει να γίνουν μικρής ή μεγάλης έκτασης επεμβάσεις και έργα εξοικονόμησης ενέργειας.
- Οι αιτίες που δημιούργησαν τη σπατάλη ενέργειας εξακολουθούν να υφίστανται στα υπάρχοντα έργα και να αναπαράγονται στα καινούρια, ενώ στους (γνωστούς) λόγους αποβιομηχάνισης πρέπει να προστεθεί και η κακή διαχείριση της ενέργειας.
- Στη χώρα μας υπάρχει μεγάλη χρονική καθυστέρηση στην υλοποίηση έργων εξοικονόμησης ενέργειας και προστασίας του περιβάλλοντος και έχουμε σημαντικότατο έργο να κάνουμε ακόμα.

Επομένως, όταν συμβαίνουν τα παραπάνω και κλείνουν ενεργοβόρα εργοστάσια, που θα μπορούσαν να διασωθούν - ή τουλάχιστον να παρατείνουν για πολλά χρόνια τη λειτουργία τους - αν είχαν ολοκληρώσει τα απαιτούμενα έργα Εξοικονόμησης Ενέργειας, έχουμε υποχρέωση να λέμε τα πράγματα με το όνομά τους και να προτείνουμε ρεαλιστικές λύσεις.



Διάγραμμα 8.1: Ενεργειακό ισοζύγιο πρωτογενούς ενέργειας Ελλάδας για το 2005. **Πηγή:**Ε.Μ.Π.

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι η σημαντικότατη ενεργειακή εξάρτηση της χώρας μας θα εξακολουθήσει να υπάρχει και το έτος 2005. Ως προς την κατανάλωση, το έτος 2000 η βιομηχανία απορρόφησε το 26% της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας, οι μεταφορές το 28% και ο οικιακός - εμπορικός τομέας το 46%.

Παρά την ενεργειακή εξάρτηση της χώρα μας, στο θέμα διαχείρισης της ενέργειας γίνεται πολύ μεγάλη σπατάλη. Βασικές αιτίες αυτής της σπατάλης, κατά τη γνώμη μας, είναι οι παρακάτω:

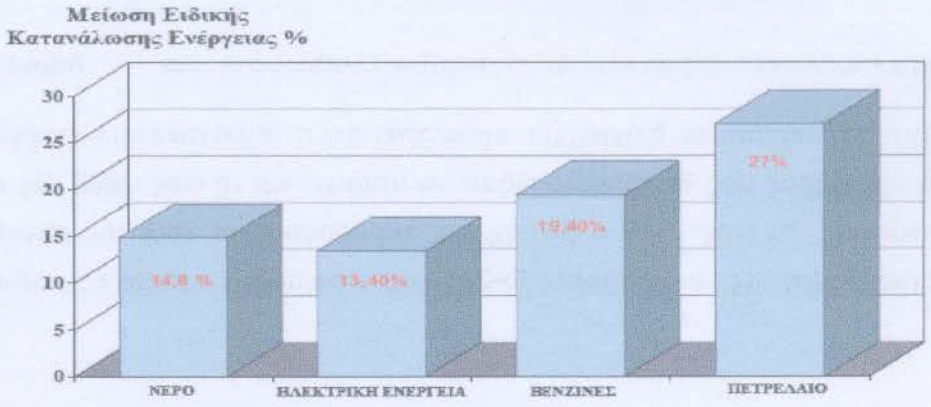
1. Η απουσία (ή έστω η μη εφαρμογή, όσων υπάρχουν) σχετικών κανονισμών και οδηγιών.
2. Η παρεχόμενη εκπαίδευση και η έλλειψη ενεργειακής συνείδησης.
3. Η μη εφαρμογή ενός Εθνικού Προγράμματος Εξοικονόμησης Ενέργειας (Ε.Π.Ε.Ε).
4. Η απουσία (ουσιαστικής) διαφημιστικής εκστρατείας για την εξοικονόμηση ενέργειας.
5. Η απουσία Ενεργειακών Υπευθύνων, στις ενεργοβόρες υπηρεσίες και βιομηχανίες.
6. Η γραφειοκρατία (δημόσια και ιδιωτική).

Ας προσπαθήσουμε να επιβεβαιώσουμε κάποια από τα παραπάνω, με παραδείγματα βγαλμένα μέσα από την Ελληνική πραγματικότητα.

8.2.1 Υφιστάμενη κατάσταση

Η απουσία του ενεργειακού σχεδιασμού, σε συνδυασμό με τη μη ανάπτυξη και εφαρμογή προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας σε ενεργοβόρες υπηρεσίες και βιομηχανίες, έχουν σαν αποτέλεσμα τη σημαντική σπατάλη ενέργειας.

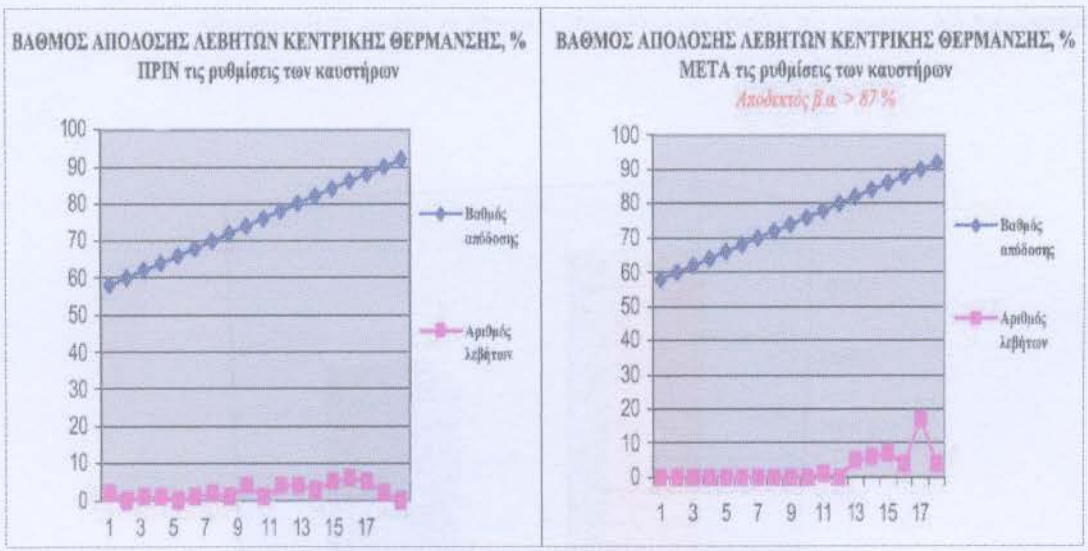
Στον κτιριακό τομέα, είναι γνωστό το παράδειγμα σχετικής προσπάθειας εξοικονόμησης ενέργειας που έγινε προ 18 ετών σε κτιριακά συγκροτήματα του Δημόσιου Τομέα, διεσπαρμένα σε όλη τη χώρα. Μόνο το νοικοκύρεμα (βραχυπρόθεσμα μέτρα του προγράμματος) έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:



Διάγραμμα 8.2: Πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας στην ΥΠΑ (1985-87).

Για να επιτευχθούν αυτά τα αποτελέσματα αναπτύχθηκε και εφαρμόσθηκε ένα Πρόγραμμα ΕΞΕ σε 40 κτιριακά συγκροτήματα του δημόσιου τομέα, με βάση ένα δυναμικό ενεργειακό management (ενεργειακοί έλεγχοι, στόχοι, συγκεκριμένα μέτρα και οδηγίες για ΕΞΕ, οργάνωση, εκπαίδευση συνεργατών, τριμηνιαίοι έλεγχοι απόδοσης του προγράμματος, αξιολόγηση αποτελεσμάτων, διόρθωση πορείας κλπ.). Ας δούμε τώρα ένα από τα μέτρα που συνέβαλε ιδιαίτερα στα παραπάνω αποτελέσματα. Πρόκειται για τον έλεγχο και βελτιστοποίηση της καύσης στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης. Με την αγορά 2 συσκευών μέτρησης του βαθμού απόδοσης και την εκπαίδευση ενός συνεργείου 4 ατόμων έγιναν μετρήσεις «υπάρχουσας» κατάστασης και μετρήσεις μετά την πλήρη συντήρηση λεβήτων-καυστήρων.

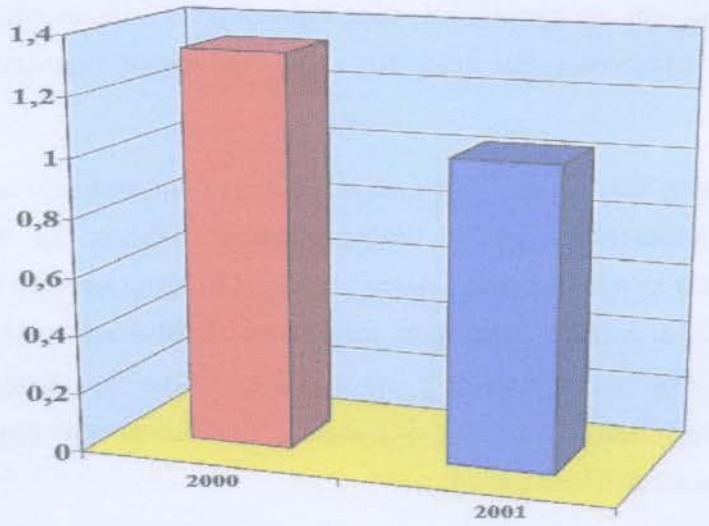
Οι μετρήσεις που έγιναν ΠΡΙΝ από τις ρυθμίσεις της καύσης έδειξαν ότι κάτω από τον min αποδεκτό β.α. (87%) υπήρχαν πολλοί λέβητες, με συνολική ισχύ περίπου 12000000 kCal/h. Κάποιοι μάλιστα ήσαν πολύ κάτω και από το 80%. Μετά τις ρυθμίσεις όλοι οι λέβητες είχαν β.α. πάνω από το 80% και πολλοί πάνω από 87%. Οι βελτιώσεις αυτές του β.α. σε συνδυασμό με τον θερμοστατικό και χρονολογικό έλεγχο λειτουργίας της θέρμανσης συνέβαλαν την προαναφερθείσα μείωση 27% στην κατανάλωση καυσίμων.



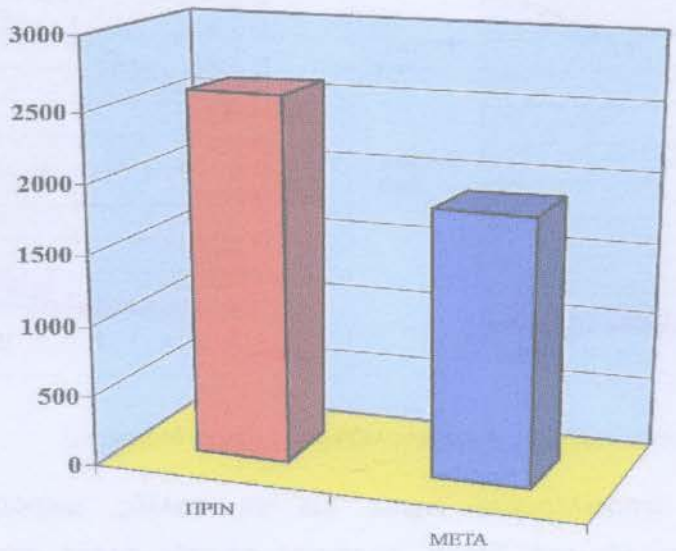
Διάγραμμα 8.3: Εσωτερικός βαθμός απόδοσης λεβήτων κεντρικής θέρμανσης.

Ανάλογα αποτελέσματα είχαμε και σε πολλές, μικρότερης έκτασης, προσπάθειες στον Ιδιωτικό Τομέα, ο οποίος αρκετές φορές αποδεικνύεται πιο σπάταλος από τον Δημόσιο (όσο και να μη το περιμένει κανείς).

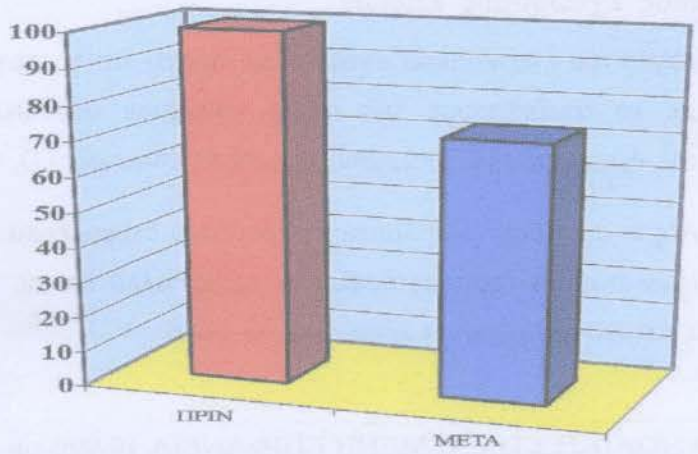
Η καθημερινή πρακτική σχεδιασμού των κατοικιών και των εμπορικών κτιρίων, με κριτήρια όχι της βελτιστοποίησης του κόστους κύκλου ζωής τους αλλά με τη «λογική» του μειωμένου κόστους κατασκευής (παρά τα σημαντικά ποσοστά κέρδους που έχει η οικοδομή), αφήνει πολύ μεγάλα περιθώρια μείωσης της σημερινής κατανάλωσης ενέργειας. Βέβαια, σε ενεργοβόρες βιομηχανίες τα πράγματα είναι πιο εντυπωσιακά, λόγω των μεγεθών.



Διάγραμμα 8.4: Μείωση της ειδικής κατανάλωσης θερμικής ενέργειας σε βιομηχανία.



Διάγραμμα 8.5: Κατανάλωση καυσίμων σε βιομηχανία, πριν και μετά τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας.



Διάγραμμα 8.6: Ειδική κατανάλωση ενέργειας (θερμική-ηλεκτρική) σε βιομηχανία, πριν και μετά τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας.

Στα παραπάνω διαγράμματα απεικονίζονται οι μεταβολές στις καταναλώσεις ενέργειας σε 3 ελληνικές βιομηχανίες, μετά τα έργα και τις επεμβάσεις για ΕΞΕ που σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε τα τελευταία τέσσερα χρόνια.

Οι δυο πρώτες είναι βαφεία - φινιριστήρια. Η τρίτη είναι βιομηχανία τροφίμων, βρίσκεται μέσα στην Αθήνα και καίει φυσικό αέριο. Οι επεμβάσεις αφορούσαν σε: ανάκτηση θερμότητας, μονώσεις, συστήματα SCADA, βελτιωμένο παραγωγικό εξοπλισμό και ενεργειακό management.

Σημειώνεται ότι και στις 3 βιομηχανίες υπάρχουν ακόμα σημαντικά περιθώρια για ΕΞΕ και είναι θέμα χρόνου η υλοποίηση των υπόλοιπων έργων.

Η συνολική, μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, σε αυτά τα τρία εργοστάσια, ανέρχεται σε 4500 ΤΙΠ τον χρόνο και ο επόμενος στόχος είναι οι 6500 ΤΙΠ.

8.2.2 Ο Ενεργειακός Σχεδιασμός

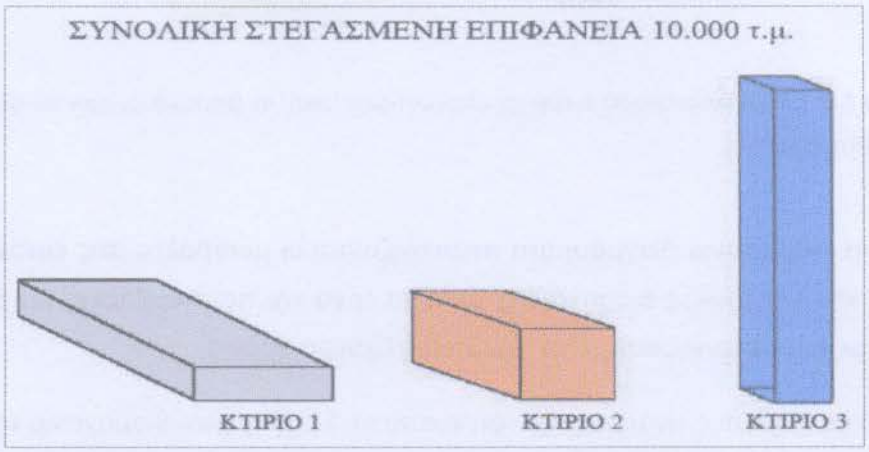
Με τον όρο Ενεργειακός Σχεδιασμός εννοούμε ένα σύνολο κανονισμών, οδηγιών, προδιαγραφών και επεμβάσεων που αποβλέπουν:

i. Στο βέλτιστο μέγεθος ενός βιομηχανικού έργου.
ii. Στην επιλογή των, ενεργειακά, πλέον κατάλληλων: παραγωγικών, οικοδομικών, ηλεκτρομηχανολογικών και ενεργειακών λύσεων.
iii. Στη βέλτιστη χρήση της ενέργειας, κατά τη λειτουργία του έργου.

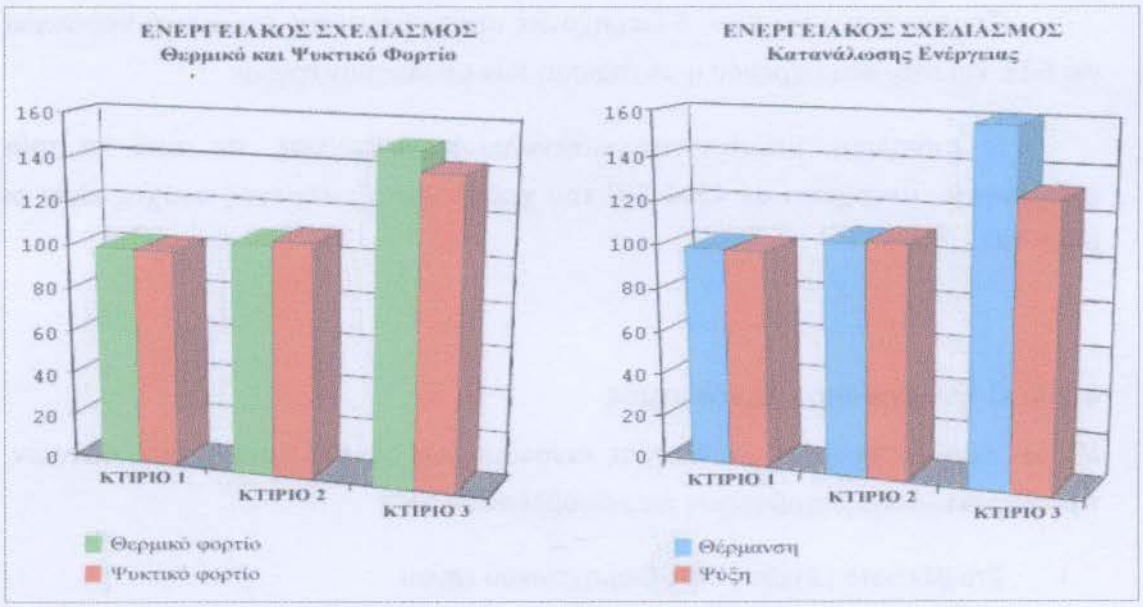
8.2.2.1 Ενεργειακός Σχεδιασμός κτιρίων

Στις βασικές επιλογές του ενεργειακού σχεδιασμού ανήκει και η μορφή του κτιρίου. Έστω ότι έχουμε να σχεδιάσουμε ένα κτίριο γραφείων συνολικής επιφάνειας δαπέδου 10000 m^2. Αρχιτεκτονικά, υπάρχουν 3 βασικές επιλογές: (1), (2) και (3).

Όμως αυτές οι αρχιτεκτονικές λύσεις επηρεάζουν διαφορετικά τα μεγέθη των Η-Μ εγκαταστάσεων που θα εξυπηρετήσουν το κτίριο, αλλά και τις ποσότητες της ενέργειας που θα καταναλώνονται για θέρμανση και ψύξη.



Εικόνα 8.1: Αρχιτεκτονικά, υπάρχουν 3 βασικές επιλογές: (1), (2) και (3).



Διάγραμμα 8.7: Διαγράμματα ενεργειακού σχεδιασμού (θερμικού /ψυκτικού φορτίου).

Συνήθως, οι αρχιτεκτονικές επιλογές κλείνουν προς το κτίριο (3). Αλλά αυτό το κτίριο απαιτεί 50% περισσότερη εγκατεστημένη θερμική ισχύ και 40% περισσότερη ψυκτική, από ό,τι το κτίριο (1). Ενώ οι αντίστοιχες επιπλέον επιβαρύνσεις, ως προς το κτίριο (1), σε ενέργεια θέρμανσης και ψύξης είναι 60% και 30%. Όλα αυτά, βέβαια, για την ίδια «ενεργειακή ποιότητα κελύφους» και τις ίδιες τεχνικές λύσεις στις Η-Μ εγκαταστάσεις.

Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η διαφορά κόστους κατασκευής μεταξύ των τριών αρχιτεκτονικών λύσεων ανέρχεται σε εκατομμύρια ευρώ και ότι το ετήσιο κόστος ενέργειας σε ένα ξενοδοχείο αυτού του μεγέθους μπορεί να φθάσει το 1500000 ευρώ, τότε η επιλογή και μόνον της μορφής του κτιρίου μπορεί να οδηγήσει, από τη φάση του σχεδιασμού ακόμα, σε μια κερδοφόρα ή ζημιογόνο επιχείρηση. Οπότε, έχουμε επαγγελματική υποχρέωση να ενημερώνουμε τους αρμόδιους ή τους ιδιοκτήτες των έργων που σχεδιάζουμε για όλες τις παραμέτρους των επιλογών μας, γιατί οι δικές μας αρχιτεκτονικές ή άλλες επιλογές δε μπορεί να γίνονται στη λογική του «other's people money".

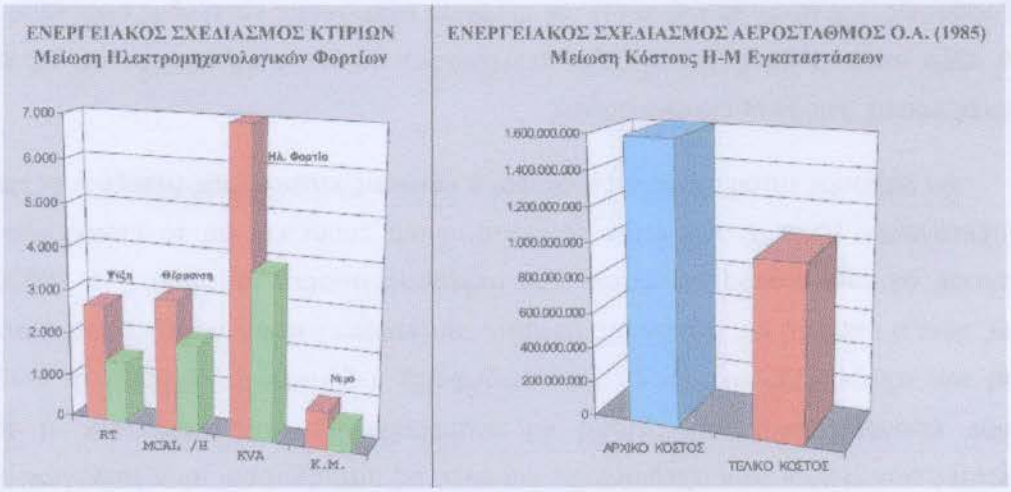


Εικόνα 8.2: Κτηριακές εγκαταστάσεις.

Ο Ενεργειακός Σχεδιασμός δεν είναι μόνον θέμα αισθητικής! Δηλαδή τοποθέτησης πλήθους ατομικών μονάδων θέρμανσης/ ψύξης στα παράθυρα των κτιρίων έναντι ενός σύγχρονου (VAV) κεντρικού συστήματος κλιματισμού. Είναι και θέμα εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος, κατανάλωσης ενέργειας και ποιότητας συνθηκών εργασίας.

Τα παρακάτω γραφήματα αναφέρονται στο σχεδιασμό ελληνικού κτιριακού έργου, το 1986, συνολικής στεγασμένης επιφάνειας 30000 m^2. Βλέπουμε ότι ο ενεργειακός σχεδιασμός μειώνει σημαντικά τα Η-Μ φορτία (πράσινες μπάρες), σε σύγκριση με τον συνήθη σχεδιασμό. Αλλά και το κόστος κατασκευής, σε πολλές περιπτώσεις, μειώνεται λόγω των μειώσεων που προαναφέραμε. Φυσικά και το

λειτουργικό κόστος του έργου που έγινε με ενεργειακό σχεδιασμό ήταν μειωμένο πολύ (περίπου 50000000 δρχ. το χρόνο, σε τιμές 1986).



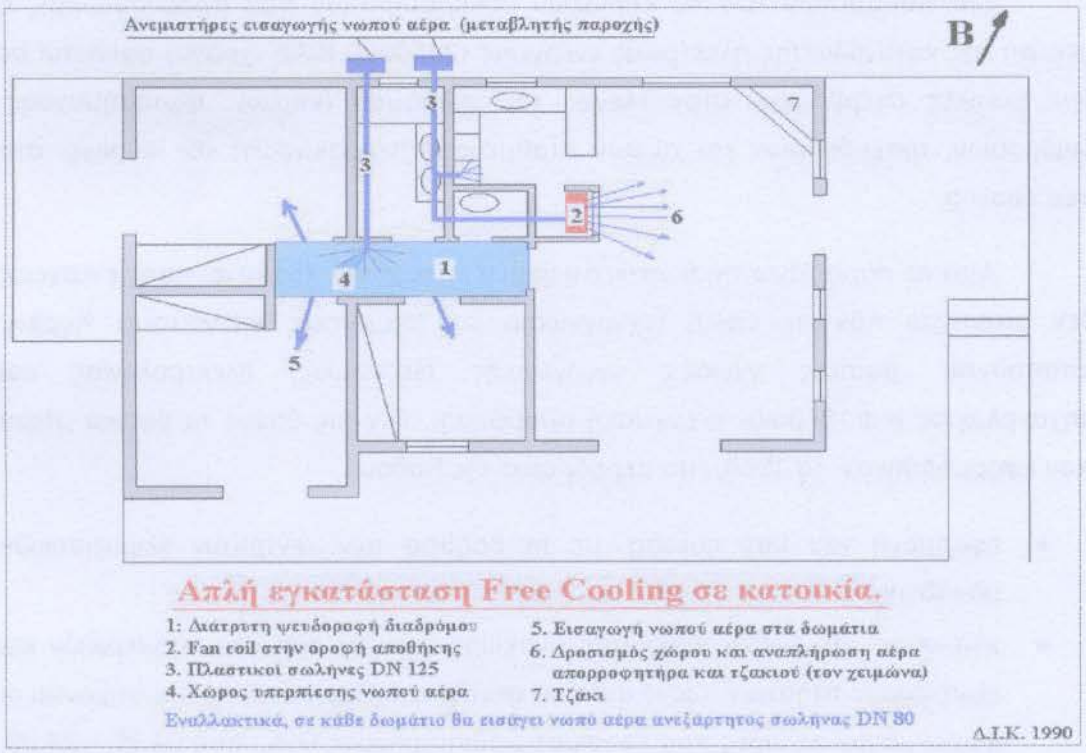
Διάγραμμα 8.8: Μείωση των ηλεκτρομηχανικών φορτίων λόγω εξοικονόμησης ενέργειας.

Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι εκτός από τον ενεργειακό σχεδιασμό μεγάλων κτιρίων δεν υπολείπεται σε σημασία και ο σχεδιασμός των απλών κατοικιών. Γιατί το πλήθος των τελευταίων οδηγεί, τελικά, σε μεγέθη που υπερβαίνουν κατά πολύ αυτά των μεγάλων κτιρίων. Και επειδή τα τελευταία χρόνια έχουμε μετατόπιση της αιχμής ηλεκτρικού φορτίου από τον χειμώνα στο καλοκαίρι, λόγω κλιματισμού, ας αναφερθούμε για λίγο στο **Free Cooling**.

Στη χώρα μας έχουμε το σπάνιο δώρο οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία και υγρασία) να βρίσκονται, για πολλούς μήνες κάθε χρόνο, πολύ κοντά στις συνθήκες άνεσης των εσωτερικών χώρων. Επομένως υπάρχουν σημαντικά διαστήματα που δεν απαιτείται θέρμανση ή ψύξη. Ανοίγοντας απλά το παράθυρο έχουμε στο εσωτερικό των κτιρίων τις ιδανικές συνθήκες, αρκεί να φυσά λίγο και να το επιτρέπει η αρχιτεκτονική λύση του κτιρίου. Σε μεγάλα κτίρια η εισαγωγή του νωπού αέρα γίνεται με μηχανικά μέσα (κεντρικό σύστημα κλιματισμού ή ανεξάρτητη εγκατάσταση).

Σε κατοικίες με σωστό σχεδιασμό των χώρων, ελάχιστα έξοδα και λίγη προσωπική εργασία το free cooling μπορεί να υποκαταστήσει τη λειτουργία των κλιματιστικών μονάδων σε ποσοστό που υπερβαίνει το 40%, γιατί (συνήθως) ο εξωτερικός αέρας κατά τη διάρκεια της νύχτας έχει θερμοκρασία πολύ χαμηλότερη από αυτή των εσωτερικών χώρων. Ένα άλλο πλεονέκτημα της λύσης που παρουσιάζεται παρακάτω είναι το ότι με την εισαγωγή νωπού αέρα δίπλα στον

απορροφητήρα της κουζίνας αποφεύγουμε την απόρριψη ζεστού (και ακριβού) αέρα το χειμώνα. Επιπλέον η αποφυγή υποπίεσης, στον χώρο, δε δημιουργεί τα γνωστά προβλήματα στη λειτουργία του τζακιού.



Διάγραμμα 8.9: Διάγραμμα απλής εγκατάστασης Free Cooling σε κατοικία.

Στα μεγάλα κλιματιζόμενα κτίρια είναι δυνατόν να αξιοποιήσουμε ενεργειακά τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες εφαρμόζοντας τα παρακάτω: Τις ημέρες ή τις ώρες (π.χ. το πρωί ή τη νύχτα) που οι εξωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας είναι κοντά στις συνθήκες άνεσης εισάγουμε στο εσωτερικό των κτιρίων νωπό αέρα από το περιβάλλον, με ένα από τους τρόπους που ακολουθούν:

- Σε εξωτερικούς χώρους και σε κτίρια που δεν έχουν εσωτερικές ζώνες ανοίγουμε τα παράθυρα ώστε να εκμεταλλευόμαστε το φυσικό ρεύμα του αέρα ή το μελτέμι, για δροσισμό.
- Σε κτίρια με μεγάλους χώρους, εσωτερικές ζώνες ή χωρίσματα χρησιμοποιούμε την εγκατάσταση κεντρικού κλιματισμού ώστε να εισάγουμε αέρα από το περιβάλλον, ανοίγοντας πρώτα το διάφραγμα νωπού αέρα στο 100%.

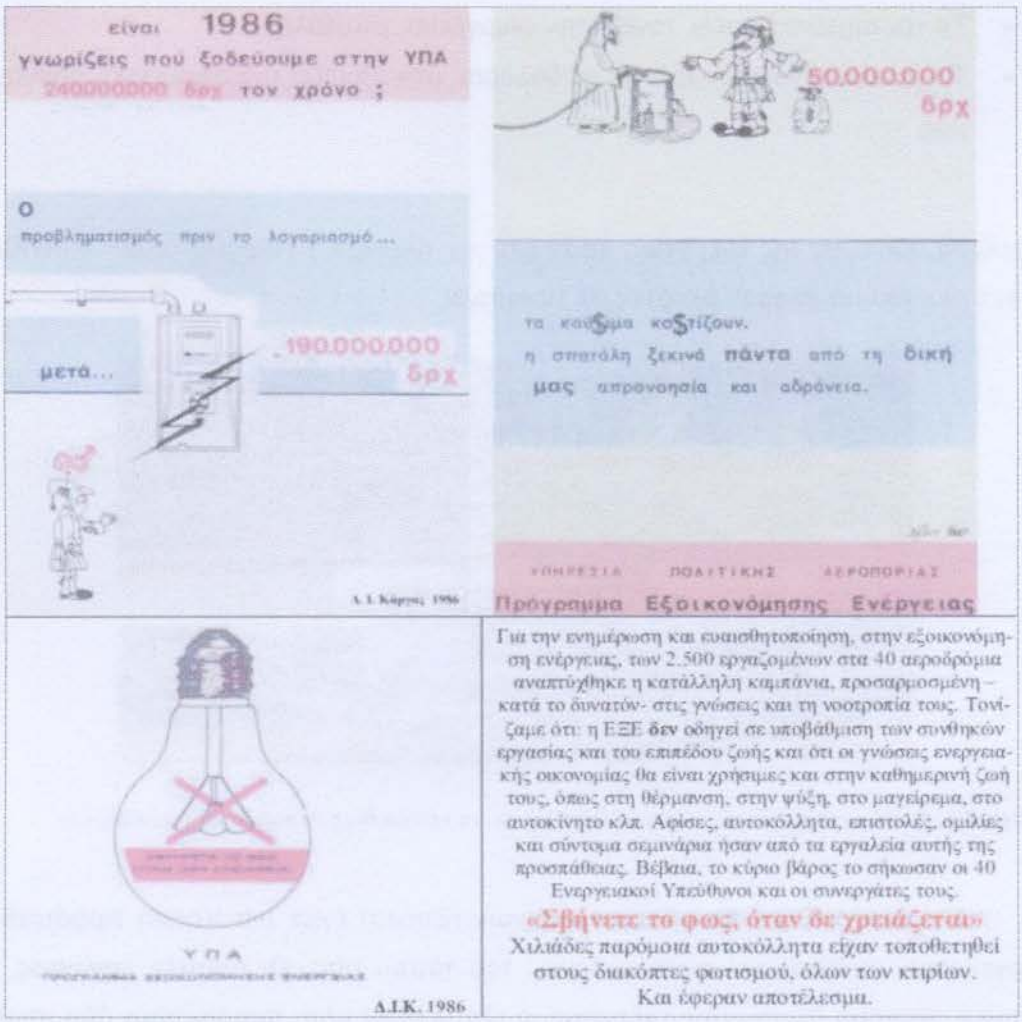
Με τη μέθοδο αυτή έχουμε τα παρακάτω βασικά οφέλη:

- Μέσα στους χώρους ο νωπός (φρέσκος) αέρας είναι σε πολύ υψηλότερο ποσοστό από το 20% που δίνει το κεντρικό σύστημα κλιματισμού.
- Έχουμε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των λειτουργικών δαπανών.

Στο παράδειγμα των 40 κτιριακών συγκροτημάτων που προαναφέραμε, η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (2150000 KWh /χρόνο) οφείλεται σε δυο βασικές επεμβάσεις: στον έλεγχο του φωτισμού (κτιρίων, φωτοσήμανσης, διαδρόμων, τροχοδρόμων και χώρων στάθμευσης αεροσκαφών) και -κυρίως- στο free cooling.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για να επιτύχουμε εξοικονόμησης ενέργειας δεν απαιτείται πάντοτε ειδική τεχνογνωσία και σημαντικές επενδύσεις. Κυρίως απαιτούνται: βασικές γνώσεις ενεργειακής οικονομίας, ηλεκτρολογίας και μηχανολογίας (και -βέβαια- ενεργειακή συνείδηση). Π.χ. ας δούμε τα βασικά μέτρα που εφαρμόσθηκαν, το 1986, στο αεροδρόμιο της Ρόδου:

- εφαρμογή του free cooling, με τη βοήθεια των κεντρικών κλιματιστικών μονάδων.
- χωρισμός της ενιαίας αίθουσας αναχωρήσεων σε τμήματα εσωτερικών και εξωτερικών πτήσεων, ώστε αυτά να φωτίζονται, θερμαίνονται και ψύχονται οι χώροι μόνον τις ώρες που χρησιμοποιούντο (χώρος Ο.Α.: από 04:30 – 24:00, πτήσεις εξωτερικού: 10:00 – 02:00).
- διόρθωση ηλεκτρικών συνδέσεων θερμοστατών κλιματισμού (γιατί το χειμώνα είχαν μετρηθεί θερμοκρασίες εσωτερικών χώρων 26 – 28 °C, αντί των 20 °C).
- τακτική συντήρηση και μετρήσεις του βαθμού απόδοσης των λεβήτων, ώστε αυτός (ο β.α.) να διατηρείται συνεχώς σε επίπεδα μεγαλύτερα του 90%
- χρονολογικός έλεγχος λειτουργίας του φωτισμού και των άλλων Η-Μ εγκαταστάσεων.
- έλεγχος πίεσης και διαρροών στις εγκαταστάσεις ύδρευσης και άρδευσης.
- συντήρηση των οχημάτων και έλεγχος της ειδικής κατανάλωσης βενζίνης /diesel και
- διαφημιστική εκστρατεία για την εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 8.3: Διαφημιστική αφίσα από την εκστρατεία για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Για τις προηγούμενες αφίσες της ηλεκτρικής ενέργειας και των καυσίμων, ας δώσουμε λίγες διευκρινήσεις ώστε να γίνουν πιο κατανοητές σήμερα, μιας και έχουν περάσει 17 χρόνια από τότε:

- Η αναφορά στο «1986» έχει σχέση με το περιεχόμενο επιστολής που είχαν λάβει οι εργαζόμενοι και αναφέρονταν ότι άλλες χώρες άρχισαν παρόμοιες προσπάθειες το 1975 (δηλαδή είχαμε, ήδη, καθυστερήσει πολύ).
- Η ερώτηση για το ύψος του κόστους ενέργειας, είχε σχέση με το ότι οι εργαζόμενοι δεν το γνώριζαν, ώστε να εκτιμήσουν τα συνολικά οφέλη από μια τέτοια προσπάθεια.
- Ο γνωστός «Μητροπούλειος» Ρωμιός σημαίνει ότι, τελικά, τα έξοδα των δημοσίων υπηρεσιών τα πληρώνουν οι ίδιοι οι εργαζόμενοι και όλοι εμείς.
- Ο Άραβας με τη μάνικα των καυσίμων υποδηλώνει την ενεργειακή εξάρτηση μας, στην οποία ο Ρωμιός σηκώνει τα χέρια.

- Το τρυπημένο βαρέλι, τονίζει την ενεργειακή σπατάλη.
- Το μπαλωμένο τσουβάλι με τα δολάρια, υπενθυμίζει την οικονομική αδυναμία μας

Σημείωση: Οι τιμές της ενέργειας ήσαν για την ηλεκτρική ενέργεια 0,025 euro/KWh και για τα καύσιμα (diesel, βενζίνες) 0,10 euro/lit.

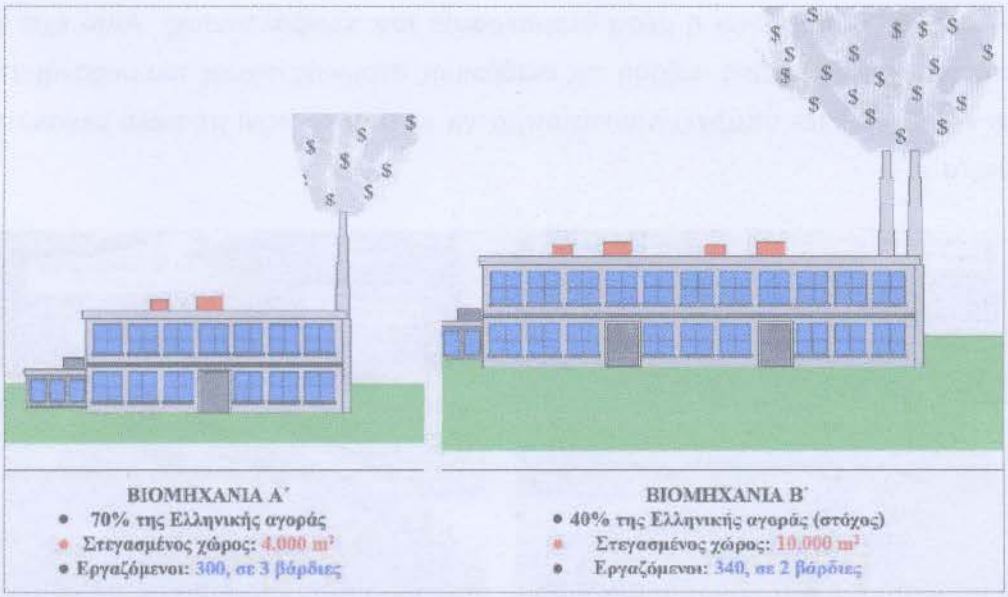


Εικόνα 8.4: Φωτογραφία του «Ελευθέριος Βενιζέλος», το νέο Διεθνές Αεροδρόμιο των Αθηνών.

Στο νέο Διεθνές Αεροδρόμιο Αθηνών (Σπάτα) έγινε μια πρώτη προσπάθεια ενεργειακού σχεδιασμού μεγάλου έργου του τόπου μας. Οι σωστές μονώσεις, το κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας, ο εξοπλισμός κλπ. προσφέρουν ήδη πολλά. Αλλά οι εμπειρίες και οι γνώσεις ελλήνων μηχανικών (από παρόμοια έργα) και οι Κατευθυντήριες Οδηγίες της F.A.A. (Federal Aviation Authority, A.C. No 150/5360-11: "Energy Conservation for Airport Buildings") είχαν να δώσουν αρκετά πράγματα ακόμα.

8.2.2.2 Ενεργειακός Σχεδιασμός στον τομέα της βιομηχανίας

Το 1967 σχεδιάσθηκε και κατασκευάσθηκε το εργοστάσιο πολυεθνικής εταιρείας (Α) για να καλύψει τις ανάγκες κάποιων καταναλωτικών αναγκών της χώρας μας, σε ποσοστό της τάξης του 70%. Σε συνολική επιφάνεια 4000 m^2 στεγάσθηκαν όλες οι απαιτούμενες δραστηριότητες (παραγωγικός εξοπλισμός, αποθήκες, υπηρεσίες κλπ.) και η μεγιστοποίηση της αξιοποίησης του παραγωγικού και ενεργειακού δυναμικού γινόταν με 24ωρη λειτουργία του εργοστασίου και ένα δυναμικό επαγγελματικό management. Το επιστημονικό προσωπικό ήταν πολυάριθμο, μεταξύ των οποίων 8 μηχανικοί.



Εικόνα 8.5: Σχηματική αναπαράσταση των βιομηχανιών Α' και Β'.

Το 1980 σχεδιάσθηκε ανταγωνιστική της, ελληνική, βιομηχανία (Β) με τελικό στόχο να καλύψει το 40% της αγοράς (μετά από ανακατάταξη, βέβαια, των μεριδίων). Χωρίς σωστό χωροταξικό, παραγωγικό και ενεργειακό σχεδιασμό το νέο εργοστάσιο κάλυψε 10000 m^2. Με ό,τι αυτό συνεπάγεται σε: κόστος επένδυσης, εσωτερικές μετακινήσεις, μήκος και απώλειες θερμικών και ηλεκτρικών δικτύων, κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό και θέρμανση. Φυσικά η ανταγωνιστικότητα των προϊόντων και η τύχη της δεύτερης βιομηχανίας ήταν, από τον σχεδιασμό ακόμα, προδιαγεγραμμένη. Πράγματι, μετά από λίγα χρόνια συρρικνώθηκε και ελάχιστες θέσεις και δραστηριότητες διασώθηκαν.

8.2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση παραγωγικότητας

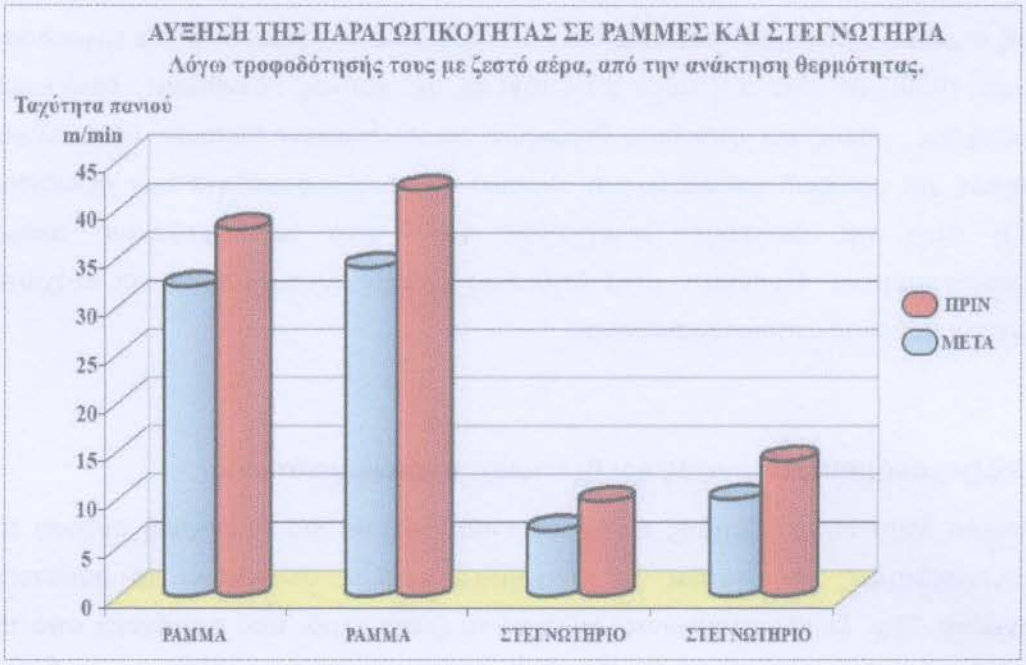
Σε πολλά έργα εξοικονόμησης ενέργειας επιτυγχάνεται και σημαντική αύξηση της παραγωγικότητας, της οποίας το οικονομικό όφελος υπερβαίνει το αντίστοιχο ενεργειακό. Π.χ. Σε κλωστοϋφαντουργίες με το ζεστό νερό, που παράγεται από την ανάκτηση θερμότητας, οι μηχανές βαφής έχουν να ανεβάσουν τη θερμοκρασία του νερού κατά 20 ή 30 °C και όχι κατά 65 ή 75 °C που ήταν πριν. Μειώνοντας τον χρόνο θέρμανσης του νερού μειώνεται αντίστοιχα και ο χρόνος του κάθε κύκλου βαφής. Στις βαφές έχει διαπιστωθεί αύξηση της παραγωγικότητας μέχρι και 15%.

Στα μηχανήματα στεγνώματος των υφασμάτων, τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας τροφοδοτούν τους θαλάμους με καυτό αέρα, θερμοκρασίας 100 – 135 °C

(αντί των 25 °C που είναι η μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της διαθέσιμης θερμικής ισχύος του μηχανήματος, μέχρι και 40%. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα να κινείται το πανί με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα.



Εικόνα 8.6: Αύξηση της παραγωγικότητας σε ράμμες και στεγνωτήρια.

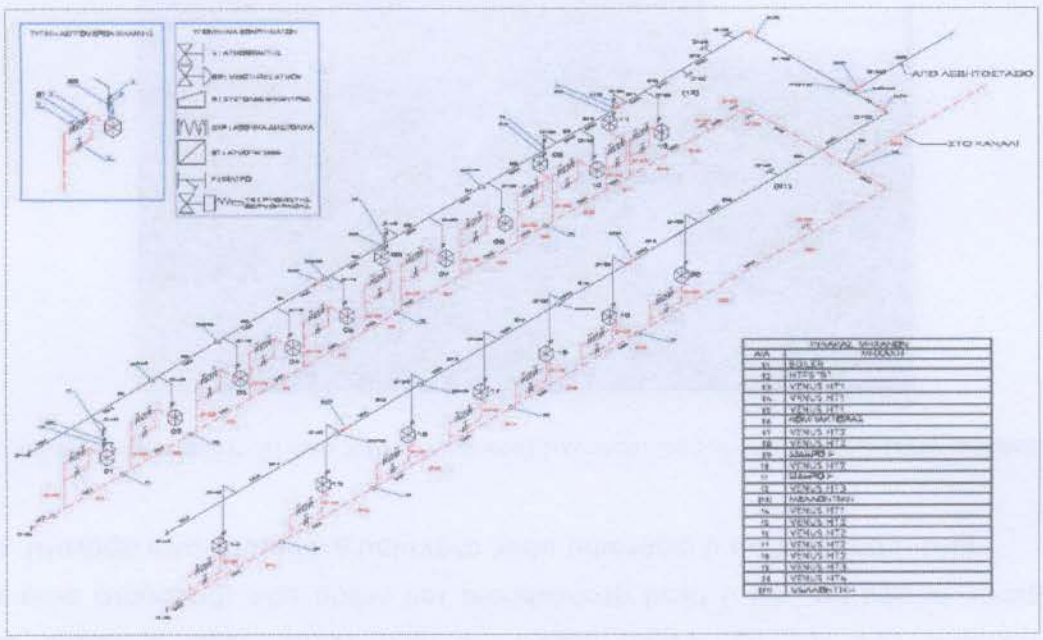


Διάγραμμα 8.10: Αύξηση της παραγωγικότητας σε ράμμες και στεγνωτήρια.

Η αυξημένη παραγωγικότητα, για λόγους που προαναφέραμε, επιτρέπει κάποιες φορές την αποφυγή αγοράς πρόσθετου εξοπλισμού. Π.χ. 50 μηχανές παραγωγής με βελτιωμένη παραγωγικότητα, λόγω έργων και επεμβάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας, ισοδυναμούν ακόμα και με 60 συνήθεις μηχανές, ή αντίστοιχα, 3 (ενεργειακά αποδοτικά) στεγνωτήρια παράγουν όσο 4 συνηθισμένα.

Άλλο ένα έμμεσο όφελος από τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας σε βαφεία και φινιριστήρια έχει σχέση με την ποιότητα των προϊόντων. Συγκεκριμένα η τροφοδότηση των βαφικών μηχανών με ζεστό νερό (50 – 70 °C) δε δημιουργεί θερμικό shock και προβλήματα στα υφάσματα, όπως θα συνέβαινε αν στο ζεστό πανί (θερμοκρασίας 130 °C) πέσει νερό θερμοκρασίας 5 - 20 °C. Το ίδιο και με την εισαγωγή ζεστού αέρα (100 – 130 °C) στα στεγνωτήρια και τις ράμμες, αντί για τον κρύο αέρα θερμοκρασίας 15 – 20 °C.

Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας δίνουν τη δυνατότητα βελτίωσης των θερμοϋδραυλικών δικτύων των βιομηχανιών, με αποτέλεσμα να μειωθούν καθυστερήσεις στην παραγωγή, οφειλόμενες στην ανεπάρκεια των δικτύων.



Εικόνα 8.7: Δίκτυα διανομής ατμού και επιστροφής συμπυκνωμάτων, σε καινούριο βαφείο - φινιριστήριο.

Στους ενεργειακούς ελέγχους συναντάμε πολύ συχνά δίκτυα διανομής πεπιεσμένου αέρα, ατμού, συμπυκνωμάτων, νερού κλπ. που προκαλούν όχι μόνον καθυστέρηση στην παραγωγή αλλά και πρόσθετη κατανάλωση ενέργειας, λόγω μειωμένων διατομών και άλλων κατασκευαστικών λαθών. Προφανώς, κατασκευή εργοστασίου χωρίς μελέτη από έμπειρους μηχανικούς πληρώνεται, στη συνέχεια, πάρα πολύ ακριβά. Σε πολλά εργοστάσια, ανεπαρκή ή λαθεμένα δίκτυα επιστροφής συμπυκνωμάτων -και μόνον- μπορούν να «φρενάρουν» την παραγωγή μέχρι και 20%.

8.3 Αξιόπιστες τεχνολογίες για την εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας

8.3.1 Ανάκτηση θερμότητας από υγρά βιομηχανικά απόβλητα

Στο θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας, από τα απορριπτόμενα ζεστά βιομηχανικά απόβλητα, οι τεχνολογίες είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες, αξιόπιστες, δοκιμασμένες και έχουν - όπως θα δούμε στη συνέχεια- σύντομο χρόνο αποπληρωμής.

Από τις σημαντικότερες δευτερογενείς ενεργειακές πηγές είναι τα απορριπτόμενα, από τις βιομηχανίες, ζεστά υγρά απόβλητα. Σε κάποιους κλάδους η απορριπτόμενη ενέργεια είναι εξαιρετικά μεγάλη. Π.χ. τα μεγάλα βαφεία του τόπου μας απορρίπτουν 1000 - 5000 m^3 /ημέρα υγρά απόβλητα, σε μέση θερμοκρασία 60 °C.



Εικόνα 8.8: Από τις σημαντικότερες δευτερογενείς ενεργειακές πηγές είναι τα ζεστά υγρά απόβλητα.

Είναι προφανές ότι η διαθέσιμη προς ανάκτηση θερμότητα είναι αξιόλογη, αν λάβουμε υπόψη μας ότι η μέση θερμοκρασία του νερού που τροφοδοτεί αυτά τα εργοστάσια είναι 17 °C. Αρκεί, βέβαια, να έχει εξασφαλισθεί η χρήση της ανακτώμενης ενέργειας.

Η ανάκτηση θερμότητας γίνεται με ολοκληρωμένα συστήματα ανάκτησης θερμότητας και τη χρήση εναλλακτών. Ως προς τους εναλλάκτες, υπάρχουν δυο βασικές επιλογές:

8.3.1.1 Οι σωληνωτοί εναλλάκτες



Εικόνα 8.9: Φωτογραφία σωληνωτού εναλλάκτη.

Είναι από τους πλέον αξιόπιστους εναλλάκτες και ιδιαίτερα διαδεδομένοι σε βιομηχανικές εφαρμογές. Το κόστος τους δεν είναι μεγάλο και είναι επισκέψιμοι με ανοίγματα στους πυθμένες τους, για καθαρισμό.

Βασικό μειονέκτημα η σχετικά μικρή επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας, με βάση τον συνολικό όγκο του εναλλάκτη. Σε περιπτώσεις μεγάλης θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ των δυο ρευστών (θερμαίνοντος - θερμαινόμενου) αυτό το μειονέκτημα περιορίζεται σημαντικά. Ο κάθε, αριστερά, εικονιζόμενος εναλλάκτης έχει διάμετρο 400 mm, μήκος 6 m και επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας από 16 m^2 μέχρι 24 m^2.

8.3.1.2 Οι πλακοειδείς εναλλάκτες

Είναι οι πλέον αποδοτικοί, σε εφαρμογές ανάκτησης θερμότητας από υγρά βιομηχανικά απόβλητα. Ο εικονιζόμενος εναλλάκτης έχει επιφάνεια εναλλαγής 80 m^2 και παροχή 90 m^3/h.

Βασικά μειονεκτήματα: η απαίτηση προστασίας τους από υδραυλικά πλήγματα και η δυσκολία καθαρισμού τους, σε περίπτωση που θα βουλώσουν από στερεά σώματα των αποβλήτων. Όμως με απλά μέτρα είναι δυνατόν να μη βουλώσουν ποτέ, ακόμα και στα πιο δύσκολα απόβλητα, όπως είναι αυτά των βαφείων.

ΤΥΠΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Εικόνα 8.10: Τυπικό σημείο λειτουργίας πλακοειδούς εναλλάκτη.



Εικόνα 8.11: Φωτογραφία εγκατάστασης ανάκτησης θερμότητας από υγρά βιομηχανικά απόβλητα.



Εικόνα 8.12: Φωτογραφία εγκατάστασης εναλλακτών θερμότητας.

Δυο από τα πλέον ολοκληρωμένα και αποδοτικά συστήματα ανάκτησης θερμότητας, σε βαφεία του τόπου μας. Ισχύος 4,5 και 5 MW αντίστοιχα. Η συνολική ισχύς των συστημάτων ανάκτησης θερμότητας από υγρά απόβλητα, που έχουμε σχεδιάσει και κατασκευάσει στην Ελλάδα, με δικό μας Know How, ανέρχεται στα 28 MW.

Ως προς τα στοιχεία κόστους εγκατάστασης - οφέλους ενός παρόμοιου συστήματος, παραθέτουμε τα παρακάτω ενδεικτικά στοιχεία:

- Θερμική ισχύς συστήματος: 5000 KW.
- Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας: 1200 τόνους μαζούτ /έτος.
- Ετήσιο οικονομικό όφελος: 340000 ευρώ.
- Κόστος έργου: 300000 ευρώ.

Παράγοντες που επηρεάζουν τα μεγέθη αυτά είναι:

- Οι τεχνικές λύσεις.
- Η ποιότητα του εξοπλισμού (σωληνωτός ή πλακοειδής εναλλάκτης, σωλήνες από ανοξείδωτο χάλυβας ή γαλβανιζέ).
- Η ποιότητα των εργασιών.
- Ο ενεργός χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Η αξιοποίηση του έργου κλπ.

8.3.2 Ανάκτηση θερμότητας από ζεστό απορριπτόμενο αέρα

Από τις βιομηχανικές παραγωγικές διαδικασίες, χημικές διεργασίες, καύσεις κλπ. απορρίπτονται τεράστιες ποσότητες ζεστών αερίων σε θερμοκρασίες που, συνήθως, φθάνουν τους 200 °C, ενώ αρκετές φορές τους 300 °C, 500 °C ή και 800 °C.

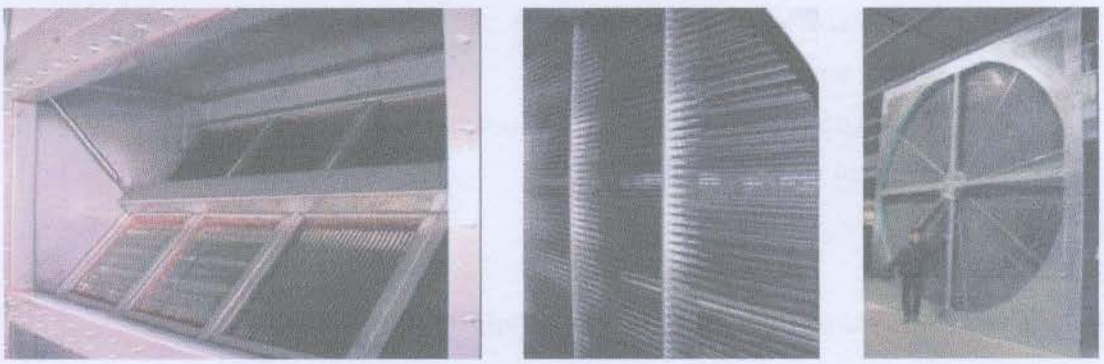
Επομένως, η απόρριψη π.χ. 100000 m^3/h αέρα σε θερμοκρασία 200 °C δεν είναι ευκαταφρόνητη ποσότητα ενέργειας, αν λάβουμε υπόψη μας ότι ο αέρας αυτός αναπληρώνεται κάθε στιγμή από ισόποσο νωπό αέρα μέσης θερμοκρασίας 15 °C.

8.3.2.1 Αποδοτικές τεχνολογίες ανάκτησης θερμότητας αέρα /αέρα

Στις βιομηχανικές εφαρμογές αξιοποίησης της απορριπτόμενης ενέργειας από αέρα, υπάρχουν κάποιες πρόσθετες δυσκολίες, λόγω της υγρασίας, της σκόνης, των ρύπων (κάποιες φορές διαβρωτικών) κλπ. που περιέχουν τα απορριπτόμενα αέρια. Αλλά οι διαθέσιμες τεχνολογίες έχουν δώσει τις λύσεις, στις περισσότερες των περιπτώσεων.

Βασικό θέμα είναι να διατηρούνται συνεχώς καθαρές οι επιφάνειες εναλλαγής, ώστε να μη μειώνεται η απόδοση των εναλλακτών λόγω επικάθισης ρύπων, υγρασίας χνουδιών κλπ. **Για το σκοπό αυτό επιβάλλεται ο (πλήρης) αυτοκαθαρισμός τους εν λειτουργία.**

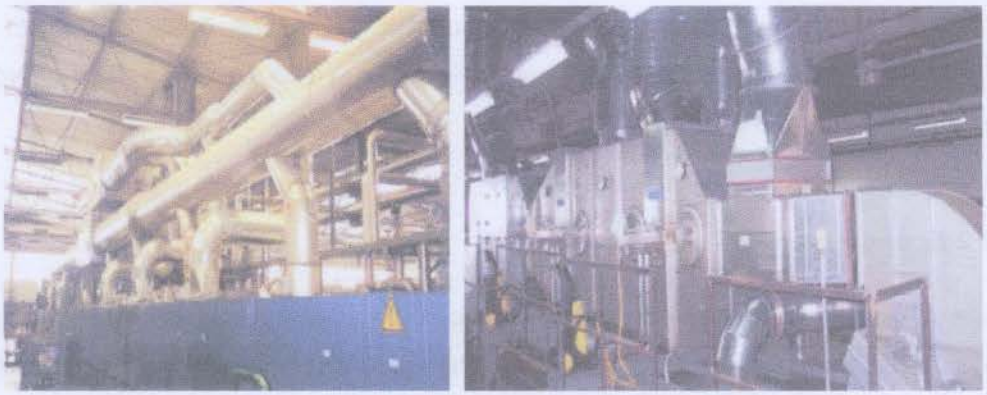
Στις φωτογραφίες που ακολουθούν φαίνονται οι κυριότεροι τύποι εναλλακτών. Αριστερά πλακοειδής εναλλάκτης θερμότητας αέρα /αέρα, στο κέντρο σωληνωτός εναλλάκτης θερμότητας αέρα /νερού και δεξιά εναλλάκτης τύπου Rotary Wheel αέρα /αέρα, παροχής 220000 Nm3/h.



Εικόνα 8.13: Φωτογραφίες εναλλάκτων θερμότητας αέρα /αέρα, αέρα /νερού και τύπου Rotary Wheel αέρα /αέρα, παροχής 220000 Nm^3/h.

Ο εναλλάκτης τύπου Rotary Wheel υπερτερεί σημαντικά των άλλων τύπων, για τους παρα κάτω λόγους:

i. έχει την υψηλότερη ενεργειακή απόδοση, λόγω της μεγάλης επιφάνειας εναλλαγής θερμότητας και
ii. μπορεί να έχει εγκατεστημένο πλήρες σύστημα αυτοκαθαρισμού εν λειτουργία, σε αντίθεση με τους άλλους εναλλάκτες, που πρέπει να σταματήσει η λειτουργία των μηχανών παραγωγής για να ανοιχτούν για καθαρισμό.



Εικόνα 8.14: Φωτογραφία ενός απλού σύστηματος ανάκτησης θερμότητας αέρα /αέρα (αριστερά), και ενός τριπλού σύστηματος ανάκτησης θερμότητας αέρα /αέρα (δεξιά).

Τα συστήματα αυτά είναι πλήρως αυτοκαθαριζόμενα εν λειτουργία, με νερό πίεσης 120 bar και πεπιεσμένο αέρα.

Η αποδοτική τους λειτουργία ελέγχεται, συνεχώς, από ολοκληρωμένα συστήματα SCADA. Σε ελληνικές βιομηχανίες έχουν τοποθετηθεί περισσότερα από 28 τέτοια συστήματα, με χρόνο ανάκτησης κόστους από ένα μέχρι τρία χρόνια, ανάλογα με τον χρόνο λειτουργίας τους.



Εικόνα 8.15: Η πορεία της θερμοκρασίας του απορριπτόμενου αέρα, στο τριπλό σύστημα ανάκτησης θερμότητας της εικόνας 8.13.

Η τυπική πορεία της θερμοκρασίας του απορριπτόμενου αέρα, στο τριπλό σύστημα ανάκτησης θερμότητας της προηγούμενης φωτογραφίας, όπως προκύπτει από τα εγκατεστημένα θερμόμετρα: Ο απορριπτόμενος αέρας εισέρχεται στο τριπλό σύστημα στους 185 °C. Μετά τον πρώτο rotary wheel εξέρχεται στους 65 °C και σε αυτή τη θερμοκρασία εισέρχεται στον δεύτερο rotary wheel για πρόσθετη ανάκτηση θερμότητας.

Από το δεύτερο (εν σειρά) σύστημα ο αέρας εξέρχεται στους 46 °C και στη συνέχεια εισέρχεται σε σύστημα μηχανικών φίλτρων, από το οποίο τελικά βγαίνει στην ατμόσφαιρα στους 40 °C.

8.3.2.2 Economisers

Πρόκειται για μια ιδιαίτερα αξιόπιστη και δοκιμασμένη τεχνολογία Εξοικονόμησης Ενέργειας. Οι economisers τοποθετούνται στις καμινάδες των λεβήτων και ανακτούν θερμότητα από τα απορριπτόμενα καυσαέρια. Η ανακτώμενη ενέργεια χρησιμοποιείται για την αναθέρμανση του νερού τροφοδότησης των λεβήτων, την αναθέρμανση του λαδιού στους λέβητες διαθερμικού λαδιού, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης κλπ.

Βασική επισήμανση: η τελική θερμοκρασία των απορριπτόμενων καυσαερίων πρέπει να είναι πάνω από τους 160 °C, αν τα καύσιμα περιέχουν θείο. Διαφορετικά θα καταστραφούν τόσο ο economiser, όσο και ο βασικός εξοπλισμός. Πρακτικά, οι εναλλάκτες αυτοί χρησιμοποιούνται σε ντηζελομηχανές και σε λέβητες καυσίμων αερίων.

Οι economisers μεγιστοποιούν την ενεργειακή απόδοση των καυσίμων αερίων, σε όλους τους βιομηχανικούς λέβητες και αποτελούν ισχυρότατο περιβαλλοντικό και οικονομικό κίνητρο υποκατάστασης του μαζούτ με το φυσικό αέριο.

Ως προς τα στοιχεία κόστους -οφέλους εγκατάστασης ενός παρόμοιου economiser, παραθέτουμε τα παρακάτω στοιχεία:

- Θερμική ισχύς economiser: 460 kW
- Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας: 1840000 kWh (για λειτουργία 4000 h/χρόνο).
- Ετήσιο οικονομικό όφελος: 37000 ευρώ (για καύσιμο το φυσικό αέριο).
- Κόστος έργου: 75000 ευρώ.

Υπερμεγέθης και αποδοτικός economiser ισχύος 550 KW. Ο economiser αυτός έχει τοποθετηθεί σε ατμολέβητα ελληνικής βιομηχανίας, με σκοπό την αναθέρμανση του νερού τροφοδότησής του. Η εξοικονόμηση ενέργειας προέρχεται από την μείωση της θερμοκρασίας των απορριπτόμενων καυσαερίων. Στο εικονιζόμενο σημείο λειτουργίας του λέβητα, τα καυσαέρια εισέρχονται στον

economiser στους 229 °C και εξέρχονται στους 120 °C. Στη συνήθη λειτουργία, οι αντίστοιχες θερμοκρασίες είναι 215 °C και 105 °C.



Εικόνα 8.16: Υπερμεγέθης και αποδοτικός economiser ισχύος 550 KW.

8.3.3 Ανάκτηση θερμότητας στον κεντρικό κλιματισμό

Η τεχνολογία ανάκτησης θερμότητας στον κεντρικό κλιματισμό είναι πολύ απλή: Στην έξοδο του απορριπτόμενου αέρα τοποθετείται ένας εναλλάκτης θερμότητας, έτσι ώστε αυτός να περάσει από την επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας και να μεταφέρει σημαντικό μέρος της ενέργειάς του στον εισερχόμενο αέρα. Τελικά ο αέρας που εισέρχεται στην κλιματιστική μονάδα είναι προκλιματισμένος (πιο θερμός ή πιο ψυχρός από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ανάλογα αν έχουμε χειμώνα ή καλοκαίρι). Έτσι το Δt που έχει να καλύψει η κλιματιστική μονάδα είναι μικρότερο από ό,τι αν δεν γινόταν ανάκτηση θερμότητας. Σε αυτό οφείλεται και η εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 8.17: Κεντρική κλιματιστική μονάδα σε μεγάλο βιομηχανικό κτίριο.

Προφανώς ο εισερχόμενος αέρας πρέπει να θερμανθεί ή ψυχραθεί (ανάλογα με την εποχή) από την κλιματιστική μονάδα προκειμένου να εισέλθει στο κτίριο. Με

την ανανέωση του αέρα απορρίπτεται στο περιβάλλον το 50% του κλιματισμένου αέρα και ο αέρας αυτός αναπληρώνεται με νωπό, σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Εναλλάκτες θερμότητας γι αυτές τις εφαρμογές είναι οι πλακοειδείς, οι σωληνωτοί και οι Rotary Wheels.

Ως προς τα στοιχεία κόστους-οφέλους και εγκατάστασης ενός παρόμοιου συστήματος με Rotary wheels, παραθέτουμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά στοιχεία:

- Θερμική ισχύς μονάδας: 150 kW
- Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας: 500000 kWh (για ανακύκλωση του 50% του αέρα).
- Ετήσιο οικονομικό όφελος: 22000 ευρώ.
- Κόστος έργου: 75000 ευρώ.
- Κόστος έργου: 46.000 ευρώ.

8.4 Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας

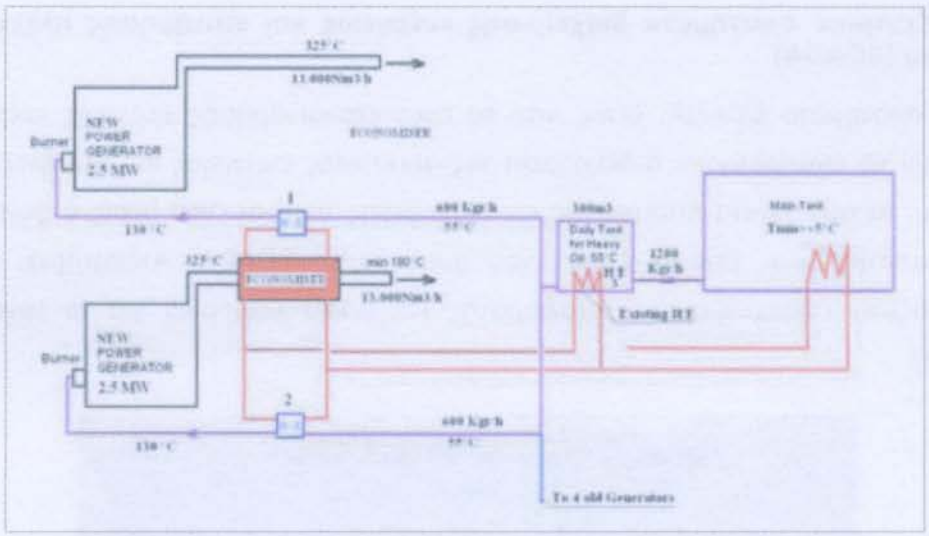
Και στην ηλεκτρική ενέργεια, υπάρχουν τόσο τα περιθώρια εξοικονόμησης όσο και οι κατάλληλες τεχνολογίες για μειώσεις της κατανάλωσης, της τάξης του 5% - 20%. Ενδεικτικά, αναφέρουμε τις παρακάτω τεχνολογίες και εφαρμογές:

8.4.1 Υποκατάσταση ηλεκτρικής ενέργειας με θερμική, εξοικονομώντας σημαντική πρωτογενή ενέργεια

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το παρακάτω, υπό τελικό σχεδιασμό, έργο μας. Σε ενεργοβόρο βιομηχανία, οι ηλεκτρογεννήτριες συνολικής ισχύος άνω των 10 MW χρησιμοποιούν συνεχώς αντιστάσεις ισχύος 200 KW για να θερμαίνουν το μαζούτ τροφοδότησης των μηχανών εσωτερικής καύσης.

Με την εγκατάσταση **κατάλληλης τεχνολογίας** economiser σε μια από τις μηχανές, η θέρμανση του μαζούτ τελικής τροφοδότησης των μηχανών αλλά και των 2 δεξαμενών αποθήκευσης θα γίνεται δωρεάν, με την θερμότητα των καυσαερίων.

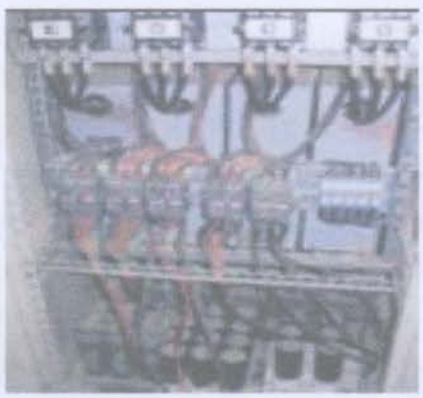
Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας θα αποσβέσει το έργο σε σύντομο χρονικό διάστημα.



Διάγραμμα 8.11: Σχηματικό διάγραμμα εγκατάστασης economiser για την προθέρμανση του μαζούτ τελικής τροφοδότησης των μηχανών αλλά και των 2 δεξαμενών αποθήκευσης.

8.4.2 Βελτίωση συντελεστού ισχύος σε εγκαταστάσεις μέσης τάσης

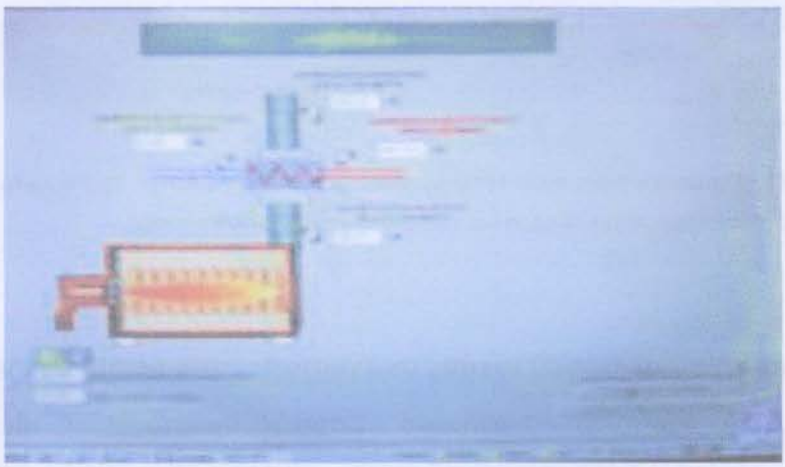
Σε δίκτυα μέσης τάσης, με συστήματα κεντρικής αντιστάθμισης, βελτιώνεται ο συντελεστής ισχύος από τα συνηθισμένα επίπεδα του 0,85 στο 1. Έτσι εξοικονομούνται ηλεκτρική ενέργεια και χρήματα. Αναφορές: Πρόγραμμα ΕΞΕ στα 40 αεροδρόμια της Ελλάδας (έτος 1986), βιομηχανίες ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ, ΦΙΕΡΑΤΕΞ, ΕΛΑΪΣ, ΕΛΦΙΚΟ, ΑΠΟΛΛΩΝ κλπ.



Εικόνα 8.18: Φωτογραφία συστήματος κεντρικής αντιστάθμισης τάσης σε εγκαταστάσεις μέσης τάσης.

8.4.3 Κεντρικά συστήματα διαχείρισης ενέργειας και επιτήρησης ηλεκτρικού φορτίου (SCADA)

Με τα συστήματα SCADA, εκτός από τα έργα εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας, μπορούν να επιτηρούνται: η διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας και του ηλεκτρικού φορτίου, τα συστήματα παραγωγής και διαχείρισης πεπιεσμένου αέρα, ο φωτισμός, ο κλιματισμός κ.α. Βασική δομή ενός συστήματος SCADA: Αισθητήρια, δίκτυα τηλενδείξεων /τηλεχειρισμών, υπολογιστής και ειδικό λογισμικό για το έργο που επιτηρεί.



Εικόνα 8.19: Φωτογραφία κατά την χρήση του λογισμικού ελέγχου συστήματος SCADA.

8.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ VOCs, ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΓΩΝΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στη παρούσα ενότητα θα παρουσιάσουμε τεχνολογίες καταπολέμησης των αέριων ρύπων VOCs, από την οπτική γωνία της κατανάλωσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ίδιες τεχνολογίες επιλέγονται και για τον περιορισμό εκλυόμενων οσμών σε Βιολογικούς Καθαρισμούς. Στα συστήματα αντιρρύπανσης, η επίτευξη της επιθυμητής περιβαλλοντικής απόδοσης, με την εξασφάλιση της μείωσης των συγκεντρώσεων ρύπων στο τελικό σημείο απόρριψης, είναι σαφέστατα ο πρωταρχικός και ύψιστος στόχος. Η τεχνολογική ανάπτυξη των συστημάτων αντιρρύπανσης εγγυάται σε μεγάλο βαθμό την επίτευξη του στόχου αυτού. Το θέμα, όμως, είναι και με τι λειτουργικό 'αντίτιμο' επιτυγχάνουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Και όπως θα δούμε, τα μεγάλα θερμικά φορτία που απαιτούνται για την αντιρρύπανση από VOCs, καθιστούν το λειτουργικό κόστος εξαιρετικά κρίσιμο παράγοντα.

Η ονομασία VOC (Volatile Organic Compound) συναντάται στην ελληνική ορολογία ως Πτητική Οργανική Ένωση (ΠΟΕ). Οι ρύποι αυτοί εκλύονται από πλήθος στερεών ή υγρών ουσιών, είναι άχρωμοι και άγευστοι. Ουσίες, υλικά, δραστηριότητες και παραγωγικές διαδικασίες που παρουσιάζουν εκπομπές VOC είναι: διαλύτες, χρώματα, βερνίκια, λούστρα, καύσιμα, καυσαέρια οχημάτων, εκτυπώσεις, τυπογραφία, υφαντουργία, απογύμνωση χρωμάτων, προϊόντα καθαρισμού, απολυμαντικά, εντομοκτόνα, sprays, οικοδομικά υλικά, δάπεδα, ταπετσαρίες, έπιπλα, στεγανωτικά, συσκευές γραφείων, διορθωτικά υγρά, υλικά γραφιστικής τέχνης, κολλητικές ουσίες, αρωματικά χώρου, καλλυντικά, αρώματα, καπνός κ.α. Κατά την χρήση των παραπάνω υλικών ή την εκτέλεση διεργασιών, μέρος των χημικών ουσιών παραμένει στο τελικό προϊόν, όμως ένα μεγάλο μέρος τους εξατμίζεται και διαφεύγει στην ατμόσφαιρα. Την δέσμευση αυτών των εκλυόμενων ουσιών αναλαμβάνουν τα συστήματα αντιρρύπανσης που θα περιγραφούν.

Με την ισχύουσα Νομοθεσία **'Μέτρα και όροι για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ) που οφείλονται στη χρήση οργανικώνδιαλυτών σε ορισμένες δραστηριότητες και εγκαταστάσεις'** (ΚΥΑ 11641/1942/2002, ΦΕΚ 832Β/2-7-2002) περιγράφεται ένα εθνικό σχέδιο δράσεων και μέτρων, προσδιορίζοντας:

- τις δραστηριότητες για τις οποίες ισχύει το σχέδιο
- τη μείωση των εκπομπών που πρέπει να επιτύχουν οι δραστηριότητες, βάσει των οριακών τιμών που καθορίζονται στη συγκεκριμένη νομοθεσία
- τον αριθμό των εγκαταστάσεων που αφορά το σχέδιο, τις συνολικές εκπομπές τους και τις συνολικές εκπομπές κάθε δραστηριότητας.

Με βάση την παραπάνω ΚΥΑ, τα όρια εκπομπών κυμαίνονται από 20 έως 150 mg C/Nm^3, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής, ενώ όλες οι εγκαταστάσεις όπου έχουν εκπομπές VOCs, θα πρέπει να τηρούν τα προβλεπόμενα όρια έως τις 31/10/2007.

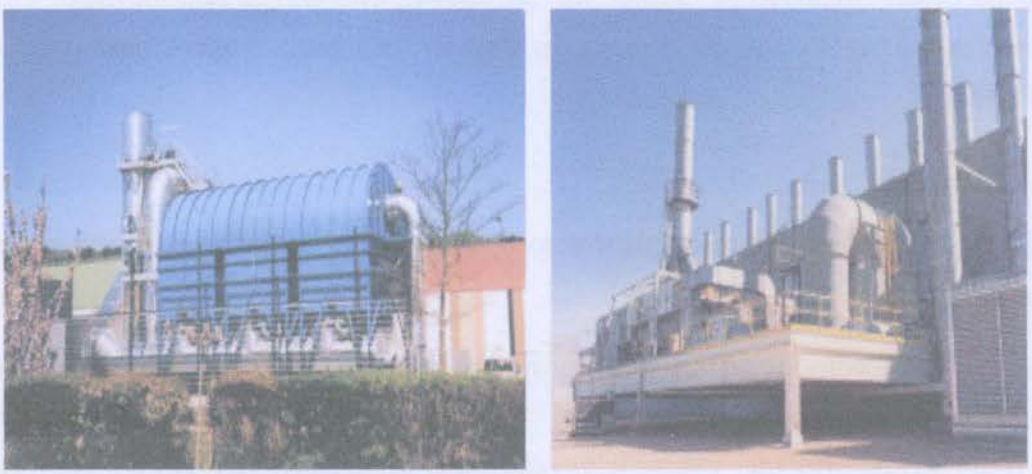
8.5.1 Αρχή λειτουργίας συστημάτων αντιρρύπανσης - παράμετροι ενεργειακού σχεδιασμού

Η γενική αρχή λειτουργίας των συστημάτων είναι η εξής: ο αέρας εξέρχεται από την παραγωγική διαδικασία με αυξημένη συγκέντρωση σε VOCs, εισέρχεται στο σύστημα αντιρρύπανσης, γίνεται η συγκράτηση-καταστροφή των ρύπων και τελικά απορρίπτεται στην ατμόσφαιρα, με συγκεντρώσεις ρύπων μειωμένες στα επιτρεπτά

πλέον επίπεδα. Η καταστροφή των ρύπων γίνεται με την θέρμανση του αερίου ρεύματος που περιέχει τα VOCs στην θερμοκρασία οξείδωσής τους (760 – 850 °C, ανάλογα με τον τύπο των ενώσεων). Σε αυτή την θερμοκρασία, οι οργανικές ενώσεις μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό, σύμφωνα με τη χημική αντίδραση της καύσης.

Δύο είναι οι βασικές ενεργειακές καταναλώσεις που μπορούμε να διακρίνουμε σε αυτά τα συστήματα αντιρρύπανσης: θερμική ενέργεια για την καύση και ηλεκτρική ενέργεια για την διακίνηση του αέρα από τον ανεμιστήρα του συστήματος. Τα προς επεξεργασία απαέρια, έχουν κατά την έξοδό τους από τις παραγωγικές διαδικασίες θερμοκρασία 30 – 200 °C, οπότε γίνεται αντιληπτό ότι για τη θερμοκρασιακή ανύψωση τους στους 800 °C απαιτούνται μεγάλα ποσά θερμότητας. Η θερμότητα αυτή προσδίδεται με την καύση υγρών ή αέριων καυσίμων. Σημαντική συνεισφορά στην συνολική απαιτούμενη θερμότητα έχουν και τα ίδια τα VOCs, μέσα από την θερμογόνο δύναμη που εκλύουν κατά την καύση τους. Όσο μικρότερη είναι η παροχή όγκου και όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των VOCs στον αέρα, τόσο μικρότερη κατανάλωση καυσίμων απαιτείται.

Όπως φαίνεται στις δύο ενδεικτικές φωτογραφίες συστημάτων αντιρρύπανσης από VOCs που ακολουθούν, πρόκειται για ιδιαίτερα ογκώδεις εγκαταστάσεις, ανάλογα βέβαια με την διακινούμενη παροχή απαερίων που επεξεργάζονται. Η παροχή αυτή πολλές φορές ξεπερνά τα 100000 Nm^3/h και κάποιες φορές τις 250000 Nm^3/h, ενώ δεν είναι σπάνιο οι ενεργειακές απαιτήσεις λειτουργίας των συστημάτων να είναι μεγαλύτερες από τις συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια ολόκληρου του εργοστασίου.



Εικόνα 8.20: Φωτογραφίες εγκατεστημένων συστημάτων αντιρρύπανσης από VOCs.

Εγκατεστημένα συστήματα αντιρρύπανσης από VOCs

Επομένως, ο σωστός ενεργειακός σχεδιασμός των συστημάτων είναι μία πολύ κρίσιμη παράμετρος για την οικονομική λειτουργία της αντιρρύπανσης. Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής τουςμπορεί να γίνει με τους ακόλουθους τρόπους:

- Έλεγχος και μείωση του όγκου των απαερίων
- Προθέρμανση του εισερχόμενου αέρα και ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα απαέρια
- Ελαχιστοποίηση της πτώσης πίεσης
- Μονώσεις των εξωτερικών επιφανειών
- Αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας

Μείωση του όγκου των απαερίων

Η συνολική απορριπτόμενη ποσότητα αέρα μπορεί σε ορισμένες εφαρμογές να ξεπερνάει και τα 250000 m^3/h. Η κατασκευή ενός συστήματος αντιρρύπανσης για παροχή πχ. 250000 m^3/h οδηγεί, προφανώς, σε μία τεράστιου μεγέθους εγκατάσταση με πολύ υψηλές λειτουργικές δαπάνες. Πριν, λοιπόν, τον τελικό σχεδιασμό της μονάδας αντιρρύπανσης, θα πρέπει να εξεταστεί πολύ προσεκτικά η παραγωγική διαδικασία του εργοστασίου και ο ταυτοχρονισμός των μηχανών, ώστε να εκτιμηθεί σωστά η ακριβής απορριπτόμενη ποσότητα του αέρα. Επίσης, μέσω ανακυκλοφορίας του αναρροφούμενου από τις μηχανές παραγωγής αέρα, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική μείωση της τελικά απορριπτόμενης παροχής έως και 30%. Μείωση της παροχής, όμως, σημαίνει αύξηση της συγκέντρωσης των ρύπων και άρα λιγότερη κατανάλωση καυσίμων. Προσοχή πρέπει να δοθεί στις επικίνδυνες συνθήκες έκρηξης στις μηχανές από την μη ελεγχόμενη αύξηση της συγκέντρωσης VOCs στον αέρα ανακυκλοφορίας και για αυτό συνιστάται η εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης της συγκέντρωσης των ρύπων.

Προθέρμανση του εισερχόμενου αέρα και ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα απαέρια

Η θερμοκρασιακή ανύψωση από τους 30 – 200 °C στους 800 °C είναι πολύ ενεργοβόρα, αν αναλογιστούμε και τη μεγάλη διακινούμενη παροχή. Επιπρόσθετα, η απόρριψη των απαερίων της καύσης στην ατμόσφαιρα, στους 800 °C, σημαίνει μη αξιοποίηση σημαντικού ποσού θερμότητας. Μία πολύ καλή αξιοποίηση της ενέργειας

αυτής είναι η χρήση της είτε για την προθέρμανση του εισερχόμενου αέρα είτε και σε άλλες ανάγκες της παραγωγής. Αξιόπιστους και δοκιμασμένους τρόπους ανάκτησης της απορριπτόμενης θερμότητας θα δούμε στη συνέχεια, σε συγκεκριμένα συστήματα αντιρρύπανσης.

Ελαχιστοποίηση της πτώσης πίεσης

Κακός σχεδιασμός και διαστασιολόγηση ενός συστήματος αντιρρύπανσης έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη πτώση πίεσης, κατά την διέλευση του αέρα. Μεγάλη πτώση πίεσης σημαίνει μεγαλύτερος ανεμιστήρας και αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα συχνό φαινόμενο είναι να κατασκευάζονται συστήματα με μικρότερο από τον απαιτούμενο -για την διαχειριζόμενη παροχή- όγκο, με στόχο τη μείωση του κόστους κατασκευής. Αυτός ο σχεδιασμός οδηγεί σε οικονομικότερη κατασκευή, αλλά και σε μεγάλη αύξηση της πτώσης πίεσης λόγω δυσκολίας διέλευσης του αέρα. Τα συστήματα, επομένως, πρέπει να παρέχουν άνετη διέλευση του αέρα, ώστε να επιτυγχάνεται μείωση των τριβών και της πτώσης πίεσης, καθώς και καλή ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση.

Μονώσεις των εξωτερικών επιφανειών

Το ενεργειακό όφελος από την μόνωση των εξωτερικών μεταλλικών επιφανειών ενός συστήματος αντιρρύπανσης, εντός του οποίου περικλείεται τόσο μεγάλα ποσά θερμικής ενέργειας, είναι προφανές. Σε ένα καλά μονωμένο σύστημα δεν αποφεύγονται απώλειες θερμότητας της τάξης του 1 KW ανά 1000 Nm^3/h. Με τη σωστή, όμως, μόνωση περιορίζονται οι απώλειες, υπάρχει περισσότερη θερμότητα για ανάκτηση από τα απαέρια και άρα απαιτείται λιγότερη κατανάλωση καυσίμων.

Αυτόματος έλεγχος της λειτουργίας

Η λειτουργία ενός συστήματος αντιρρύπανσης είναι ένας συνδυασμός ταυτόχρονης λειτουργίας πολλών επιμέρους υποσυστημάτων (καυστήρες, διαφράγματα, θερμοστοιχεία, ανεμιστήρας, αισθητήρια, συστήματα ασφαλείας κ.α.). Αποδοτική και ασφαλής συνεργασία τους μπορεί να γίνει μόνο μέσω ενός εξελιγμένου συστήματος αυτόματου ελέγχου. Η εξοικονόμηση ενέργειας από το σύστημα ελέγχου έγκειται στον έλεγχο της διακινούμενης παροχής αέρα, στη ρύθμιση του χρόνου παραμονής

στο σύστημα, στον έλεγχο της συγκέντρωσης ρύπων, στον θερμοκρασιακό έλεγχο, στην οικονομική λειτουργία του ανεμιστήρα μέσω inverter κ.α.

8.5.2 Τεχνολογίες Δέσμευσης VOCs και Ενεργειακή Ανάλυσή τους

Θα περιγραφούν, από περιβαλλοντικής και ενεργειακής σκοπιάς, οι εξής τεχνολογίες περιορισμού των VOCs:

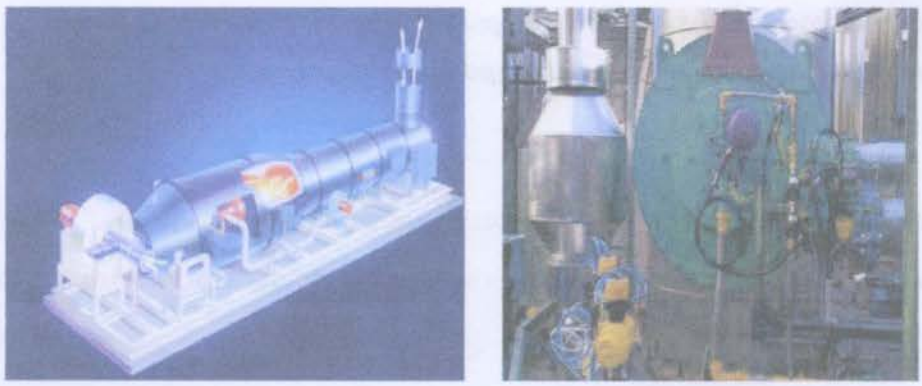
i. Θερμική Οξείδωση με Άμεση Καύση (Direct Fired Oxidation)
ii. Θερμική Οξείδωση με Ανάκτηση (Recuperative Thermal Oxidation)
iii. Θερμική Οξείδωση με Αναγέννηση (Regenerative Thermal Oxidation)
iv. Συστήματα Προσρόφησης (Adsorption Systems)

Στις τρεις πρώτες τεχνολογίες γίνεται αποκλειστικά καταστροφή των VOCs, ενώ με τα Συστήματα Προσρόφησης μπορεί να επιτευχθεί -υπό ορισμένες προϋποθέσεις- και ανάκτηση των εκλυόμενων διαλυτών. Εξίσου σημαντικές παράμετροι σχεδιασμού των συστημάτων αυτών είναι η ποιότητα κατασκευής, η επισκεψιμότητα των λειτουργικών τμημάτων της εγκατάστασης και η ευκολία συντήρησής τους.

8.5.2.1 Θερμική Οξείδωση με Άμεση Καύση

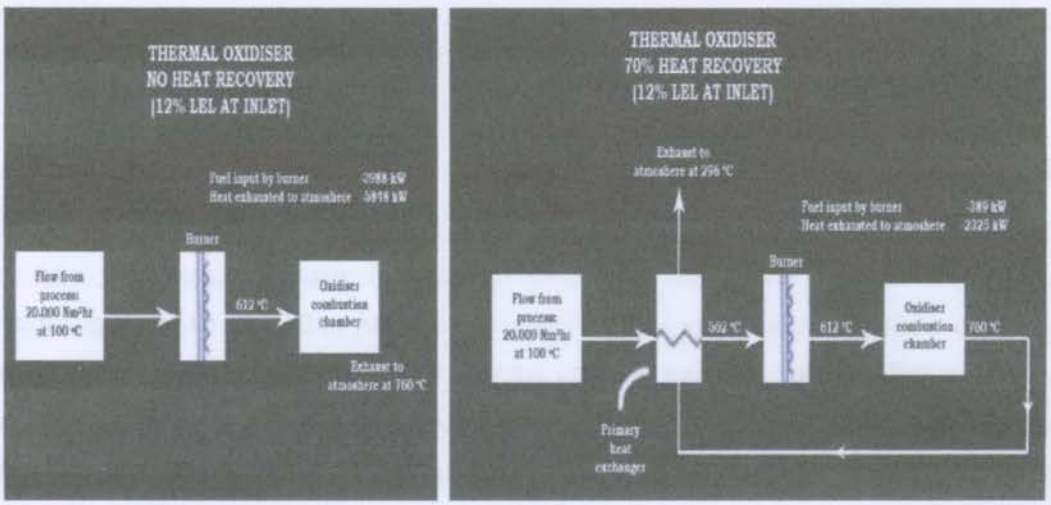
Πρόκειται για έναν θάλαμο καύσης, όπου εισέρχεται απευθείας ο αέρας –συνήθως χωρίς καμία προθέρμανση- και μέσα από την συνεχή παροχή θερμότητας από τον καυστήρα γίνεται η καύση των VOCs. Είναι η πιο απλή μέθοδος, αλλά ενεργειακά η λιγότερο ενδεδειγμένη. Πλεονεκτεί στην απλότητα κατασκευής και λειτουργίας, στο χαμηλό κόστος επένδυσης, στην καλή περιβαλλοντική απόδοση και στην ευελιξία στον τύπο και τις συγκεντρώσεις ρύπων που διαχειρίζεται. Μειονεκτεί, όμως, στην πολύ χαμηλή ενεργειακή απόδοση (υψηλή κατανάλωση καυσίμων).

Η συνολική ενεργειακή απόδοση μπορεί να αυξηθεί αν ο εξερχόμενος, μετά την καύση, θερμός αέρας των περίπου 800 °C χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση αέρα (π.χ. των εισερχόμενων στο σύστημα απαερίων) ή νερού παραγωγής, με την εγκατάσταση εξωτερικών εναλλακτών θερμότητας.



Εικόνα 8.21: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας και ένα εγκατεστημένο σύστημα Direct Fired Oxidiser.

Στα δύο παρακάτω σχήματα φαίνεται η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται ανακτώντας θερμότητα από τον εξερχόμενο αέρα. Στην αριστερή φωτογραφία, χωρίς ανάκτηση θερμότητας, απορρίπτονται ανεκμετάλλευτα στο περιβάλλον 5,8 MW θερμότητας, ενώ στην δεξιά φωτογραφία, η ανάκτηση θερμότητας από τον απορριπτόμενο αέρα οδηγεί σε εξοικονόμηση 3,6 MW.

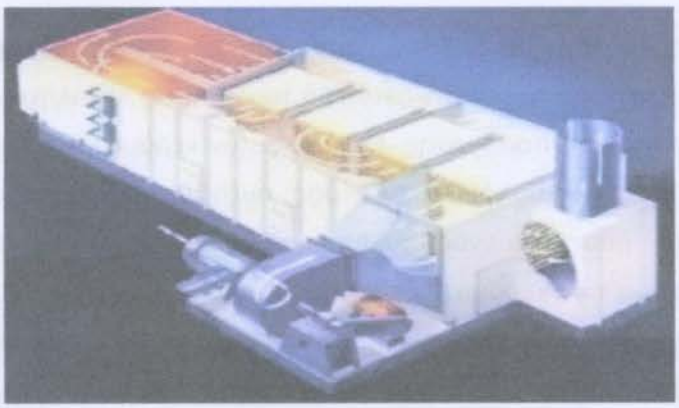


Διάγραμμα 8.12: Ενεργειακή απόδοση συστήματος Άμεσης Καύσης.

8.5.2.2 Recuperative Thermal Oxidation

Η **Θερμική Οξείδωση με Ανάκτηση** είναι κατάλληλη σε εφαρμογές σχετικά μικρής παροχής απαερίων, με θερμική απόδοση να φτάνει έως το 70% και απόδοση καταστροφής VOCs το 99%. Ο εισερχόμενος αέρας, πριν την είσοδό του στον χώρο καύσης, προθερμαίνεται περνώντας μέσα από ειδικό σωληνωτό μεταλλικό εναλλάκτη θερμότητας διασταυρούμενης ροής. Στον θάλαμο καύσης, ο αέρας θερμαίνεται μέχρι

την απαιτούμενη θερμοκρασία καύσης και στη συνέχεια παραμένει σε αυτή την θερμοκρασία, στον ειδικό θάλαμο (retention chamber) για τον απαραίτητο χρόνο πλήρους οξείδωσης των οργανικών ενώσεων (1 - 3 sec). Στη συνέχεια, το αέριο ρεύμα εξέρχεται από το σύστημα, αφού διαπεράσει από τα στοιχεία του εναλλάκτη και προθερμάνει τον εισερχόμενο αέρα.



Εικόνα 8.22: Σχηματική αναπαράσταση εγκατάστασης θαλάμου θερμικής οξείδωσης με ανάκτηση.



Εικόνα 8.23: Εγκατάσταση Recuperative Thermal Oxidiser.

Επομένως, λόγω της προθέρμανσης, αλλά και της χρησιμοποίησης του εισερχόμενου αέρα ως αέρα καύσης, μειώνεται κατά πολύ το λειτουργικό κόστος.

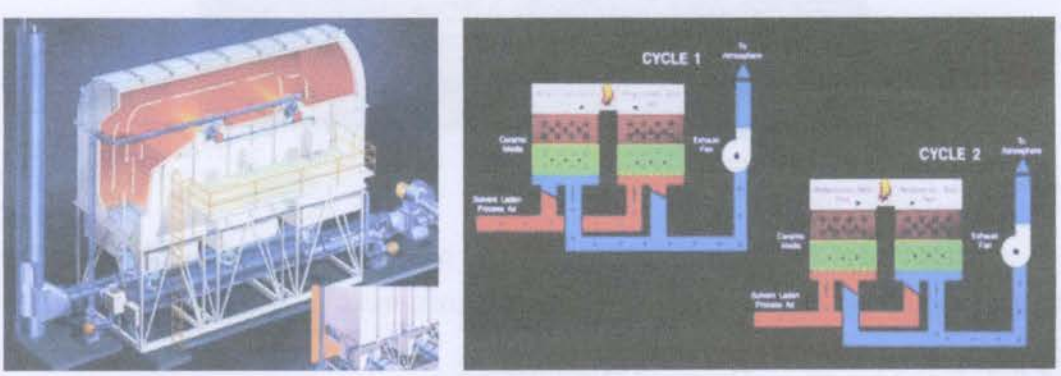
8.5.2.3 Regenerative Thermal Oxidation

Τα συστήματα **Αναγεννητικής Θερμικής Οξείδωσης** είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία για την απομάκρυνση VOCs. Μπορούν να διαχειριστούν μεγάλο εύρος παροχών και η περιβαλλοντική τους απόδοση φτάνει το 99%. Είναι καταλληλότερη τεχνολογία, αν πρόκειται να διαχειριστεί αέρια που ενδεχομένως προκαλούν προβλήματα διαβρώσεων ή επικαθίσεων. Μεγάλο, όμως, συγκριτικό πλεονέκτημα σε

σχέση με όλες τις υπόλοιπες τεχνολογίες είναι η πολύ υψηλή και σταθερή θερμική απόδοση, η οποία μπορεί να ξεπεράσει και το 95%, μειώνοντας στο ελάχιστο τις ενεργειακές λειτουργικές δαπάνες. Η ανάκτηση θερμότητας επιτυγχάνεται με χρήση, ως μέσων μεταφοράς θερμότητας, κλινών από κεραμικά υλικά, τα οποία παρέχουν σημαντική ανάκτηση θερμότητας για τον όγκο που κατέχουν, περιορίζοντας έτσι τον απαιτούμενο χώρο της εγκατάστασης.

Μία εγκατάσταση αποτελείται από δύο ή περισσότερους κυλινδρικούς θαλάμους (canisters), οι οποίοι στον ανώτερό τους σημείο καταλήγουν σε έναν κοινό οριζόντιο θάλαμο καύσης-παραμονής. Οι κλίνες των κεραμικών πληρωτικών υλικών βρίσκονται στη βάση των θαλάμων. Ο αέρας, αυξημένης συγκέντρωσης σε VOCs, εισέρχεται από την βάση του ενός θαλάμου, προθερμαίνεται κατά το πέρασμα του μέσα από το στρώμα των κεραμικών και καταλήγει στον θάλαμο καύσης. Σε αυτό το σημείο η θερμοκρασία του αερίου είναι ήδη αρκετά υψηλή, κοντά στους 750 °C. Η επιπλέον θερμότητα, αν χρειάζεται, προσδίδεται μέσω της λειτουργίας των καυστήρων. Μάλιστα, αν η συγκέντρωση των VOCs στην είσοδο του συστήματος ξεπερνά τα 2 gr /Nm^3, τότε η όλη διαδικασία της καύσης είναι πρακτικά θερμικά αυτοσυντηρούμενη, χωρίς δηλαδή καύση πρόσθετου καυσίμου.

Οι οξειδωμένοι πλέον αέριοι ρύποι οδηγούνται μαζί με το αέριο ρεύμα προς το περιβάλλον, αφού όμως διαπεράσουν μέσα από τον δεύτερο κατακόρυφο θάλαμο, όπου λόγω της υψηλής θερμοκρασίας θερμαίνουν τα κεραμικά υλικά, αφήνοντας μεγάλο μέρος της θερμότητά τους.



Εικόνα 8.24: Σχηματική αναπαράσταση Regenerative Thermal Oxidiser (RTO) τριών θαλάμων (canisters) και κύκλος λειτουργίας RTO με δύο θαλάμους.

Μετά από καθορισμένο χρονικό διάστημα, της τάξης των 3 λεπτών ανάλογα με τη συγκέντρωση VOCs, αλλάζει μέσω διαφραγμάτων ο θάλαμος εισαγωγής. Το αέριο ρεύμα εισέρχεται από την βάση του δεύτερου θαλάμου, προθερμαίνεται από τα

πυρωμένα πληρωτικά υλικά και εισέρχεται στον θάλαμο καύσης. Αυτή η διαδικασία εναλλαγής των θαλάμων εισαγωγής επαναλαμβάνεται διαρκώς.

Αν η συγκέντρωση VOCs στο αέριο ρεύμα είναι αρκετά υψηλή, τότε επιβάλλεται η τοποθέτηση ενός επιπλέον θαλάμου, ο οποίος θα λειτουργεί ως 'θάλαμος καθαρισμού' ('purge cycle'). Για λόγους απλότητας η περιγραφή περιορίστηκε σε ένα σύστημα δύο θαλάμων. Για διαχείριση μεγαλύτερων παροχών εγκαθίστανται συστήματα με τρεις ή πέντε, με τους οποίους αυξάνεται ο διαθέσιμος ενεργός όγκος διαχείρισης του αερίου ρεύματος.



Εικόνα 8.25: Εγκατεστημένα συστήματα RTO, 3 και 5 θαλάμων.

Πίνακας 8.1: Τυπικές θερμοκρασίες αέριων ρευμάτων.

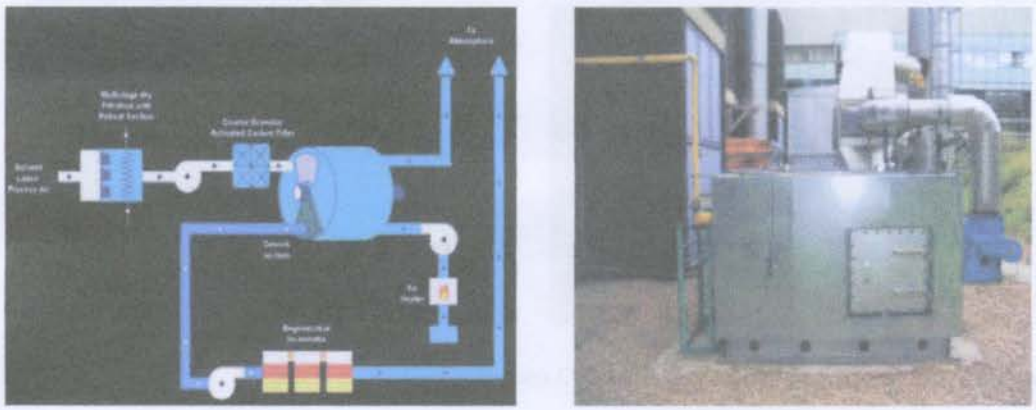
Τυπικές θερμοκρασίες αερίου ρεύματος:	
Είσοδος	37 °C
Μετά την προθέρμανση	780 °C
Στον θάλαμο καύσης	815 °C
Έξοδος στο περιβάλλον	77 °C

8.5.2.4 Συστήματα προσρόφησης

Με τα συστήματα προσρόφησης γίνεται η δέσμευση των αερίων ρύπων από άλλα, κατάλληλα για το σκοπό αυτό, υλικά (κυρίως ζεόλιθος και ενεργός άνθρακας). Στην τεχνολογία που θα αναφερθούμε το προσροφητικό υλικό βρίσκεται σε

περιστρεφόμενους τροχούς (rotary concentrators), παρεμφερή, όμως αρχή λειτουργίας έχουν και οι σταθερές κλίνες. Επιλέγονται σε περιπτώσεις που η παροχή του αερίου ρεύματος είναι εξαιρετικά μεγάλη και η συγκέντρωση ρύπων αρκετά μικρή.

Με τα συστήματα αυτά τα VOCs συγκεντρώνονται σε ένα μικρότερου όγκου αέριο ρεύμα, το οποίο στη συνέχεια οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία (καταστροφή των VOCs ή ανάκτηση διαλυτών). Η εξοικονόμηση ενέργειας οφείλεται στο ότι έχουμε προς επεξεργασία, πλέον, μικρότερη παροχή αερίων (συνεπώς μικρότερη εγκατάσταση και μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας) με μεγαλύτερη συγκέντρωση αερίων ρύπων (μείωση κατανάλωσης καυσίμων).



Εικόνα 8.26: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας ενός συστήματος προσρόφησης και ένα εγκατεστημένο σύστημα Rotary Concentrator μαζί με Recuperative Thermal Oxidiser.

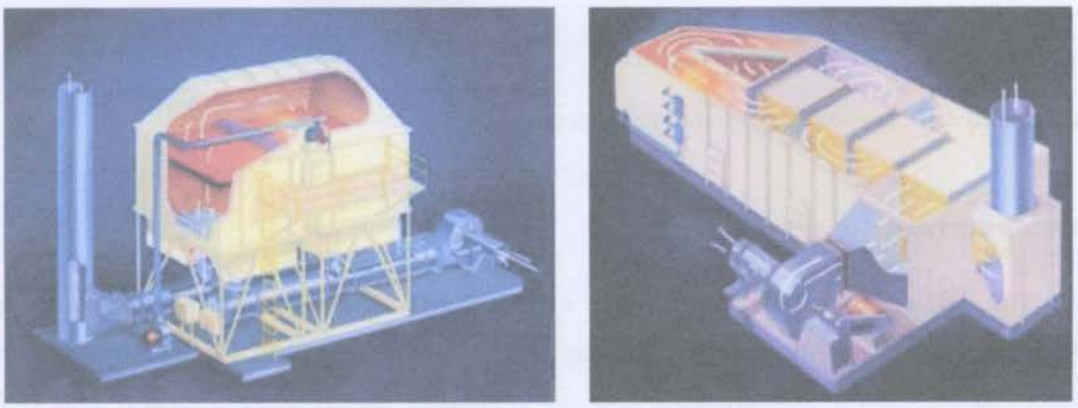
Το αέριο ρεύμα περνάει μέσα από το μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας του περιστρεφόμενου τροχού. Το προσροφητικό υλικό συγκρατεί τους ρύπους, οπότε το αέριο ρεύμα εξέρχεται στην ατμόσφαιρα απαλλαγμένο από τα VOCs. Ταυτόχρονα, ένα μικρότερης παροχής θερμό ρεύμα αέρα διέρχεται από την υπόλοιπη επιφάνεια του τροχού αφαιρεί από το προσροφητικό μέσο τα VOCs (εκρόφηση). Το αέριο ρεύμα αυτό στη συνέχεια οδηγείται σε ένα σύστημα καταστροφής των ρύπων ή σε μία εγκατάσταση ανάκτησης διαλυτών.

Η τεχνολογία αυτή κρίνεται ακατάλληλη για περιοχές με κλίμα όπως η Ελλάδα, καθώς αποδοτική προσρόφηση υπάρχει εάν ο αέρας στην είσοδο του τροχού έχει θερμοκρασία το πολύ 35 °C. Άρα, απαιτείται η ψύξη του και στη χώρα μας, η οικονομική ψύξη σε αυτή την θερμοκρασία, με χρήση αέρα περιβάλλοντος,

δεν είναι όλο τον χρόνο εφικτή, ενώ ψυκτική εγκατάσταση για την ψύξη ενός πολύ μεγάλου όγκου αέρα αυξάνει υπερβολικά το συνολικό κόστος.

Η χρήση καταλύτη

Οι τεχνολογίες RTO (Recuperative Thermal Oxidation και Regenerative Thermal Oxidation) μπορούν να βελτιωθούν ενεργειακά με τη χρήση καταλύτη. Η κατασκευαστική διαφοροποίησή τους συνίσταται στην προσθήκη ενός στρώματος καταλυτικού υλικού στον θάλαμο καύσης, μέσα από το οποίο περνάνε τα αέρια (βλ. σχήματα που ακολουθούν). Ο αέρας αρκεί τώρα να έχει θερμοκρασία, πριν το καταλύτη, μόλις 250 °C – 400 °C. Ως καταλύτες χρησιμοποιούνται λευκόχρυσος, πλατινικά μέταλλα, διοξείδιο του μαγγανίου κ.α. Μειονέκτημα, όμως, είναι το υψηλό κόστος και οι ειδικές συνθήκες λειτουργίας που απαιτεί η χρήση καταλύτη, όπως η εξασφάλιση συνεχώς ομοιόμορφων συνθηκών θερμοκρασίας και παροχής του αερίου ρεύματος στην είσοδο του καταλύτη, καθώς και η μη ευελιξία τους στην διαφοροποίηση των VOCs.



Εικόνα 8.27: Σχηματική αναπαράσταση συστημάτων Καταλυτικής Οξείδωσης.

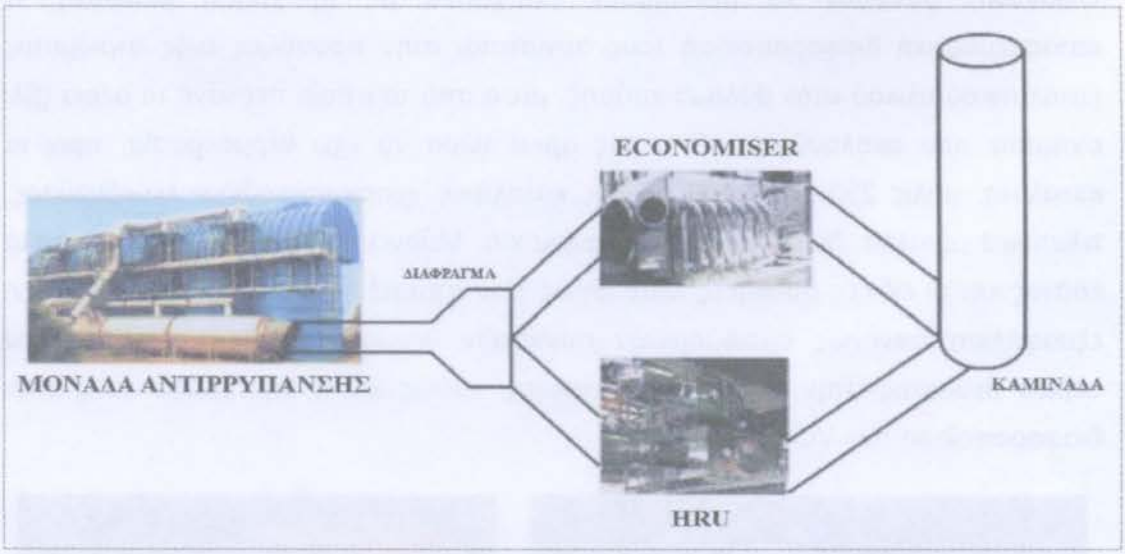
8.5.3 Παραδείγματα Εφαρμογών

8.5.3.1 Ολοκληρωμένο σύστημα Αντιρρύπανσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας

Το έργο αυτό είναι το πρώτο που έχει σχεδιαστεί για τις ανάγκες μεγάλης ελληνικής βιομηχανίας και ίσως πρόκειται, και για την πρώτη ανάλογη εφαρμογή στη διεθνή αγορά. Τα VOCs του απορριπτόμενου αέρα προέρχονται από χρήση διαλυτών στις παραγωγικές διεργασίες.

Από τη μονάδα αντιρρύπανσης θα απορρίπτονται 21000 Nm^3/h απαερίων στους 270 °C. Επομένως, το σημαντικότατο αυτό «ενεργειακό δυναμικό» μπορεί να

αξιοποιηθεί με αξιόπιστες τεχνολογίες ανάκτησης θερμότητας, οι οποίες έχουν δοκιμασθεί επιτυχώς σε πολλά έργα σε ελληνικές βιομηχανίες. Πιο συγκεκριμένα, η ανακτώμενη θερμότητα θα αξιοποιηθεί για την θέρμανση αέρα και νερού για τις γραμμές παραγωγής του εργοστασίου.



Διάγραμμα 8.13: Συνδυασμένο σύστημα αντιρρύπανσης κα εξοικονόμησης ενέργειας.

Αντιρρύπανση

Για την αντιρρύπανση έχει επιλεγεί ένα Regenerative Thermal Oxidiser τριών θαλάμων (3 canisters RTO), δυναμικότητας 21000 Nm^3/h, με 97% απόδοση καταστροφής των VOCs και 95% θερμική απόδοση. Αξιοσημείωτη είναι η μηδενική κατανάλωση καυσίμων κατά την σταθερή λειτουργία του συστήματος, γεγονός το οποίο οφείλεται στην προθέρμανση του εισερχόμενου αέρα από τον εσωτερικό εναλλάκτη των κεραμικών υλικών, αλλά και στην αυξημένη συγκέντρωση σε VOCs (3,6 gr/Nm^3).

Ανάκτηση θερμότητας για παραγωγή ζεστού νερού

Σήμερα, οι ανάγκες της παραγωγής σε ζεστό νερό καλύπτονται από έναν ατμολέβητα και δυο λέβητες νερού. Ανακτώντας, όμως, μέρος της θερμότητας που απορρίπτεται από το RTO, θα καλύπτονται πλήρως η ζήτηση, θέτοντας εκτός λειτουργίας τους τρεις λέβητες. Αυτό μπορεί να γίνει με την εγκατάσταση ενός

economiser, θερμικής ισχύος 1150 KW, όπου θα παράγονται 18 m^3/h ζεστού νερού, θερμοκρασίας 80 °C.



Εικόνα 8.28: Φωτογραφία economiser.

Η νέα οδηγία της Ε.Ε. ορίζει ότι οι economisers πρέπει να κατασκευάζονται με αυστηρές προδιαγραφές και να έχουν πιστοποιηθεί από τους αρμόδιους φορείς με σήμανση CE, Declaration of Conformity, Design/Test Approvals κ.α.

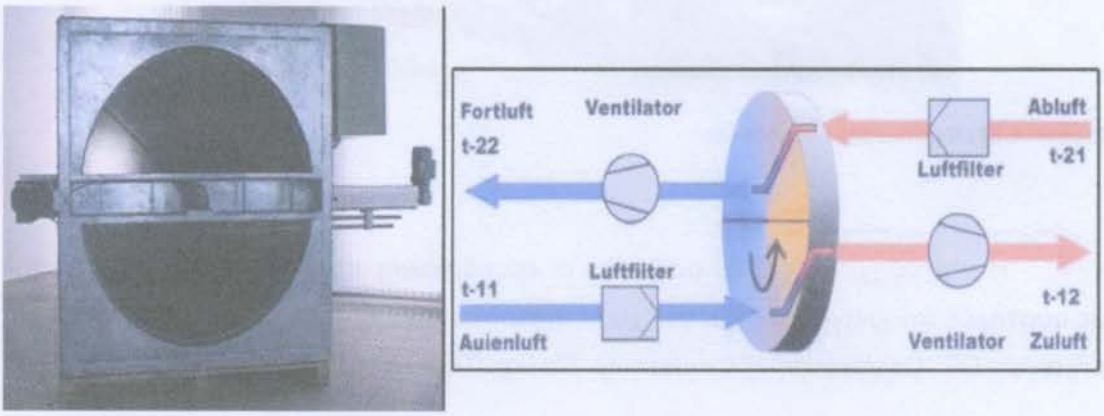
Σε μονάδες αντιρρύπανσης, οι economisers κατασκευάζονται να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες (έως 750 °C) και είναι εξοπλισμένοι με by-pass, ελεγχόμενο από ειδικό panel αυτοματισμών.

Ανάκτηση θερμότητας για παραγωγή καθαρού ζεστού αέρα

Για τη λειτουργία των φούρνων βαφής των μετάλλων απαιτούνται 21000 Nm^3/h αέρα στους 200 °C. Σήμερα, ο αέρας αναρροφάται από το περιβάλλον, σε μέση θερμοκρασία 18 °C, και θερμαίνεται με καυστήρες στους 200 °C. Δεδομένου ότι ο economiser μπορεί να υπερκαλύψει τις ανάγκες σε ζεστό νερό και να περισσεύει θερμική ισχύς στα απαέρια, είναι δυνατή η παράλληλη λειτουργία μια μονάδας ανάκτησης θερμότητας (HRU) αέρα/αέρα για την προθέρμανση του αέρα παραγωγής, ώστε να αξιοποιείται πλήρως η ενέργεια των απαερίων. Ως ο πιο αποδοτικός τύπος εναλλάκτη αέρα/αέρα έχει επιλεγεί αυτός του περιστρεφόμενου τροχού (**rotary wheel**). Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, ο εναλλάκτης έχει θερμική ισχύ 1140 KW και προθερμαίνει 21000 m^3 20/h αέρα από τους 20 °C στους 170 °C.

Η αρχή λειτουργίας ενός εναλλάκτη αυτού του τύπου (βλ. σχήμα) είναι η εξής: ο απορριπτόμενος ζεστός αέρας κατά το πέρασμά του από τις διαμπερείς μεταλλικές

οπές του εναλλάκτη θερμαίνει την περιστρεφόμενη μεταλλική μάζα και σε διαδρομή 180°. Όταν η ζεστή μεταλλική μάζα βρεθεί στο άλλο τμήμα θα την διαπεράσει, επί 180° πάλι, το ρεύμα του (αρχικά) κρύου νωπού αέρα και έτσι θα έχουμε τη μεταφορά θερμότητας από ένα ζεστό ρεύμα απορριπτόμενου αέρα σε ένα άλλο καθαρού αέρα. Εξέχουσας σημασίας σε αυτό τον εναλλάκτη είναι το σύστημα αυτοκαθαρισμού εν λειτουργία, με το οποίο απομακρύνονται οι όποιες επικαθίσεις από τις μεταλλικές επιφάνειες, εξασφαλίζοντας συνεχώς αποδοτική συναλλαγή θερμότητας.



Εικόνα 8.29: Πλήρης εναλλάκτης θερμότητας Rotary Wheel και αρχή λειτουργίας του.

Σύστημα SCADA

Οι ανάγκες του εργοστασίου σε ζεστό νερό και ζεστό αέρα δεν είναι σταθερές. Μεταβάλλονται από πολλούς παράγοντες, προτεραιότητα όμως στην παραγωγική διαδικασία έχει η κάλυψη σε ζεστό νερό. Ο economiser και η HRU σχεδιάζονται ώστε να μπορούν να υπερκαλύψουν τις ανάγκες ζεστού νερού και ζεστού αέρα, αν το κάθε σύστημα θα λειτουργούσε μόνο του και σε πλήρη ισχύ.

Όμως, η ενέργεια που μπορούν να δώσουν τα καυσαέρια της μονάδας αντιρρύπανσης δεν επαρκεί για το σύνολο των θερμικών αναγκών. Έτσι, για την βελτιστοποίηση της εκμετάλλευσης της διαθέσιμης ενέργειας και την αποδοτική λειτουργία του συστήματος θα εγκατασταθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα ελέγχου SCADA, το οποίο θα ρυθμίζει, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες θερμότητας, τη θέση του διαφράγματος στον αεραγωγό απόρριψης του RTO και κατά συνέπεια την παροχή των απαερίων σε κάθε σύστημα ανάκτησης θερμότητας. Αυτό θα γίνεται λαμβάνοντας υπόψη: τη θερμοκρασία του νερού της δεξαμενής, τις προτεραιότητες (νερό έναντι αέρα) και τη διαθεσιμότητα της απορριπτόμενης ενέργειας.

Το σύστημα SCADA θα περιλαμβάνει πολλά αισθητήρια (θερμοκρασίας, ροής αέρα, στάθμης νερού κλπ.), ασφαλιστικά, τηλενδείξεις, τηλεχειρισμούς, υπολογιστή και ειδικό λογισμικό. Στην οθόνη του υπολογιστή θα παρακολουθούμε τα σημεία λειτουργίας, ενώ ειδικά set points θα μας ειδοποιούν με alarms, για ενδεχόμενες δυσλειτουργίες ή βλάβες.

8.5.3.2 Η Αντιρρύπανση στον Βιολογικό Καθαρισμό της Ψυττάλειας

Αντίστοιχό τρόπο επεξεργασίας και καταστροφής με τα VOCs έχουν και οι εκλυόμενες οσμές από διεργασίες, όπως για π.χ. η ξήρανση λάσπης σε Βιολογικούς Καθαρισμούς. Για τη Μονάδα Ξήρανσης του Βιολογικού Καθαρισμού της Αθήνας, στο νησί της Ψυττάλειας, η οποία κατασκευάζεται από την Κοινοπραξία 'ΑΚΤΩΡ-ΑΘΗΝΑ ΑΤΕ', θα εγκατασταθούν τρία συστήματα RTO, δυναμικότητας το καθένα 27000 Nm^3/h. Ανάλογα συστήματα αντιρρύπανσης έχουν τοποθετηθεί σε Βιολογικούς Καθαρισμούς πολλών μεγάλων πόλεων παγκοσμίως, από την βρετανική εταιρεία ENVIRONMENTAL INTEGRATED SOLUTIONS. Η τεχνολογία των Regenerative Thermal Oxidisers θεωρείται πλέον η πιο αποδοτική και αξιόπιστη (περιβαλλοντικά και ενεργειακά) για την απόσμηση Βιολογικών Καθαρισμών.



Εικόνα 8.30: Τριθάλαμο RTO, ανάλογο με αυτά που θα εγκατασταθούν στην υπό κατασκευή μονάδα ξήρανσης της Ψυτάλεια.

Τα τρία RTO, σε παράλληλη λειτουργία, θα επεξεργάζονται τον αέρα που θα εξέρχεται από τις τέσσερις γραμμές ξήρανσης, με σκοπό να περιορίσουν στα επιτρεπτά όρια τις εκλυόμενες οσμές τους. Η απόδοση καταστροφής των οσμών

φτάνει στο 98%, ενώ η θερμική απόδοση των RTO στο 95%. Η λειτουργία των RTO και η συνεργασία τους με τις γραμμές ξήρανσης γίνεται μέσω ενόςεξελιγμένου συστήματος αυτομάτου ελέγχου, παρέχοντας πολλές επιλογές λειτουργίας και δικλείδες ασφαλείας.

8.6 Ολοκληρωμένα συστήματα αντιρρύπανσης

Μεγάλες εταιρίες, οι οποίες δραστηριοποιούνται τόσο στη Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα, αποτελούν από τους πιο εξειδικευμένους προμηθευτές συστημάτων αντιρρύπανσης της διεθνούς αγοράς, παρέχοντας ένα σύνολο εγκαταστάσεων δέσμευσης VOCs (Volatile Organic Compounds), διαλυτών και οσμών από απορριπτόμενα αέρια.

Προσφέρουν από υπηρεσίες συμβούλου σε θέματα αντιρρύπανσης μέχρι τον σχεδιασμό, κατασκευή, εγκατάσταση και συντήρηση συστημάτων, καθώς και τη λήψη μετρήσεων για τον έλεγχο της απόδοσής τους.

Βασική αρχή σχεδιασμού και εγκατάστασης των συστημάτων αντιρρύπανσης των εταιριών αυτών είναι η πλήρης προσαρμογή και ενσωμάτωση των συστημάτων στις υπάρχουσες απαιτήσεις και συνθήκες λειτουργίας της εκάστοτε βιομηχανίας, με σκοπό **τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης**, **την ελαχιστοποίηση του ενεργειακού λειτουργικού κόστους** και **την βελτίωση της συνολικής παραγωγικής διαδικασίας**, σε ιδιαίτερα ανταγωνιστικό κόστος εγκατάστασης.

Επίσης, προσφέρουν μία μεγάλη γκάμα τεχνολογιών και εγκαταστάσεων, με σκοπό την κάλυψη του κατά το δυνατόν μεγαλύτερου εύρους βιομηχανικών εφαρμογών, με τις πιο σύγχρονες τεχνολογίες, όπως: οι εγκαταστάσεις θερμικής οξείδωσης (ανάκτησης και αναγέννησης), καταλυτικής θερμικής οξείδωσης, απορρόφησης, προσρόφησης, βιολογικά συστήματα και συστήματα έκπλυσης σε συνδυασμό με ανάκτηση διαλυτών.

Εφαρμογές:

Εκτυπώσεις, βαθυτυπία, τρόφιμα, συσκευασία, διακόσμηση μεταλλικών επιφανειών, βερνίκωμα, επιχρίσεις επιφανειών, ναυπηγική, κατασκευή μεταλλικών δοχείων, επικαλύψεις, επιφανειακός καθαρισμός, χημική βιομηχανία, φαρμακοβιομηχανία, βιολογικοί καθαρισμοί κ.α.

8.7 Μελέτες Περιπτώσεων

8.7.1 Μελέτη περίπτωσης για το εργοστάσιο ΕΛΦΙΚΟ Α.Ε.Ε.

Η περίπτωση της ΕΛΦΙΚΟ Α.Ε.Ε., η οποία είναι μία από τις μεγαλύτερες κλωστοϋφαντουργίες της Ελλάδας και έχει έδρα στο Σχηματάρι Βοιωτίας, αποτελεί ένα πραγματικά υπόδειγμα εταιρίας στην οποία η σωστή ενεργειακή διαχείριση και η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελούν πρώτιστο στόχο. Τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν γίνει μέχρι σήμερα καλύπτουν σχεδόν όλο το φάσμα των ενεργειακών καταναλώσεων και των παραγωγικών διαδικασιών, με σημαντικά οφέλη τόσο στην κατανάλωση καυσίμων, όσο και στην βελτίωση της παραγωγικότητας. Τα περισσότερα έργα στην ΕΛΦΙΚΟ έχουν πραγματοποιηθεί σταδιακά την τελευταία πενταετία και αποβλέπουν σε μέγιστη ετήσια εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας της τάξης των 28000 MWh και σε αντίστοιχη εξοικονόμηση 8000 MWh ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνοπτικά οι επεμβάσεις που περιγράφονται είναι: ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα θερμά υγρά απόβλητα των βαφικών μηχανών, ανάκτηση θερμότητας από τον απορριπτόμενο θερμό αέρα στις ράμμες, ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα καυσαέρια των δύο λεβήτων, αντικατάσταση παλαιού και ενεργειακάμη αποδοτικού παραγωγικού εξοπλισμού με νέο μειωμένης ενεργειακής κατανάλωσης, βελτίωση διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας (εγκατάσταση inverters σε αντλίες και πυκνωτών αντιστάθμισης), σύστημα ενεργειακής παρακολούθησης SCADA, ανάκτηση θερμότητας από το διαφεύγον ατμοποιημένο συμπύκνωμα, βελτίωση του δικτύου πεπιεσμένου αέρα, εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Η μορφή των παραγωγικών διεργασιών της ΕΛΦΙΚΟ απαιτεί κατά βάση την κατανάλωση θερμικής ενέργειας (ατμός, ζεστό νερό, ζεστός αέρας). Η εγκατεστημένη θερμικής ισχύς του εργοστασίου είναι περίπου 9750 KW και καλύπτεται από δύο ατμολέβητες, τέσσερις λέβητες διαθερμικού λαδιού και τη μονάδα συμπαραγωγής. Η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς είναι 5360 MW και καλύπτεται πλέον από τη μονάδα συμπαραγωγής.

Η επιτυχής εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας σε μία βιομηχανία ξεκινά οπωσδήποτε από μία εκτενή ενεργειακή επιθεώρηση στο σύνολο των σημείων όπου υπάρχει κατανάλωση ενέργειας. Γίνεται καταγραφή του επιπέδου ενεργειακής κατανάλωσης και της απόδοσης των διαφόρων διεργασιών και εντοπίζονται οι πραγματικές ανάγκες. Τα έργα της ΕΛΦΙΚΟ έγιναν σε δύο φάσεις όπου συνοδεύτηκαν και από δύο εκτενείς ενεργειακές επιθεωρήσεις.

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και συλλέχθηκαν στοιχεία για την διαχείριση της θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας εντός του εργοστασίου, αλλά και για την βελτιστοποίηση χρήσης της ενέργειας στις παραγωγικές διαδικασίες. Τα στοιχεία αυτά αναλύθηκαν και στη συνέχεια αποφασίστηκαν τα έργα που θα πρέπει να εκτελεστούν.



Εικόνα 8.31: Το Βαφείο – Φινιριστήριο της ΕΛΦΙΚΟ Α.Ε.Ε.

8.7.1.1 Ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα θερμά υγρά απόβλητα των βαφικών μηχανών

Από τα πρώτα έργα που έγιναν ήταν η ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα υγρά απόβλητα των βαφικών μηχανών. Συνολικά από τις βαφικές μηχανές απορρίπτονται, ημερησίως, περί τα 3800 m^3 απόβλητα με μέση θερμοκρασία τους 50 °C. Βασικό στοιχείο του όλου συστήματος είναι οι δύο πλακοειδείς εναλλάκτες (ο αποδοτικότερος τύπος εναλλάκτη για παρόμοιες εφαρμογές) στους οποίους οδηγούνται τα υγρά ζεστά απόβλητα και προθερμαίνουν το νερό τροφοδοσίας των βαφικών μηχανών. Έτσι, πλέον οι βαφικές μηχανές δεν τροφοδοτούνται με φρέσκο νερό 15 – 20 °C, αλλά θερμοκρασίας περίπου 38 °C.

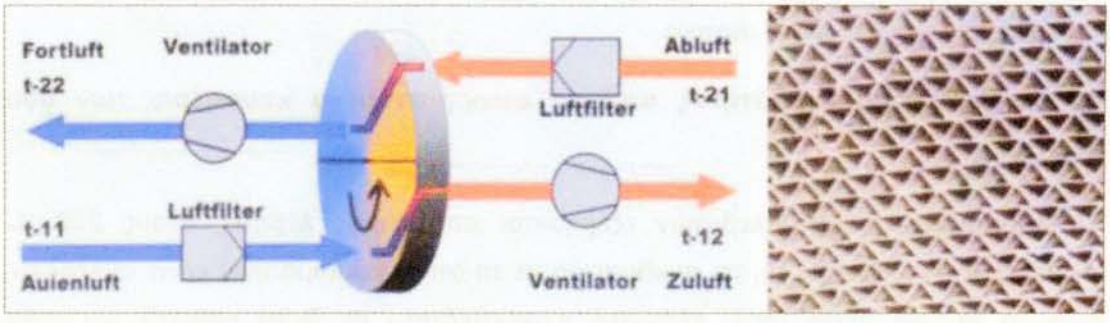


Εικόνα 8.32: Το δίδυμο σύστημα πλακοειδών εναλλακτών για την ανάκτηση θερμότητας από τα υγρά απόβλητα.

Το ενεργειακό κέρδος από αυτή την θερμοκρασιακή ανύψωση του νερού είναι η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, για την θέρμανση του νερού των μηχανών στην τελική θερμοκρασία των 80 °C, έως και 35%. Το βασικό πρόβλημα που προκύπτει σε εφαρμογές ανάκτησης θερμότητας από βιομηχανικά απόβλητα είναι το φράξιμο των εναλλακτών -και ιδιαίτερα των πλακοειδών- από τα στερεά που περιέχουν τα απόβλητα. Αυτό έχει επιλυθεί πλήρως με κατάλληλο σύστημα προφίλτρανσης των αποβλήτων. Η εγκατάσταση αποτελείται επίσης από δεξαμενές, αντλητικά συγκροτήματα, το κατάλληλο υδραυλικό δίκτυο και ελέγχεται από BMS. Η λειτουργία του από το 2002 κρίνεται εξαιρετικά αποδοτική, χωρίς την παρουσίαση, έως τώρα, τεχνικών προβλημάτων.

8.7.1.2 Ανάκτηση θερμότητας από τον απορριπτόμενο θερμό αέρα στις ράμμες

Βασικές παραγωγικές μονάδες στο εργοστάσιο είναι οι ράμμες, οι οποίες χρησιμοποιούν ζεστό αέρα θερμοκρασίας έως 200 °C. Ο αέρας αυτός απορριπτόταν στο περιβάλλον, αφήνοντας έτσι ανεκμετάλλευτη ποσότητα θερμότητας. Πλέον έχουν εγκατασταθεί τρία συστήματα ανάκτησης της θερμότητας αυτής, με σκοπό την προθέρμανση του αέρα των μηχανών αυτών. Ο εναλλάκτης που έχει επιλεγεί είναι τύπου περιστρεφόμενου τροχού (rotary wheel), ο οποίος αποτελείται από διαδοχικά στρώματα λείων και πτυχωμένων μεταλλικών επιφανειών, που σχηματίζουν μικρά τριγωνικά κανάλια όδευσης του αέρα. Στο ένα ήμισυ του τροχού διέρχεται ο απορριπτόμενος ζεστός αέρας και στο άλλο ήμισυ ο φρέσκος αέρας τροφοδοσίας των μηχανών. Ο αέρας εισάγεται πλέον στις μηχανές, αντί στους 26 °C, που ήταν προ των συστημάτων, στους 105 – 140 °C. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει ενεργειακό κέρδος της τάξης του 55%.



Εικόνα 8.33: Αρχή λειτουργίας ενός εναλλάκτη αέρα/αέρα τύπου rotary wheel και λεπτομέρεια της μεταλλικής επιφάνειας ανταλλαγής θερμότητας.

Ο τύπος αυτός εναλλάκτη αέρα/αέρα είναι πολύ αποδοτικότερος έναντι των σωληνωτών ή των πλακοειδών. Το κάθε σύστημα αποτελείται, επίσης, από αεραγωγούς, ανεμιστήρες, θερμόμετρα, ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου και αυτόματο σύστημα αυτοκαθαρισμού εν λειτουργία. Το ένα εκ των συστημάτων αυτών είναι τριπλό για ανάκτηση θερμότητας και ταυτόχρονη αντιρρύπανσης.

Απαρτίζεται από δύο εναλλάκτες rotary wheel και από μία συστοιχία μηχανικών φίλτρων, τα οποία κατακρατούν τους περιεχόμενους στον απορριπτόμενο αέρα ελαιώδεις ρύπους. Κάθε σύστημα ελέγχεται από τον δικό του ηλεκτρικό πίνακα ελέγχου, καθώς και μέσω του BMS. Στη μέχρι τώρα λειτουργία τους λειτουργούν χωρίς προβλήματα, αποδίδοντας σημαντικό ενεργειακό και οικονομικό όφελος στην εταιρία.

Πέρα, όμως, από την οικονομία καυσίμων που επιτυγχάνεται με αυτά τα συστήματα, υπάρχει και σημαντική βελτίωση της παραγωγικότητας των μηχανών. Τώρα πλέον όλοι οι θάλαμοι των μηχανών έχουν εξισορροπημένη θερμοκρασία, με αποτέλεσμα τα υφάσματα να μπορούν να διέρχονται με μεγαλύτερη ταχύτητα και ο απαιτούμενος χρόνος στεγνώματος να μειώνεται σημαντικά.



Εικόνα 8.34: Τα τρία συστήματα ανάκτησης θερμότητας από αέρα και η απορροή των υγροποιημένων ελαιωδών ρύπων από το τριπλό σύστημα.

8.7.1.3 Ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα καυσαέρια των δύο λεβήτων

Τα καυσαέρια των ατμολεβητών εξέρχονται από στους λέβητες στους 250 °C περίπου. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι το καύσιμο που καίνε οι λέβητες είναι το φυσικό αέριο (δηλ. ελάχιστη περιεκτικότητα σε θείο) καθιστά μία καλή περίπτωση για την εγκατάσταση economizers (οικονομητήρων), για την εκμετάλλευση του ενεργειακού περιεχομένου των καυσαερίων, με σκοπό την

προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας των λεβήτων. Έτσι, το νερό τροφοδοσίας από την θερμοκρασία των 100 °C που έχει στην δεξαμενή συμπυκνωμάτων προθερμαίνεται σε θερμοκρασία πάνω από τους 130 °C, ενώ τα καυσαέρια απορρίπτονται, πλέον, στην ατμόσφαιρα στους 105 – 110 °C.



Εικόνα 8.35: Δύο εγκατεστημένοι economizers, ισχύος 466 KW και 341 KW αντίστοιχα.

Οι δύο εγκατεστημένοι economizers, ισχύος 466 KW και 341 KW. Η μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται ξεπερνά τις 2500000 KWh ανά έτος. Τα αφαιρούμενα και λυόμενα θερμαντικά στοιχεία δίνουν τη δυνατότητα αντικατάστασης των στοιχείων σε περίπτωση που, λόγω των θερμικών καταπονήσεων ή διαβρώσεων, τρυπήσει κάποιο από αυτά. Όπως και τα προηγούμενα συστήματα, οι οικονομητήρες ελέγχονται από το BMS.

8.7.1.4 Αντικατάσταση παλαιού και ενεργειακά μη αποδοτικού παραγωγικού εξοπλισμού με νέο μειωμένης ενεργειακής κατανάλωσης

Τμήμα του παραγωγικού εξοπλισμού του εργοστασίου κρίθηκε παλαιάς τεχνολογίας και εξαιρετικά ενεργοβόρο. Έτσι, η εταιρία προχώρησε στην αντικατάσταση μέρους των παραγωγικών μηχανών με νέες σύγχρονες και μειωμένης ενεργειακής κατανάλωσης. Οι καινούριες μηχανές είναι τελευταίας τεχνολογίας, κατασκευασμένες από αξιόλογους οίκους της διεθνούς αγοράς και εμφανίζουν σημαντικά βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση, αυξάνοντας παράλληλα την παραγωγικότητα του εργοστασίου. Το μέγιστο ενεργειακό κέρδος εκτιμάται σε πάνω από 7000 MWh θερμικής ενέργειας και σε περίπου 600000 KWh ηλεκτρικής ενέργειας.

8.7.1.5 Βελτίωση διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας

Για την βελτιστοποίηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης έχουν ληφθεί δύο σημαντικά μέτρα: η εγκατάσταση πυκνωτών αντιστάθμισης αέργου ισχύος στον υποσταθμό του εργοστασίου και η τοποθέτηση inverters σε αντλίες. Οι πυκνωτές έχουν συμβάλλει, ώστε ο συντελεστής ισχύος να μην πέφτει κάτω από το 0,99. Αντίστοιχα, οι inverters συμβάλλουν στην ομαλή μεταβολή των στροφών των αντλιών, ανάλογα με την αυξομοίωση της παροχής. Μέχρι τώρα, inverters έχουν εγκατασταθεί στις αντλίες του κρύου νερού του συστήματος ανάκτησης θερμότητας από απόβλητα, ενώ στο μέλλον πρόκειται να εγκατασταθούν και στα υπόλοιπα αντλητικά συγκροτήματα.

8.7.1.6 Σύστημα ενεργειακής παρακολούθησης SCADA

Μέρος των έργων εξοικονόμησης ενέργειας και άλλα σημεία καταναλώσεων ενέργειας έχουν συνδεθεί σε ένα σύστημα επιτήρησης SCADA. Τα σημεία ελέγχου και οι αντίστοιχες ενδείξεις στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι τα εξής: το σύστημα ανάκτησης θερμότητας από υγρά απόβλητα (έλεγχος στάθμης δεξαμενών, θερμοκρασίες ρευστών, πίεση ρευστών, αυτόματη λειτουργία αντλιών), το σύστημα ανάκτησης θερμότητας από τον απορριπτόμενο αέρα (θερμοκρασίες, λειτουργία ανεμιστήρων), οι οικονομητήρες (θερμοκρασίες), οι καυστήρες (λειτουργία), οι λέβητες (πίεση ατμού), παροχή ηλεκτρικής ενέργειας (τάσεις, ενεργός ισχύ, άεργος ισχύς, φαινόμενη ισχύς, ενεργός και άεργος ισχύς, συχνότητα ρεύματος). Μέσω του SCADA γίνεται έλεγχος της λειτουργίας των παραπάνω συστημάτων σε πραγματικό χρόνο, με δυνατότητα παρέμβασης σε ορισμένα από αυτά, ενώ παρέχονται και σήματα (alarms) σε περίπτωση δυσλειτουργίας κάποιου από αυτά ή ύπαρξης κάποιας τιμής μεγέθους εκτός των καθορισμένων ορίων.

8.7.1.7 Ανάκτηση θερμότητας από το διαφεύγον ατμοποιημένο συμπύκνωμα και βελτίωση του δικτύου πεπιεσμένου αέρα

Δύο ακόμα μέτρα, μικρής έκτασης, είναι η εκμετάλλευση του απορριπτόμενου flash steam των συμπυκνωμάτων και η βελτίωση του δικτύου πεπιεσμένου αέρα. Μέσω ειδικής διάταξης, οι υδρατμοί των συμπυκνωμάτων παγιδεύονται και έτσι ένα αξιόλογο ποσό θερμότητας δεν απορρίπτεται ανεκμετάλλευτο στην ατμόσφαιρα. Όσον αφορά στο δίκτυο του πεπιεσμένου αέρα, έγιναν ορισμένες αντικαταστάσεις τμημάτων του δικτύου και περιορισμός των διαρροών, με αποτέλεσμα να μην

απαιτείται πλέον να διατηρείται ο αέρας στα αεροφυλάκια σε υψηλότερη πίεση, που συνεπάγεται αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους αεροσυμπιεστές.

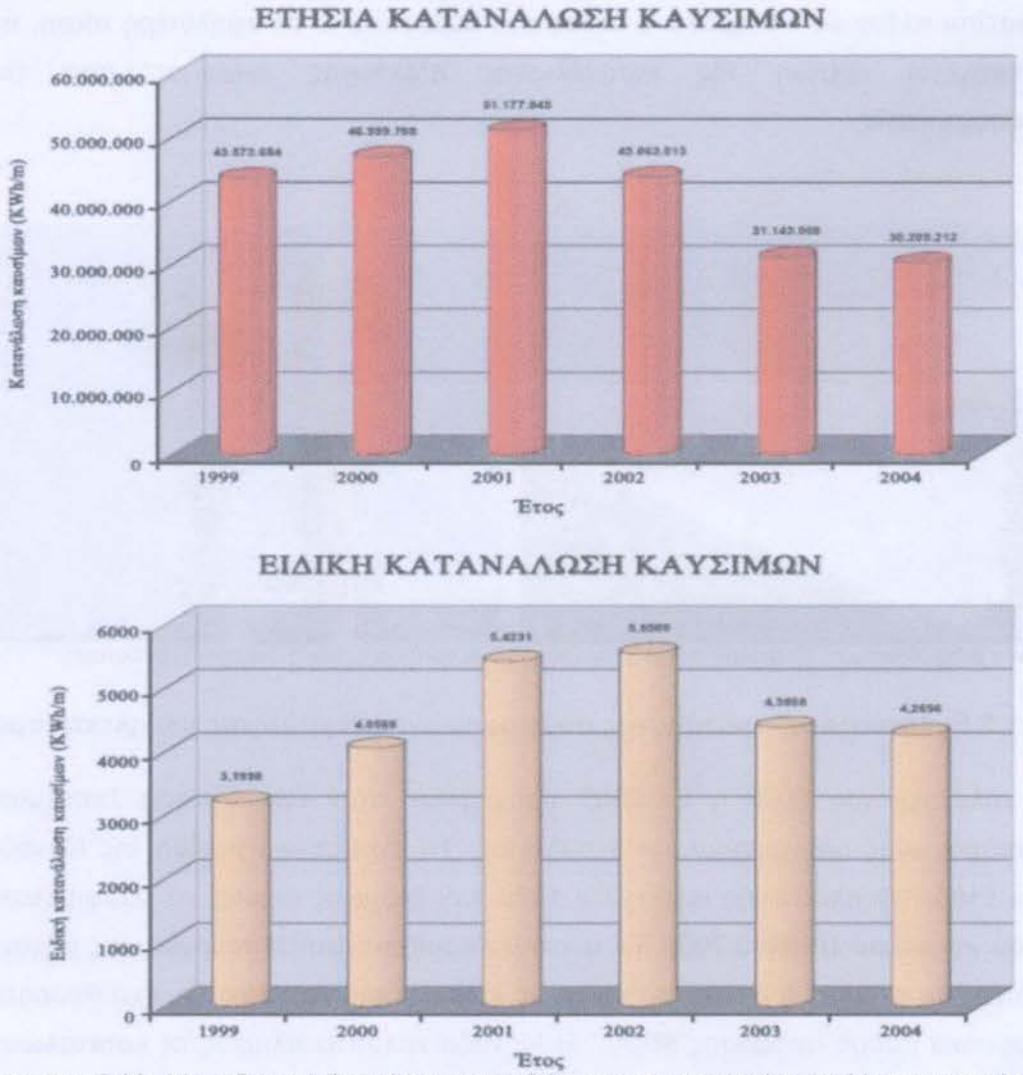


Εικόνα 8.36: Αριστερά, το απορριπτόμενο αρχικά flash steam και δεξιά, η σημερινή κατάσταση.

8.7.1.8 Εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού

Το καλοκαίρι του 2005 η ΕΛΦΙΚΟ προχώρησε στην εγκατάσταση Συστήματος Συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Τα ονομαστικά μεγέθη της Μονάδας είναι 1160 KW ηλεκτρικής ισχύος και 1458 KW θερμικής ισχύος, σε μορφή ζεστού νερού και ατμού (PHR=0,796). Το σύστημα βασίζεται στη λειτουργία μίας μηχανής εσωτερικής καύσης, η οποία λειτουργεί με καύσιμο φυσικό αέριο και έχει θεωρητικό ενεργειακό βαθμό απόδοσης 88,3%. Η Μονάδα καλύπτει πλήρως τις καταναλώσεις του εργοστασίου και προκύπτει περίσσεια που πωλείται στη Δ.Ε.Η. Η θερμική ισχύς προκύπτει από ανάκτηση θερμότητας από τα καυσαέρια της μηχανής και από τα κυκλώματα ψύξης νερού και λιπαντελαίων. Εκτιμάται ότι με το Σύστημα Συμπαραγωγής επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας 6414 MWh/έτος.

Κλείνοντας θα παρουσιάσουμε δύο ενδεικτικά διαγράμματα (Διάγραμμα 9.9) που δείχνουν τα ενεργειακά αποτελέσματα των έργων που περιγράφηκαν, ως προς τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων. Τα πρώτα έργα τέθηκαν σε λειτουργία κατά το 2002. Το σημαντικότερο μέγεθος που δείχνει την ενεργειακή απόδοση των έργων εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ειδική κατανάλωση ενέργειας, η οποία παρουσίασε, μεταξύ 2002 και 2004, μείωση μεγαλύτερη από 20%. Σημειώνεται, τέλος, ότι οι παραπάνω επενδύσεις επιχορηγήθηκαν σε μεγάλο μέρος από σχετικά Επενδυτικά Προγράμματα του ΥΠ.ΑΝ., γεγονός που συμβάλλει ακόμα περισσότερο στην ταχύτερη οικονομική απόσβεση των έργων.



Διάγραμμα 8.14: Δύο ενδεικτικά διαγράμματα που δείχνουν τα ενεργειακά αποτελέσματα των έργων ως προς τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων.

8.7.1.9 Έργα εξοικονόμησης ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος

Η «ΕΛΦΙΚΟ Α.Ε.» δίνει μεγάλη σημασία στην εξοικονόμηση ενέργειας με συνδυασμό με τη προστασία του περιβάλλοντος. Είναι από τις πρώτες βιομηχανίες που υποκατέστησαν το ρυπογόνο μαζούτ με φυσικό αέριο, για καύσιμο στους ατμολέβητες και τους λέβητες διαθερμικού λαδιού. Επίσης βρίσκονται σε εξέλιξη επενδύσεις ύψους 1500000 ευρώ που αφορούν στα παρακάτω:

α. Ανάκτηση θερμότητας από τα απόβλητα του βαφείου, με σκοπό την παραγωγή καθαρού ζεστού νερού για την τροφοδότηση των πλυντικών και βαφικών μηχανών.

β. Ανάκτηση θερμότητας από τα απορριπτόμενα ζεστά αέρια από τις ράμμες (στεγνωτικές μηχανές) ώστε αυτές να τροφοδοτούνται με καθαρό ζεστό αέρα.

γ. Ανάκτηση θερμότητας από τα καυσαέρια των ατμολεβήτων, με την τοποθέτηση ειδικών εναλλακτών (economizers), ώστε να προθερμαίνεται το νερό τροφοδότησης των λεβήτων.

δ. Μονώσεις δικτύων και δεξαμενών που μεταφέρουν ή περιέχουν ζεστά ρευστά και βελτίωση υφιστάμενων μονώσεων.

ε. Εγκατάσταση κεντρικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας, που θα επιτηρεί τα έργα ανάκτησης θερμότητας, την αποθήκευση θερμικής ενέργειας καθώς και την διαχείριση της θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

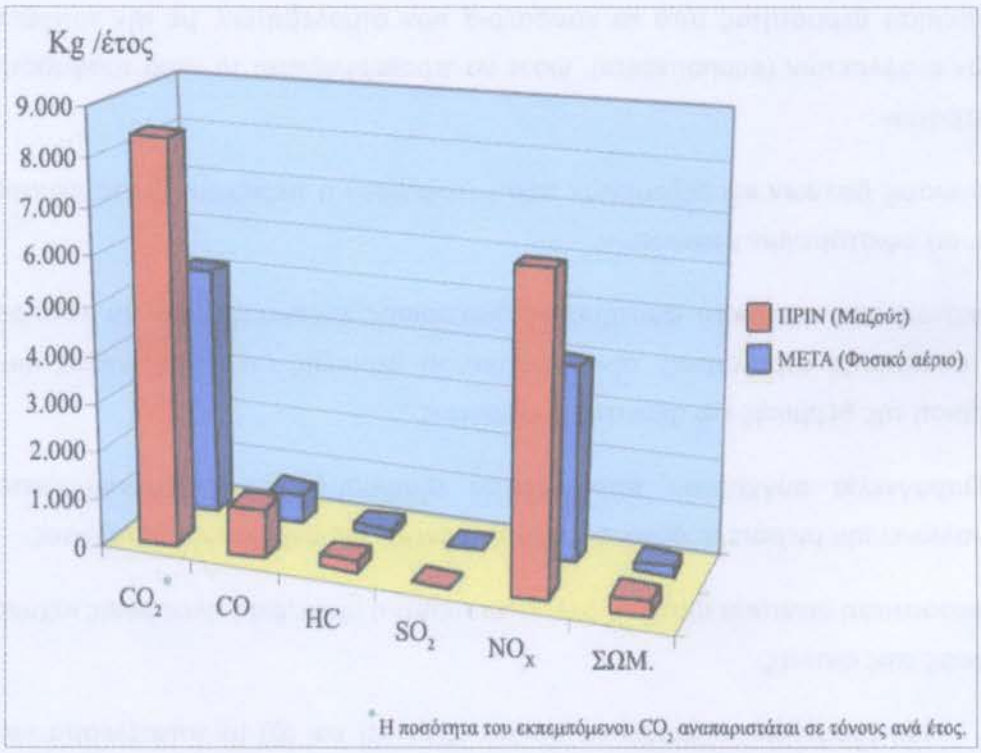
στ. Παραγγελία σύγχρονου παραγωγικού εξοπλισμού, σχεδιασμένου ώστε να καταναλώνει την μικρότερη δυνατή ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα προϊόντος.

ζ. Εγκατάσταση inverters ώστε να βελτιστοποιηθεί η διαχείριση ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας στις αντλίες.

Ήδη έχουν ολοκληρωθεί τα πρώτα έργα (α) και (β) με αποτέλεσμα να έχει ήδη μειωθεί η ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά 20%, σε αυτήν την ενεργοβόρο βιομηχανία.



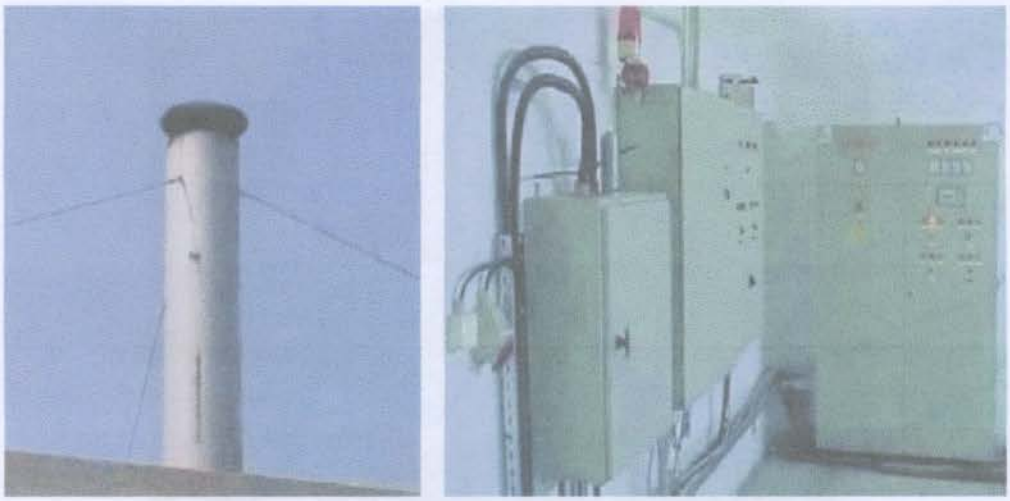
Εικόνα 8.37: Στην οροφή του εργοστασίου, δεξιά, διακρίνεται η μεγάλη ποσότητα του Flash Steam που χάνονταν πριν από τα έργα ΕΞΕ.



Διάγραμμα 8.15: Τα αναμενόμενα περιβαλλοντικά οφέλη από τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας που βρίσκονται σε εξέλιξη.



Εικόνα 8.38: Οι πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας νερού /νερού (ισχύος 4 MW) και ένα από τα αυτοκαθαριζόμενα συστήματα ανάκτησης θερμότητας από ζεστό αέρα, τεχνολογίας Rotary-Wheel.



Εικόνα 8.39: Το σύστημα ανάκτησης θερμότητας οδηγείται από ένα τελευταίας τεχνολογίας SCADA.



Εικόνα 8.40: Αριστερά διακρίνεται η εκπομπή δευτερογενούς ατμού (Flash Steam) σ' ένα βαφειο-φινιριστήριο, δεξιά, με μια απλή μηχανική παγίδα ατμού.

Τα επόμενα βήματα, που ακολουθούν άμεσα, στην «**ΕΛΦΙΚΟ Α.Ε.**», για Έργα Εξοικονόμησης Ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος είναι:

1. Η παραπέρα αντιρρυπαντική διεργασία των απορριπτόμενων αερίων και η μείωση της θερμοκρασία τους στα κατώτερα δυνατά επίπεδα και

2. Η εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρικής-θερμικής ενέργειας με μονάδα αεριομηχανής-γεννήτριας, συμπεριλαμβανομένου λέβητα ανάκτησης θερμότητας καθώς και εναλλακτών νερού /νερού.



Εικόνα 8.41: Δίδυμο βιομηχανικό σύστημα αέρα /αέρα με Rotary Wheels. Το πρώτο σύστημα κάνει Εξοικονόμηση Ενέργειας και σημαντική δέσμευση αερίων ρύπων. Το δεύτερο, πρόσθετη προστασία του περιβάλλοντος, δεσμεύοντας μέχρι και το 95% πολλών ρύπων.



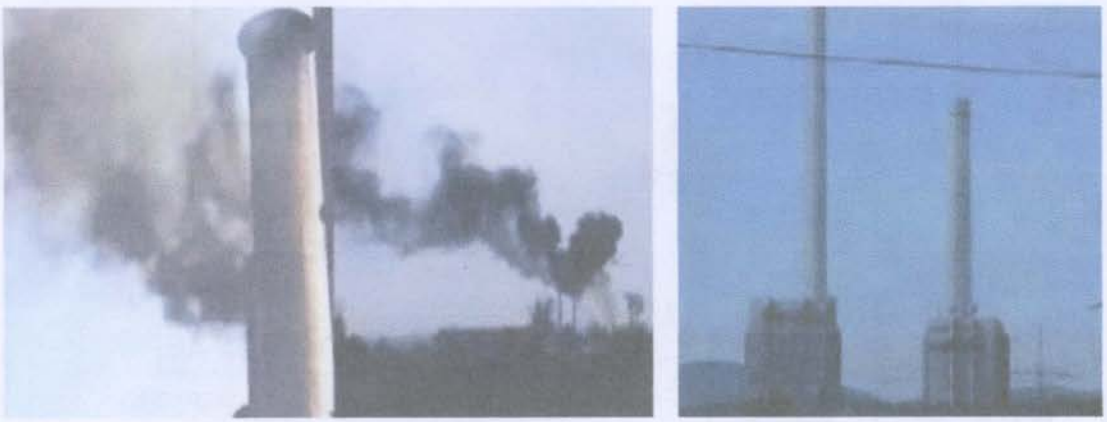
Εικόνα 8.42: Economizers για τους ατμολέβητες. Θα προθερμαίνουν το νερό τροφοδότησης τους.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι αυτή η (σωστή) περιβαλλοντική νοοτροπία της εταιρείας οφείλεται στην ποιότητα και στις γνώσεις των στελεχών της.

Τελικά, η εξοικονόμηση ενέργειας, σε συνδυασμό με τη δέσμευση ρύπων από τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας αέρα/αέρα αποτελεί μια πολύ αξιόπιστη και φθηνή αντιρρυπαντική τεχνολογία, σε πλήθος βιομηχανικών εφαρμογών. Γιατί άλλο είναι να διαχειρισθούμε αερίους ρύπους σε μεγάλες ποσότητες και υψηλές θερμοκρασίες και άλλο μετά από τα όσα προαναφέραμε.

Πολλές επενδύσεις για αντιρρύπανση δεν προχωρούν, γιατί οι προτεινόμενες λύσεις -για εμπορικούς λόγους, κυρίως δε συνδυάζονται με την ΕΞΕ, οπότε τόσο το κόστος εγκατάστασης όσο και το λειτουργικό είναι πολύ υψηλό.

Είναι δεδομένο ότι ανάπτυξη - ή ακόμα και διατήρηση - του σημερινού επιπέδου ζωής μας χωρίς ενέργεια δε γίνεται. Αλλά από εκεί και πέρα, το θέμα είναι πόσο καθαρή είναι αυτή η ενέργεια και πώς την διαχειριζόμαστε. Σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή ζεστού νερού για τηλεθέρμανση είναι μέσα ή δίπλα στις μεγαλουπόλεις, γιατί λαμβάνονται όλα τα μέτρα αντιρρύπανσης.



Εικόνα 8.43: Τα δυο πρώτα εργοστάσια καίνε μαζούτ (με αρρύθμιστους καυστήρες στη συγκεκριμένη περίπτωση), ενώ το τρίτο καίει φυσικό αέριο.

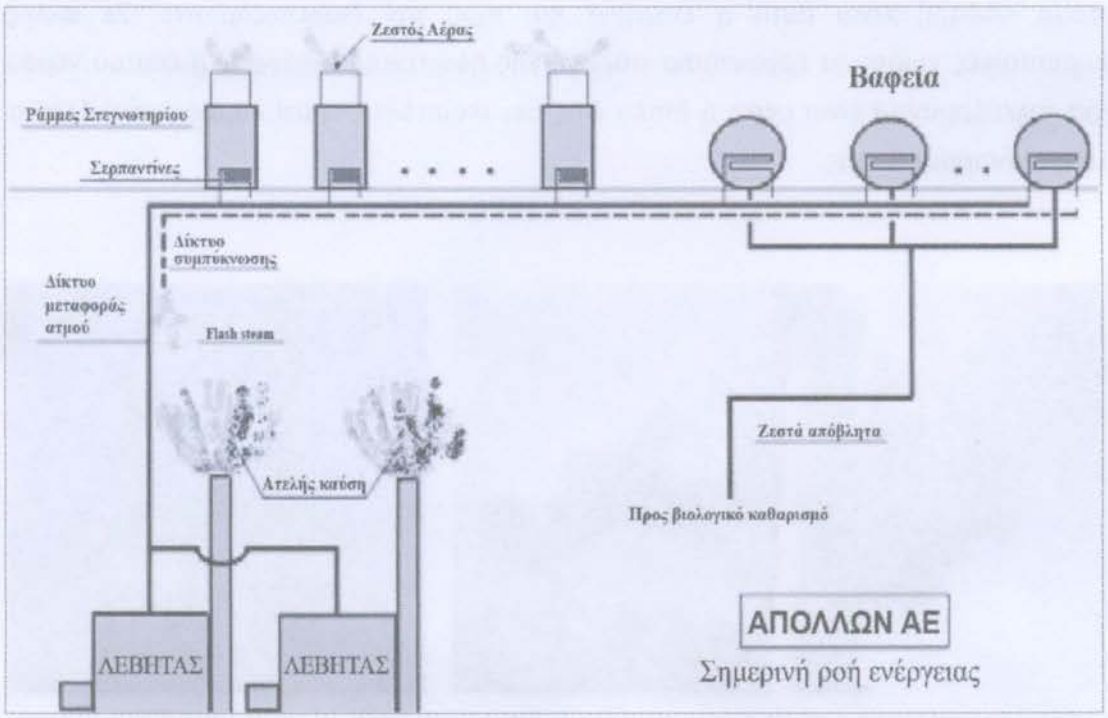
8.7.2 Μελέτη περίπτωσης για το εργοστάσιο της 'ΑΠΟΛΛΩΝ ΑΒΕΕ'

Η **ΑΠΟΛΛΩΝ ΑΕΒΕ** είναι μια γνωστή δυναμική επιχείρηση στον κλάδο της βαφής και φινιρίσματος υφασμάτων, με έδρα την ΒΙΠΕ Θεσσαλονίκης. Στα πλαίσια ενός σημαντικού επενδυτικού προγράμματος για εξοικονόμηση ενέργειας αντιμετωπίσθηκε και το θέμα της ανάκτησης θερμότητας από τα απόβλητα του βαφείου.

8.7.2.1 Αρχική κατάσταση

Για τη βαφή υφασμάτων απαιτούνται σημαντικές ποσότητες ζεστού νερού, σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν και τους 80 °C. Μετά τη βαφή είχαμε απόρριψη στο περιβάλλον θερμών αποβλήτων, σε μέση θερμοκρασία 38 °C.

Επίσης στις βαφικές μηχανές υπάρχει σύστημα ψύξης των βαφικών υγρών - σε κάποιες φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας- και μέσω εναλλακτών παράγεται ζεστό νερό. Το νερό αυτό μέσης θερμοκρασίας άνω των 45 °C δεν αξιοποιούνταν, πλήρως, ενεργειακά.



Διάγραμμα 8.16: Διάγραμμα αρχικής ροής νερών ψύξης.

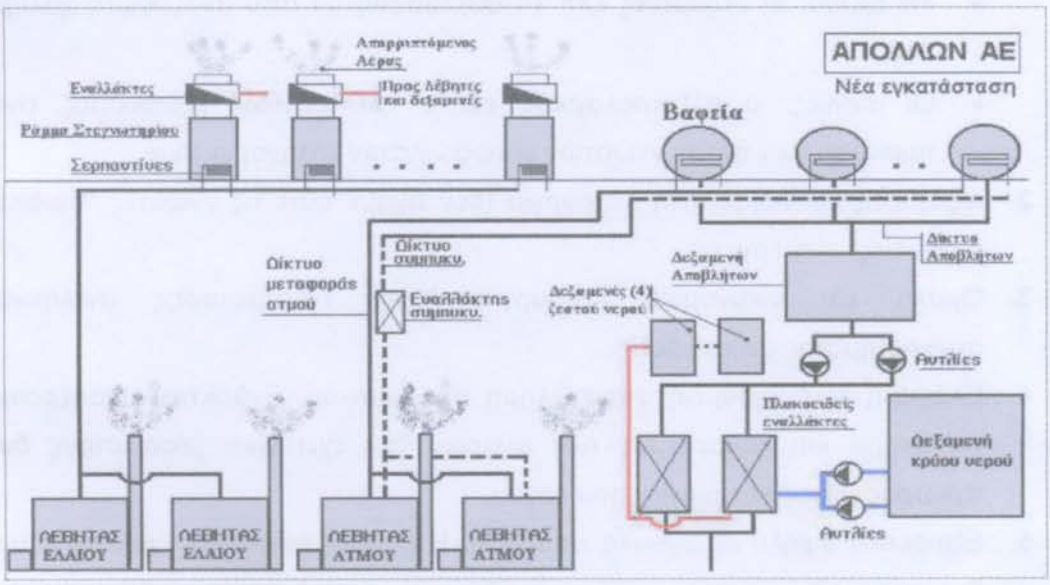
8.7.2.2 Η κατασκευή του έργου

Ο ενεργειακός σχεδιασμός του έργου προέβλεπε τη συγκέντρωση των υψηλής θερμοκρασίας αποβλήτων, τη διέλευσή τους μέσω εναλλακτών θερμότητας με τελικό σκοπό την παραγωγή και διανομή ζεστού νερού στις βαφικές μηχανές κατά τις φάσεις που χρειάζονται ζεστά γεμίσματα.

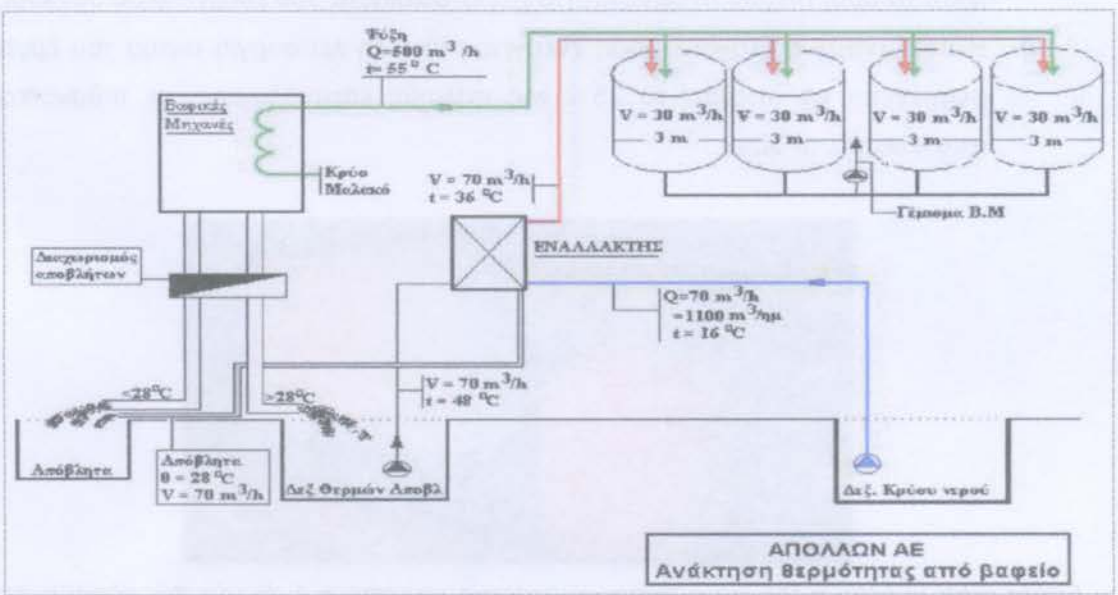
Η ενεργειακή και ηλεκτρομηχανολογική μελέτη προέβλεπε τις παρακάτω βασικές εργασίες και εγκαταστάσεις:

- Ενεργειακό έλεγχο εργοστασίου.
- Υπολογισμούς.
- Οικοδομικές εργασίες.
- Δεξαμενή συγκέντρωσης αποβλήτων.

- Σύστημα φιλτραρίσματος των αποβλήτων.
- Αντλίες και δίκτυα μεταφοράς νερών (κρύων και ζεστών).
- Δεξαμενές αποθήκευσης καθαρού ζεστού νερού το οποίο θα χρησιμοποιείται πλέον για το γέμισμα των βαφείων, όταν θα χρειάζεται.
- Εναλλάκτες, κατάλληλους για απόβλητα βαφείων.
- Εγκαταστάσεις τροφοδότησης των εναλλακτών.
- Αυτοματισμούς και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, ώστε το έργο να επιτηρείται και να λειτουργεί αυτόματα.



Διάγραμμα 8.17: Γενικό ενεργειακό διάγραμμα βαφείου μετά τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας.



Διάγραμμα 8.18: Γενικό σχηματικό διάγραμμα εγκατάστασης ανάκτησης θερμότητας από τα απόβλητα.

8.7.2.3 Πλεονεκτήματα του έργου

Ως βασικά πλεονεκτήματα αυτού του έργου αναφέρουμε τα παρακάτω:

1. Επιλογή του πλέον αξιόπιστου εξοπλισμού.
   - Οι εναλλάκτες είναι ό,τι καλύτερο διαθέτει η παγκόσμια αγορά. Λόγω ειδικής κατασκευής οι πιθανότητες μπουκώματος είναι ελάχιστες, αλλά ακόμα και αν αρχίσει να δημιουργείται τέτοιο πρόβλημα αυτό θα ανιχνευθεί έγκαιρα και με αντιστροφή ροής θα αποκατασταθεί αμέσως η κανονική λειτουργία.
   - Τα δίκτυα, οι δεξαμενές κλπ κατασκευάσθηκαν από ανοξείδωτο χάλυβα 316.
   - Οι αντλίες, ο ηλεκτρολογικός και ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός είναι προϊόντα των πλέον γνωστών εταιρειών στην κατηγορία τους.
2. Αξιόπιστη και αδιάλειπτη λειτουργία (δεν είχαμε ούτε τις γνωστές "παιδικές ασθένειες" των έργων).
3. Ομαλή και οικονομική λειτουργία λόγω εγκατάστασης αντλητικού συγκροτήματος με inverter.
4. Ελάχιστη έως μηδαμινή απασχόληση προσωπικού. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ακόμα και καθαρισμός των φίλτρων δεν έχει γίνει μέσα στους δυο πρώτους μήνες λειτουργίας του έργου.
5. Εξαιρετικά υψηλή ενεργειακή απόδοση. Η μεγάλη επιφάνεια εναλλαγής των δυο πλακοειδών εναλλακτών, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα διαφορετικών λειτουργιών με τη βοήθεια του BMS (παραγωγή ζεστού νερού, αναθέρμανση ή και τα δυο) δίνουν τη δυνατότητα μεγιστοποίησης του ενεργειακού οφέλους.
6. Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας από τη λειτουργία αυτού του έργου αναμένεται να υπερβεί το 25% της παλαιάς κατανάλωσης, με πιθανότερο αποτέλεσμα το 30%.



Εικόνα 8.44: Η διανομή του νερού γίνεται με αντλητικό συγκρότημα 4 αντλιών που οδηγείται από inverter και κατάλληλο λογισμικό.



Εικόνα 8.45: Η αποθήκευση του καθαρού ζεστού νερού γίνεται σε μεταλλικές, μονωμένες, δεξαμενές που γεφυρώνονται υδραυλικά μεταξύ τους.



Εικόνα 8.46: Ειδικές υδραυλικές εγκαταστάσεις επιτρέπουν κάθε ρύθμιση του σημείου λειτουργίας των εναλλακτών αλλά και τον εύκολο καθαρισμό τους σε περίπτωση μπουκώματος.



Εικόνα 8.47: Ο καθορισμός της διαδρομής των νερών (ψύξης, ζεστά νερά που παράγονται από τους εναλλάκτες) γίνεται αυτόματα, με τη βοήθεια του BMS.

8.7.3 Μελέτη περίπτωσης για το εργοστάσιο ΦΙΕΡΑΤΕΞ Α.Ε.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που αποδεικνύει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, σε υφιστάμενες ενεργοβόρες επιχειρήσεις αποτελούν τα έργα που έγιναν στη βιομηχανία «ΦΙΕΡΑΤΕΞ Α.Ε.», μέσα στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας (ΕΠΕ). Το εργοστάσιο πήρε την σημερινή μορφή του (λόγω συνεχών επεκτάσεων, αλλαγών και εκσυγχρονισμού στον εξοπλισμό και της παραγωγικές διαδικασίες) στις αρχές του 2000.

Τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας ολοκληρώθηκαν και μπήκαν σε λειτουργία στις αρχές του 2001, ενώ η πλήρης αξιοποίησή τους άρχισε το καλοκαίρι του 2001.Κυριότερα έργα είναι η ανάκτηση θερμότητας από τα απόβλητα του βαφείου και η ανάκτηση θερμότητας από τον απορριπτόμενο ζεστό αέρα από τις ράμμες και τα στεγνωτήρια.

8.7.3.1 Ανάκτηση θερμότητας από τα απόβλητα του βαφείου

Για τη βαφή υφασμάτων απαιτούνται σημαντικές ποσότητες ζεστού νερού, σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν και τους 80 °C. Μετά τη βαφή έχουμε απόρριψη στο περιβάλλον θερμών αποβλήτων, σε μέση θερμοκρασία 48 °C.



Εικόνα 8.48: Φωτογραφίες απορριπτόμενων θερμών αποβλήτων από βαφείο.

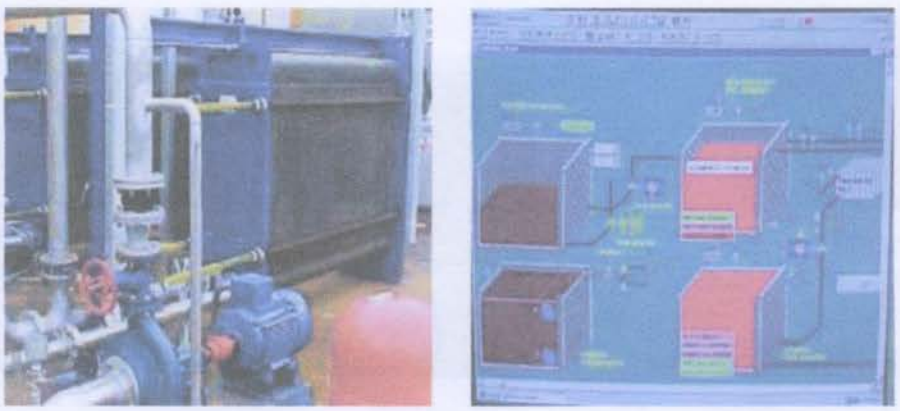
Τα χιλιάδες κυβικά μέτρα θερμών αποβλήτων, που απορρίπτονται καθημερινά από τα βαφεία, ισοδυναμούν με μικρές πετρελαιοπηγές.

Επίσης στις βαφικές μηχανές υπάρχει σύστημα ψύξης των βαφικών υγρών - σε κάποιες φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας- και μέσω εναλλακτών παράγεται ζεστό νερό. Το νερό αυτό μέσης θερμοκρασίας άνω των 45 °C δεν αξιοποιούνταν, πλήρως, ενεργειακά.

Η κατασκευή του έργου έγινε με βάση ειδική ενεργειακή και ηλεκτρομηχανολογική μελέτη, η οποία προέβλεπε τις παρακάτω βασικές εργασίες και εγκαταστάσεις:

- Ενεργειακό έλεγχο εργοστασίου και ειδικά του βαφείου.
- Υπολογισμούς.
- Οικοδομικές εργασίες.
- Δεξαμενές.
- Σύστημα φιλτραρίσματος των αποβλήτων.
- Αντλίες και δίκτυα μεταφοράς νερών (κρύων και ζεστών).
- Εναλλάκτες, κατάλληλους για απόβλητα βαφείων.
- Εγκαταστάσεις τροφοδότησης των εναλλακτών.
- Αυτοματισμούς και ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, ώστε το έργο να επιτηρείται και να λειτουργεί αυτόματα.
- Σύστημα SCADA και ανάπτυξη ειδικού λογισμικού.

Τα παραπάνω συστήματα λειτουργούν από τις αρχές του 2001, χωρίς προβλήματα και με την ελάχιστη δυνατή απασχόληση προσωπικού.



Εικόνα 8.49: Κεντρικό σύστημα ανάκτησης θερμότητας από απόβλητα στη «ΦΙΕΡΑΤΕΞ Α.Ε.».

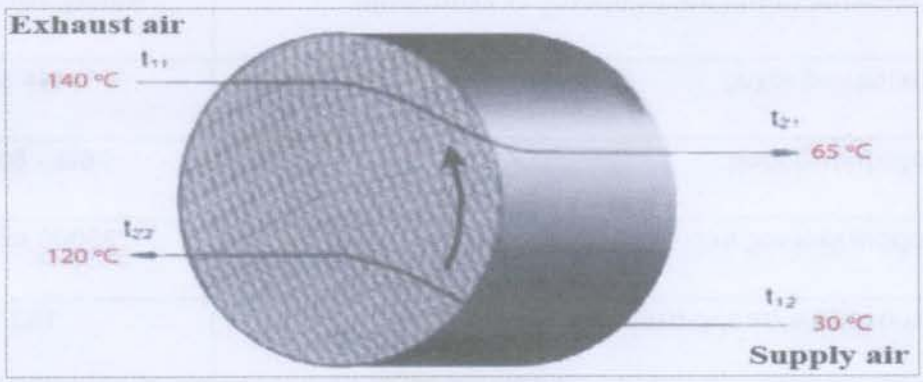
Ως ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα του έργου αυτού αναφέρουμε τα παρακάτω:

1. Το έργο μελετήθηκε και κατασκευάσθηκε με βάση ελληνική τεχνογνωσία.
2. Σε απόβλητα που διακρίνονται για το μεγάλο φορτίο στερεών (από ίνες, χνούδια, σκόνες κλπ) χρησιμοποιήθηκαν πλακοειδείς εναλλάκτες, οι οποίοι διακρίνονται για την πολύ υψηλή απόδοσή τους αλλά και για το εύκολο "μπούκωμα" (το πρόβλημα αυτό έχει ήδη επιλυθεί πλήρως, στα έργα μας, από το 1987).
3. Με τα φίλτρα ασχολείται το προσωπικό, της επιχείρησης, λίγα λεπτά της ώρας κάθε μήνα.
4. Έγινε επιλογή του πλέον αξιόπιστου εξοπλισμού.
5. Αδιάλειπτη λειτουργία.
6. Ελάχιστη έως μηδαμινή απασχόληση προσωπικού.
7. Εξαιρετικά υψηλή ενεργειακή απόδοση.
8. Η μεγάλη επιφάνεια εναλλαγής των δυο πλακοειδών εναλλακτών, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα διαφορετικών λειτουργιών, με τη βοήθεια του συστήματος SCADA (παραγωγή ζεστού νερού, αναθέρμανση ή και τα δυο) δίνουν τη δυνατότητα μεγιστοποίησης του ενεργειακού οφέλους.

8.7.3.2 Ανάκτηση θερμότητας από ζεστό αέρα

Στη κλωστοϋφαντουργία «**ΦΙΕΡΑΤΕΞ Α.Ε.**» λειτουργούσαν στεγνωτήρια και ράμμες, για το στέγνωμα και φιξάρισμα των πανιών. Για αυτές τις παραγωγικές διαδικασίες χρησιμοποιείται καυτός αέρας, που παράγεται από εσωτερικά θερμαντικά στοιχεία, διαθερμικού λαδιού ή ατμού, του μηχανήματος. Από κάθε μηχάνημα απορρίπτονταν

στο περιβάλλον από 10.000 μέχρι 30000 m^3/h ζεστού αέρα και σε θερμοκρασία από 110 °C μέχρι 155 °C. Η αναπλήρωση του αέρα αυτού γίνεται με κρύο αέρα του περιβάλλοντος.



Εικόνα 8.50: Τυπικό σημείο λειτουργίας εναλλάκτη θερμότητας τύπου Rotary Wheel.

Σε κάθε μηχάνημα παραγωγής τοποθετήθηκαν συστήματα ανάκτησης θερμότητας παράγουν, από την ενέργεια του απορριπτόμενου αέρα, καθαρό ζεστό αέρα και με ένα δίκτυο αεραγωγών τροφοδοτούνται οι θάλαμοι των μηχανών, περιορίζοντας έτσι σημαντικά την είσοδο κρύου αέρα.



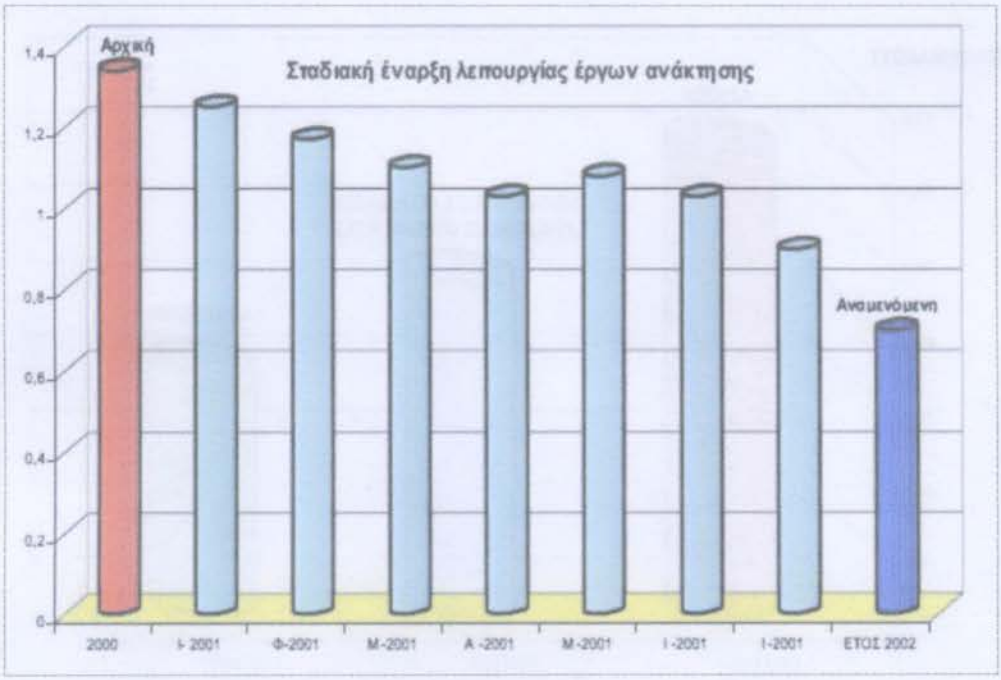
Εικόνα 8.51: Πλήρες σύστημα ανάκτησης θερμότητας αέρα / αέρα σε ράμμα.

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Πίνακας 8.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος ανάκτησης θερμότητας αέρα / αέρα σε ράμμα.

Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος.	
Εναλλάκτης (αυτοκαθαριζόμενος εν λειτουργία)	Rotary Wheel
Ανακτώμενη ισχύς	444 kW
Θερμική απόδοση	76% - 80%
Απορριπτόμενος αέρας	29000 m^3/h
Θερμοκρασία απορριπτόμενου αέρα	153 °C
Τελική θερμοκρασία απορριπτόμενου αέρα	86 °C
Θερμοκρασία εισερχόμενου στο σύστημα νωπού αέρα	28 °C
Θερμοκρασία παραγόμενου καθαρού ζεστού	123 °C
Εξοικονόμηση ενέργειας	2700000 kWh/y

Στο συγκεκριμένο εργοστάσιο, με τη λειτουργία πέντε συστημάτων ανάκτησης θερμότητας μειώθηκε σημαντικά η ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας. Το έτος 2000 αυτή ήταν 1,34 Kgr μαζούτ ανά Kgr υφάσματος. Τον Ιανουάριο του 2001 ξεκίνησε η λειτουργία του συστήματος ανάκτησης θερμότητας από τα απόβλητα και έπεσε στα 1,25. Σταδιακά τέθηκαν σε λειτουργία τέσσερα συστήματα ανάκτησης θερμότητας από απορριπτόμενο ζεστό αέρα. Τον Ιούλιο η ε.κ.ε. έπεσε στα 0,914. Δηλαδή είχαμε μείωση κατά 32% στο σύνολο του εργοστασίου, ενώ τα έργα έγιναν σε τμήμα αυτού (περίπου στο 65%).



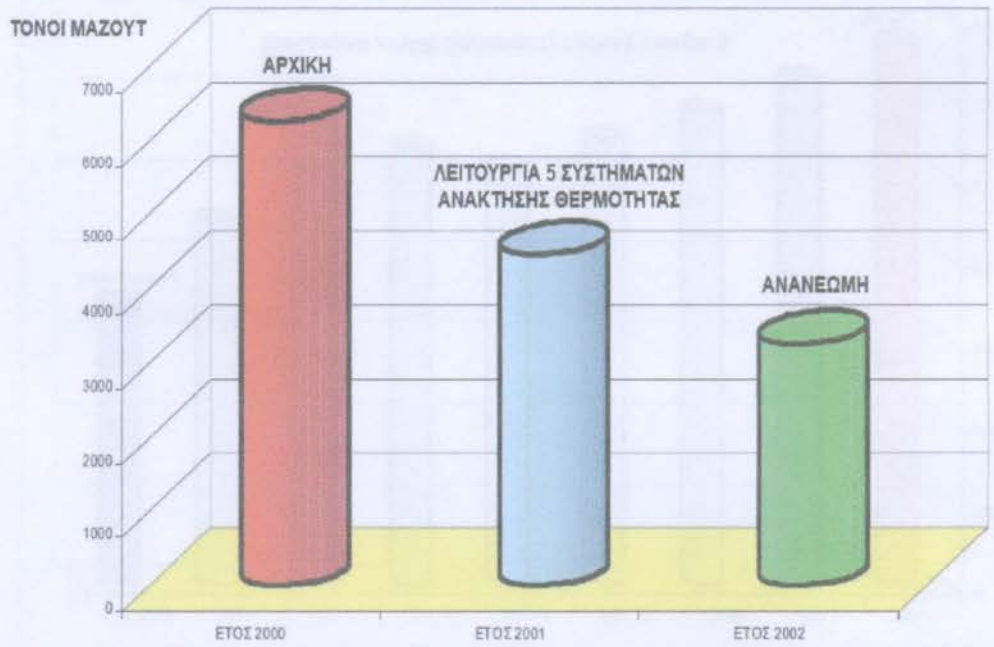
Διάγραμμα 8.19: Μεταβολή στην ειδική κατανάλωση ενέργειας λόγω έργων Εξοικονόμησης Ενέργειας.

Πηγή: «ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2002» - Προσυνέδριο Κοζάνης-Εισήγηση Δ. Κάργα.

Η κατανάλωση καυσίμων το έτος 2000 ήταν 6270 τόνοι. Με βάση την προαναφερθείσα μείωση της ειδικής κατανάλωσης ενέργειας η ετήσια οικονομία καυσίμων είναι της τάξης των **1800** τόνων μαζούτ.

Σημαντικότατος παράγοντας αυτής της μοναδικής ενεργειακής απόδοσης είναι οι τεχνικοί του εργοστασίου, οι οποίοι αξιοποιούν στο έπακρον τις δυνατότητες των συστημάτων. Μέσα στο πρώτο 24ωρο λειτουργίας του κάθε συστήματος γνώριζαν την πραγματοποιηθείσα εξοικονόμηση ενέργειας και δεν έπαψαν ποτέ να προσαρμόζουν τη λειτουργία τους στις (μεταβαλλόμενες) ανάγκες του εργοστασίου.

Με τα καινούρια έργα που βρίσκονται σε εξέλιξη και με την εφαρμογή ενός Προγράμματος Εξοικονόμησης Ενέργειας, που εκπονείται ειδικά για την κλωστοϋφαντουργία, έχει τεθεί σαν στόχο τη μείωση της ε.κ.ε στο επίπεδο των 0,7 Kgr μαζούτ ανά Kgr υφάσματος Εάν επιτευχθεί αυτός ο στόχος τότε θα έχουμε ετήσια οικονομία καυσίμων της τάξης των 3000 τόνων μαζούτ, σε μια και μόνο ενεργοβόρο βιομηχανία. Για σύγκριση και μόνον αναφέρουμε ότι ένας αισιόδοξος στόχος παραγωγής ενέργειας από αιολικά πάρκα, για τα επόμενα χρόνια, είναι οι 12000 ΤΙΠ.



Διάγραμμα 8.20: Μεταβολή στη κατανάλωση καυσίμων λόγω έργων Εξοικονόμησης Ενέργειας.

Πηγή: «ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2002» - Προσυνέδριο Κοζάνης-Εισήγηση Δ. Κάργα.

8.7.4 Μελέτη περίπτωσης εργοστασίου 'Σ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ Α.Ε'

Το 1987 κατασκευάσθηκε το πρώτο ολοκληρωμένο έργο ανάκτησης θερμότητας από απόβλητα βαφείου στη μεγαλύτερη τότε κλωστοϋφαντουργία της Ελλάδας και από τις μεγαλύτερες της Ευρώπης, την ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ Α.Ε. (1100 εργαζόμενοι, 60000 m^2 εγκαταστάσεων). Από τη λειτουργία του έργου αυτού, η ετήσια οικονομία καυσίμων ήταν, για την τότε παραγωγή του εργοστασίου, 950 tn μαζούτ, ενώ η αύξηση της παραγωγικότητας έφτασε το 20%.

Τα οφέλη από τη λειτουργία του συστήματος ανάκτησης θερμότητας ήταν:

- Οικονομία καυσίμων, κατά 950 tn μαζούτ /χρόνο
- Μείωση της ειδικής κατανάλωσης ενέργειας, κατά 25%
- Μείωση των λειτουργικών δαπανών, κατά 25000000 δρχ /χρόνο (τιμές 1988, όταν τα καθαρά κέρδη της επιχείρησης ήταν γύρω στα 10000000 δρχ /χρόνο)
- Αύξηση της παραγωγικότητας του βαφείου, κατά 15%
- Συμβολή στη διατήρηση στη «ζωή» και άλλων, συγγενών, τμημάτων του εργοστασίου για πολλά χρόνια.



Εικόνα 8.52: Η «Σ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ Α.Ε.» ήταν κάποτε η μεγαλύτερη κλωστοϋφαντουργία της Ελλάδας και μια από τις μεγαλύτερες της Ευρώπης.





Εικόνα 8.53: Ο πλακοειδής εναλλάκτης εξασφάλιζε δωρεάν ζεστό νερό (στους 50 °C), για όλα τα γεμίσματα των βαφικών μηχανών.

Σε αυτόν τον κολοσσό της Ελληνικής κλωστοϋφαντουργίας, έκλεισαν πολλά τμήματα, για διάφορους λόγους. Όμως το βαφείο διασώθηκε και λειτουργούσε μέχρι πρόσφατα, παρά τις δυσμενέστατες συνθήκες λειτουργίας του (διαβρωτικοί ατμοί και υγρασία) και αυτό χάρη στο σύστημα ανάκτησης θερμότητας.

8.8 Συμπεράσματα

Από τα προαναφερθέντα προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Ο σωστός ενεργειακός σχεδιασμός των συστημάτων Προστασίας του Περιβάλλοντος είναι μία πολύ σημαντική παράμετρος, η οποία μπορεί να μειώσει σημαντικά το ενεργειακό κόστος λειτουργίας τους, αλλά και να αποδώσει ενεργειακά οφέλη στην όλη παραγωγική διαδικασία μίας επιχείρησης.

2. Ειδικότερα για τα συστήματα αντιρρύπανσης από VOCs, όπου τα απαιτούμενα ποσά θερμότητας είναι ιδιαίτερα αυξημένα, υπάρχουν πολλά περιθώρια αξιοποίησης της απορριπτόμενης θερμότητας και στο ίδιο το σύστημα και σε λοιπές διεργασίες.

3. Για τα έργα Εξοικονόμησης Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος υπάρχουν και κοινές τεχνολογίες οι οποίες είναι αξιόπιστες, δοκιμασμένες και με σύντομο χρόνο αποπληρωμής.

4. Είναι γεγονός ότι στα θέματα της αντιρρύπανσης η χώρα μας έχει μείνει πολύ πίσω, λαμβάνοντας υπόψη και την ημερομηνία που πρέπει να ολοκληρωθούν αυτά τα έργα. Ας προσέξουμε, όμως, να μη γίνει (ξανά) η χώρα μας πεδίο πειραμάτων και εφαρμογών Β' κατηγορίας ή σκουπιδότοπος παρωχημένου εξοπλισμού.

5. Οι στόχοι της Συνθήκης του Κιότο αλλά και της Πράσινης Βίβλου της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι αδύνατον να επιτευχθούν χωρίς την Εξοικονόμηση Ενέργειας.

ΓΛΩΣΣΑΡΙ

Αειφόρος Ανάπτυξη (Sustainable Development): Η ανάπτυξη εκείνη που ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενεάς, χωρίς να διακυβεύει την ικανότητα μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες.

Αιωρούμενα στερεά (Suspended Solids, SS): Στερεές ρυπαντικές ουσίες που επιπλέουν στην επιφάνεια ή αιωρούνται στα υγρά απόβλητα Διαδικασία κατά την οποία ένα υλικό κατεργάζεται ή αναγεννάτε με σκοπό την ανάκτηση ενός προϊόντος για επαναχρησιμοποίηση του. Παράδειγμα αποτελεί η αναγέννηση χρησιμοποιημένων διαλυτών και η απομάκρυνση από αυτούς ακαθαρσιών ή άλλων επικίνδυνων υλικών με στόχο την μετέπειτα χρήση τους ως καύσιμα. Η ανάκτηση είναι συνδεδεμένη με τη χρήση τεχνικών διαχωρισμού, όπως π.χ. απόσταξη, διήθηση κλπ.

Ανάκτηση (Reclamation, Reclaim):

Ανακύκλωση (Recycling): Μέθοδος ανάκτησης πρώτων υλών η οποία περιλαμβάνει την συλλογή και επεξεργασία ενός αποβλήτου με σκοπό την χρήση του ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του ίδιου ή παρόμοιου προϊόντος.

Αποκολλάρισμα (Desizing): Η διαδικασία της απομάκρυνσης των υλικών που προστέθηκαν κατά το κολλάρισμα με στόχο την προετοιμασία της πρώτης ύλης για λεύκανση, βαφή κλπ. Ο λόγος της ποσότητας του χρώματος που προσροφάται στην ίνα προς τη συνολική ποσότητα χρώματος

Βαθμός φιξαρίσματος (Fixation rate): Ο λόγος της ποσότητας του χρώματος που προσροφάται στην ίνα προς τη συνολική ποσότητα χρώματος

Βαφή (Dyeing): Η διαδικασία χρωματισμού ινών, υφασμάτων ή έτοιμων ρούχων με φυσικές ή συνθετικές βαφές.

Βιολογικά (Βιοχημικά) Απαιτούμενο Οξυγόνο (Biological (Biochemical) Oxygen Demand, BOD):

Μέτρο της ποσότητας του οξυγόνου που καταναλώνεται σε βιολογικές διεργασίες που αποικοδομούν οργανική ύλη στο νερό. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του BOD, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός ρύπανσης. Συνήθως μετράται στους 20 °C για περίοδο 5 ημερών

Διαβροχή – Πλύσιμο (Scouring):

Διαδικασία κατά την οποία πραγματοποιείται απομάκρυνση των κεριών, των λιπών και άλλων μη κυτταρινούχων ακαθαρσιών από την ίνα ή το ύφασμα, για να μπορέσει να γίνει στη συνέχεια η λεύκανση και βαφή.

Ελαχιστοποίηση αποβλήτων (Waste Minimization):

Η ιδέα της ελαχιστοποίησης αποβλήτων προβλήθηκε αποβλήτων (Waste στα τέλη της δεκαετίας του '80 από την Υπηρεσία Minimization): Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA, Environmental Protection Agency). Η ελαχιστοποίηση αποβλήτων περιλαμβάνει τον περιορισμό δημιουργίας τους στην πηγή με την τροποποίηση των πρώτων υλών, των διεργασιών και των προϊόντων, καθώς και με την εφαρμογή πρακτικών καλής λειτουργίας. Η ανακύκλωση εκτός της μονάδας παραγωγής επίσης νοείται ως ελαχιστοποίηση αποβλήτων, κατέχει όμως μικρότερη προτεραιότητα συγκρινόμενη με τις προαναφερθείσες τεχνικές. Επί του παρόντος, οι όροι «ελαχιστοποίηση αποβλήτων» και «πρόληψη της ρύπανσης» χρησιμοποιούνται εναλλακτικά. Η «πρόληψη της ρύπανσης» σημαίνει την αποφυγή παραγωγής αποβλήτων στην πηγή, ενώ ο όρος «ελαχιστοποίηση αποβλήτων» είναι γενικότερος και περιλαμβάνει επιπρόσθετα και την ανακύκλωση καθώς επίσης και άλλες τεχνικές μείωσης των αποβλήτων προτού οδηγηθούν για επεξεργασία.

Χρήση ενός προϊόντος ή συστατικού αποβλήτου στην αρχική του μορφή περισσότερες από μία φορές.

Παραδείγματα αποτελούν η αναγόμωση μπουκαλιών, η επισκευή παλετών κλπ.

Επαναχρησιμοποίηση

Χρήση ενός προϊόντος ή συστατικού αποβλήτου στην αρχική του

(Reuse):	μορφή περισσότερες από μία φορές.Παραδείγματα αποτελούν η αναγόμωση μπουκαλιών, η επισκευή παλετών κλπ
Επιφανειακά ενεργές ή τασιενεργές ουσίες (Surfactants):	Οι επιφανειακά ενεργές ουσίες απαρτίζονται από μόρια τασιενεργές ουσίες στα οποία είναι διακριτά υδρόφοβα και υδρόφιλα τμήματα. Διακρίνονται σε ανιονικές, κατιονικές, αμφολυτικές και μη ιονικές. Ανάλογα με την εφαρμογή τους οι ουσίες αναφέρονται συχνά ως απορρυπαντικά, διαβρέχτες, γαλακτωματοποιητές, διασπορείς κλπ.
Θερμοφιξάρισμα (Heatsetting):	Η διαδικασία απόδοσης σε νήματα, υφάσματα και έτοιμα ρούχα μηχανικής αντοχής, αντοχής στη θερμότητα, αντίστασης στο ζάρωμα με χρήση υγρασίας ή ατμού.
Καθαρότερη παραγωγή (Cleaner Production):	Συνεχής εφαρμογή μίας ολοκληρωμένης προληπτικής περιβαλλοντικής στρατηγικής σε διεργασίες και προϊόντα με στόχο τη μείωση των κινδύνων σε ανθρώπους και περιβάλλον. Σε ό,τι αφορά σε διεργασίες, η καθαρότερη παραγωγή περιλαμβάνει την εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας, την εξάλειψη τοξικών πρώτων υλών, την μείωση της ποσότητας και τοξικότητας όλων των αποβλήτων πριν εξέλθουν από την παραγωγική διαδικασία. Σχετικά με τα προϊόντα η στρατηγική εστιάζεται στην μείωση των επιπτώσεων σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, από την παραγωγή των πρώτων υλών ως την τελική διάθεση του προϊόντος. Η καθαρότερη παραγωγή επιτυγχάνεται με εφαρμογή τεχνογνωσίας, βελτίωση της τεχνολογία και αλλαγές στην επιχειρηματική κουλτούρα.
Καρβονισμός (Carbonising):	Η διαδικασία αφαίρεσης κυτταρινούχων υλικών από το μαλλί (σε χύμα μαλλί ή σε νήματα ή σε υφάσματα).

Καψάλισμα (Singeing): Διεργασία κατά την οποία το ύφασμα διέρχεται πάνω από φλόγα σε υψηλή ταχύτητα για την απομάκρυνση των χαλαρών επιφανειακών ινών.

Κολλάρισμα (Sizing): Η εφαρμογή αμύλου, πολυ-βινυλ-αλκοόλης (PVA) ή καρβοξυ-μεθυλ-κυτταρίνης (CMC) για τη μείωση της τριβής κατά την ύφανση.

Κοινοτικό Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου (Eco Management and Audit Scheme, EMAS): Εθελοντικό σχήμα με βάση το οποίο οι επιχειρήσεις καταρτίζουν και εφαρμόζουν ένα πρόγραμμα διαχείρισης και συνεχούς βελτίωσης των περιβαλλοντικών επιδόσεων τους. Καθιερώθηκε με τον κανονισμό (ΕΟΚ) 1836/93, που τέθηκε επίσημα σε ισχύ το 1995, ενώ αναθεωρήθηκε το 2001 με τον κανονισμό (ΕΚ) 761/2001. Η αναθεώρηση του κανονισμού έγινε ώστε να διερευνηθεί η εφαρμογή του από τους βιομηχανικούς/κατασκευαστικούς τομείς που κάλυπτε παραδοσιακά ο αρχικός κανονισμός, σε όλους τους οργανισμούς με περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

http://www.europa.eu.int/comm/environment/emas

Λεύκανση (Bleaching) Χημική διεργασία κατά την οποία πραγματοποιείται απομάκρυνση του φυσικού χρώματος ή των τεχνητών ακαθαρσιών των υλικών έτσι ώστε να παραχθούν έτοιμα προϊόντα ή προϊόντα κατάλληλα για βαφή ή φινίρισμα.

Μερσερισμός (Mercerizing): Επεξεργασία του βαμβακερού νήματος ή υφάσματος κατά την οποία αυξάνει η βαφική του ικανότητα και αποκτά περισσότερη στιλπνότητα.

Nylon: Οικολογικό Σήμα (Eco label): Γενικός όρος που χαρακτηρίζει τις ίνες πολυαμιδίου. Το Οικολογικό Σήμα δημιουργήθηκε αρχικά το 1992, με τον κανονισμό 880/92/ΕΟΚ, ο οποίος αναθεωρήθηκε με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1980/2000. Το σύστημα αυτό διακρίνει τα φιλικάγια το περιβάλλον προϊόντα και αποτελεί τμήμα μιας ευρύτερης στρατηγικής, σκοπός της οποίας είναι να προωθηθεί η αειφόρος ανάπτυξη στους τομείς

της παραγωγής και της κατανάλωσης.

Το κοινοτικό σύστημα Eco-label αποσκοπεί στην προώθηση προϊόντων τα οποία σε σύγκριση με άλλα προϊόντα της ίδιας κατηγορίας, μπορούν να συμβάλλουν στον περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, συνεισφέροντας στην αποδοτική χρήση των πόρων και σε ένα υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος. Η ικανοποίηση των οικολογικών κριτηρίων συνεπάγεται αύξηση πωλήσεων, αύξηση τζίρου και κερδών, ενώ παράλληλα ενδυναμώνει το κοινωνικό προφίλ των επιχειρήσεων που παράγουν «πράσινα» προϊόντα. http://eco-label.com

Ολοκληρωμένος Έλεγχος και Πρόληψη της Ρύπανσης (Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC): Πολιτική (Οδηγία 96/61/ΕΕ) που υιοθετήθηκε από την Ε.Ε. με στόχο την αντιμετώπιση του περιβάλλοντος ως ενιαίου συνόλου και την επίλυση του προβλήματος της ρύπανσης του μέσω πρόληψης στην πηγή.
http://europa.eu.int/comm/environment/ippc/index.htm

Οργανικός Διαλύτης (Organic Solvent) Κάθε πτητική οργανική ένωση που χρησιμοποιείται, μόνη ή σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, για τη διάλυση ή την αραίωση πρώτων υλών, προϊόντων ή απορριμμάτων ή ως μέσο καθαρισμού για τη διάλυση ξένων προσμίξεων ή ως μέσο διασποράς ή ως ρυθμιστής του ιξώδους ή της επιφανειακής τάσης ή ως πλαστικοποιητής ή ως συντηρητικό

Ορυκτέλαια (Mineral oils): Λιπαντικά που παράγονται από τη διύλιση του καθαρού πετρελαίου

Πρόληψη της ρύπανσης (Pollution Prevention): Οι όροι «καθαρότερη παραγωγή» και «πρόληψη της ρύπανσης» συχνά χρησιμοποιούνται εναλλακτικά. Η διαφοροποίηση τους έγκειται στο γεγονός ότι ο όρος «πρόληψη της ρύπανσης» χρησιμοποιείται ευρέως στις ΗΠΑ, ενώ ο όρος «καθαρότερη παραγωγή» συναντάται σε άλλες περιοχές παγκοσμίως (και στην Ευρώπη).

Πρότυπες Διαδικασίες Λειτουργίας Έγγραφα ποιότητας που περιγράφουν τα βήματα διεκπεραίωσης μίας συγκεκριμένης πρακτικής του συστήματος ποιότητας. Οι πρότυπες διαδικασίες λειτουργίας κάνουν αναφορά στα αρχεία που διαθέτει η επιχείρηση ή/και εργαστήριο σύμφωνα με το σύστημα ποιότητας.

Πρότυπο ISO 14001: Τυποποιημένο Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (ΣΠΔ) που εφαρμόζεται σε διεθνές επίπεδο, σε αντίθεση με το EMAS που εφαρμόζεται σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Το πρότυπο αναφέρεται στις προδιαγραφές που θα πρέπει να πληρεί ένα ΣΠΔ ώστε να πιστοποιηθεί από ανεξάρτητο φορέα πιστοποίησης. http://www.iso.org

Πτητική οργανική ένωση (Volatile Organic Compound, VOC): Κάθε οργανική ένωση της οποίας το αρχικό σημείο βρασμού, μετρούμενο σε σταθερή πίεση 101,3 kPa, είναι μικρότερο ή ίσο των 250 °C.

Σχέση προϊόντος - λουτρού (Liquor Ratio): Η αναλογία βάρους του υφάσματος που πρόκειται να βαφεί και του χρησιμοποιούμενου νερού. Έτσι, π.χ. liquor ratio ίσο προς 1:10 αντιστοιχεί σε 10lt νερού ανά 1 kg υφάσματος.

Τύπωμα (Printing): Βαφές οι οποίες είναι συνήθως σε μορφή πάστας, εφαρμόζονται σε υφάσματα με τη βοήθεια μεγάλης ποικιλίας τεχνικών. Για το φιξάρισμα της βαφής το ύφασμα κατεργάζεται με ατμό, θερμότητα ή χημικά.

Φινίρισμα (Finishing): Το φινίρισμα περιλαμβάνει διάφορες φυσικές ή χημικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στην ίνα, το ύφασμα ή το έτοιμο ρούχο με στόχο την βελτίωση της εμφάνισης, της αντοχής κλπ.

Φορείς (Carriers): Οργανικές ουσίες, συχνά χλωριωμένες, σε μορφή διαλύτη που χρησιμοποιούνται για την επιτάχυνση της βαφής.

Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD): Μέτρο της ποσότητας του οξυγόνου που καταναλώνεται για την οξείδωση όλων των συστατικών των υγρών αποβλήτων, οργανικών και μη. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του COD, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός ρύπανσης.

Χρώματα Αντιδράσεως Χρώματα με την ιδιότητα να σχηματίζουν ομοιοπολικούς δεσμούς

(Reactive dyes): με τις ίνες (κυτταρινούχες και ίνες μαλλιού) Βαφές υδατοδιαλυτές, ανιονικές, που εφαρμόζονται απευθείας στην πρώτη ύλη, χωρίς προηγούμενη επεξεργασία με χημικά (στερεωτικά ή μέταλλα όπως χρώμιο και χαλκό).

Direct dyes: Εφαρμόζονται εύκολα, έχουν χαμηλό κόστος και προσδίδουν μεγάλο εύρος αποχρώσεων. Έχουν χαμηλή αντοχή στο φως και στο πλύσιμο, στα οξέα και στις βάσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

1. Ι.Γ.Καράλη, Τεχνολογίες πρόληψης και περιορισμού της ρύπανσης στις ελληνικές χημικές βιομηχανίες, Μελέτη -Τμ.Περ/ντος, Παν.Αιγαίου 2004
2. Ι.Γ.Καράλη Ενδιάμεση Εισηγητική Έκθεση Διδακτορικής Διατριβής, Τμ.Περ/ντος, Παν.Αιγαίου 2006
3. Ινστιτούτο Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 1986, "Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα: ο κλάδος βαφεία - φινιριστήρια", Πατσουράτης Β., Αθήνα.
4. Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
5. ICAP, Ελληνικός Οικονομικός Οδηγός, Τόμος 1: Βιομηχανία, Τόμος 2: Εμπόριο, 1998.
6. "Στοιχεία βαφικής", 1997, Γρυπάρης Ν., Εκδ. "GRAFIKA", Αθήνα.
7. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 1984, "Techno-economic study of the means of reducing emissions from industries (Phase I)", Athens

Ξενόγλωσση

1. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Handbook of Fundamentals, 2005
2. Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, EPA, Office of Research and Development, 1995
3. Carrique, L. Jaurecui, University of Buenos Aires, "Sodium hydroxide recovery in the textile industry", Industrial waste conference, Purdue University.
4. C-B Packaged Boiller Systemes – Energy Tips (www.cbboilers.com/energy)
5. Cooper, 1978, "The textile industry - Environmental control and energy conservation", Noyes Data Corporation, U.S.A.
6. Danish Environmental Protection Agency, 1997, "Environmental Assessment of Textiles", Ministry of Environment and Energy, Denmark.
7. Emission scenario document on textile finishing industry, OECD Series on emission scenario documents, Number 7, Organization for Economic Cooperation and Development, Environment Directorate, 2004
8. Environment Canada, 1989, "Environmental assessment of the Canadian Textile Industry", Canada.

9. Environment Canada, 1982, "Survey of the Textile Wet processing and pollution abatement technology", Canada.
10. Environment Canada, 1981, "Textile Industry Wastewater Treatment by Air Flotation", Canada.Guide, 1980, "Textile effluents".
11. Environment Canada, 1987, "Biological treatment of textile finishing mill effluent", Canada.
12. Environmental Pollution Control, Textile Processing Industry, Environmental Research Information Center, Technology Transfer, EPA, 1978
13. Esti – Energy Savings in textile Industry SAVE II – Final report
14. Eurotex, S. Vassiliadis, "Automation and the textile industry", Industrial waste conference, Purdue University.
15. Eurotex, P. Viallier, "Heat transfers in the textile finishing industry ', Industrial waste conference, Purdue University.
16. Eurotex, J. Knott, B. Robinson, "Wool carbonizing Industrial waste conference", Purdue University.
17. Eurotex, P. Viallier, "Energy uses in the textile finishing industry", Industrial waste conference, Purdue University.
18. Good Practice Guide 168 – Cutting your energy costs – A guide for the textile dyeing and finishing industry: Energy Efficiency Enquiries Bureau (ETSU)
19. Good Practice Guide 197 – Energy efficient heat distribution: Energy Efficiency Enquiries Bureau (ETSU)
20. Improving Energy Performance – Thermie B, (Workbooks 2 & 3)
21. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry, 2003
22. Irish EPA, 1997, "Integrated Pollution Control Licensing, BATNEEC Guidance Note for Textile Finishing", Wexford, Ireland.
23. Kremer, B. Broomfield, L. Fradkin, Argone National Laboratory, Illinois, "Energy and materials recovery options for the textile industry", Industrial waste conference, Purdue University.
24. Lighting Guide 006 – The Lighting of Warehouses and Storage Areas: Action Energy – Carbon Trust
25. Modern Industrial Assessment, DOE, 2000
26. Nenerow, 1980, "Liquid waste of industry - Theories, Practices & Treatment", Addison Wesley.& L. Information services, 1980, "Color removal from textile mill effluents", Canada.
27. Profile of the Textile Industry, EPA Office of Compliance Sector Notebook Project, Office of Compliance, EPA, 1997

28. Pollution Prevention in the Textile Industries, in Industrial Pollution Prevention Handbook, Freeman, H.M. (Ed.), McGraw-Hill, Inc., New York, 1995
29. Reay, D.A., Industrial Energy Conservation, Pergamon Press, 2001
30. Storey W. A., Schoroeder, "Pilot plan evaluation of the 1974 batea guidelines for the textile industry", Industrial waste conference, Purdue University.
31. Straight Talk About PWM AC Drive Harmonic Problems and Solutions: Rockwell Automation Mequon WI
32. Turner W., Energy Managers' Handbook, The Fairmont Press, 2003
33. UNEP, 1994, "The Textile Industry and the Environment", Technical Report No 16. Paris, France.
34. UNEP, 1996, "Textile Industry Effluent Discharge Standards". Paris, France
35. UNEP, "International cleaner production database Industrial waste conference", Purdue University.
36. US. EPA, 1996, "Manual. Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry". Cincinnati, Ohio. EPA/625/R-96/004.
37. US EPA, 1979, "Development Document for Effluent Limitations Guidelines and Standards for Textile Mills. Environmental Pollution Control in the Textile Processing Industry".Good Practice Guide 002 – Energy saving with motors and drives: Energy Efficiency Enquiries Bureau (ETSU)
38. US EPA, 1974, "In plant Control of Pollution and Upgrading Textile Operations to Reduce Pollution", Institute of Textile Technology.
39. Victoria Best Practice Design, Technology and Management, 2002.

Ιστότοποι:

1. http://www.epa.gov/ (U.S. Environmental Protection Agency)
2. http://www.kppc.org (Kentucky Pollution Prevention Center)
3. http://www.wmrc.uiuc.edu (Illinois Waste Management and Resource Center)
4. http://www.pprc.org (Pacific Northwest Pollution Prevention Resource Center)
5. http://www.envirowise.gov.uk (Envirowise)
6. http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge/(Motor Challenge Project)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Για την ατμοσφαιρική ρύπανση

- ΚΥΑ Η.Π. 11641/1942/02 (ΦΕΚ 832/Β): «Μέτρα και όροι για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ) που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε 3ρισμένες δραστηριότητες και εγκαταστάσεις».
- ΚΥΑ 10245/703/97 (ΦΕΚ 311/Β): «Μέτρα και όροι για τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών 3ργανικών ενώσεων (VOC) που προέρχονται από την αποθήκευση βενζίνης και τη διάθεση της χττό τις τερματικές εγκαταστάσεις στους σταθμούς διανομής καυσίμων».
- ΚΥΑ 11535/93 (ΦΕΚ 328/Β): «Επιτρεπόμενα είδη καυσίμων στις βιομηχανικές, βιοτεχνικές και συναφείς εγκαταστάσεις, στους αποτεφρωτήρες νοσηλευτικών ιδρυμάτων και μέτρα για τις ανοιχτές εστίες καύσης».
- ΚΥΑ 76802/1033/96 (ΦΕΚ 596/Β : «Τροποποίηση και συμπλήρωση της ΚΥΑ 58751/2370/93 περί καθορισμού μέτρων και όρων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από Μεγάλες Εγκαταστάσεις Καύσης».
- ΚΥΑ 58751/2370/93 (ΦΕΚ 264/Β): «Καθορισμός μέτρων και όρων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από Μεγάλες Εγκαταστάσεις Καύσης».
- ΚΥΑ 11294/93 (ΦΕΚ 264/Β): «Όροι λειτουργίας και επιτρεπόμενα όρια εκπομπών αερίων αποβλήτων από βιομηχανικούς λέβητες ατμογεννήτριες, ελαιόθερμα και αερόθερμα που λειτουργούν με καύσιμο μαζούτ, ντήζελ ή αέριο».
- ΚΥΑ 10315/93 (ΦΕΚ 369/Β): «Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και νερού».
- ΥΑ 40786/2143/1988 (ΦΕΚ 341/Β): «Εφαρμογή μέτρων αντιρρύπανσης στους λιγνιτικούς σταθμούς της ΔΕΗ στους νομούς Κοζάνης και Φλώρινας και άλλες συναφείς διατάξεις».
- ΥΑ 47943/1988 (ΦΕΚ 807/Β): «Όροι λειτουργίας εγκαταστάσεων απολίπανσης επιφανειών που λειτουργούν σε καταστήματα επιφανειακής επεξεργασίας μετάλλων στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.
- ΥΑ 47942/1988 (ΦΕΚ 807/Β): «Μείωση εκπομπών καύσης μέσω μέτρων εξοικονόμησης καυσίμου σε βαφεία - φινιριστήρια υφασίμων της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας».

- ΚΥΑ 82805/2224/93 (ΦΕΚ 699/Β): «Καθορισμός μέτρων και όρων για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από εγκαταστάσεις καύσης στερεών αποβλήτων».
- ΚΥΑ 8243/1113/91 (ΦΕΚ 138/Β): «Καθορισμός μέτρων και μεθόδων για την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από εκπομπές αμιάντου.
- ΠΥΣ 34/02 (ΦΕΚ 125/Α): «Όρια και κατευθυντήριες τιμές σε διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου».
- ΠΥΣ 5/03 (ΦΕΚ 58/Α): «Έγκριση εθνικού προγράμματος εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (2000-2010) σύμφωνα με τι άρθρο 3 (παρ.3) του Ν.3017/2002 (ΦΕΚ 117/Α)».
- ΠΥΣ 25/88 (ΦΕΚ 52/Α): «Οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του αζώτου και τροποποίηση των αρ. 98 και 99/10.7.1987 Πράξεων του Υ.Σ».
- ΠΥΣ 98/87 (ΦΕΚ 135/Α) : «Οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του θείου και αιωρούμενα σωματίδια».
- ΠΥΣ 99/87 (ΦΕΚ 135/Α): «Οριακή τιμή ποιότητας της ατμόσφαιρας της ατμόσφαιρας σε μόλυβδο».
- ΠΥΣ 11/97 (ΦΕΚ 19/Α): «Μέτρα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από όζον».
- Ν. 2052/92 (ΦΕΚ 94/Α/5-6-1992): «Μέτρα για την αντιμετώπιση του νέφους και πολεοδομικές ρυθμίσεις».

Για τα καύσιμα

- ΚΥΑ 1166/94 (ΦΕΚ 336/Β): «Προδιαγραφές και μέθοδοι ελέγχου, πετρελαίου κίνησης».
- ΚΥΑ 42/94 (ΦΕΚ 320/Β): «Προδιαγραφές και μέθοδοι ελέγχου μαζούτ».
- ΚΥΑ 526/96 (ΦΕΚ 887/Β): «Μείωση θείου στο μαζούτ».

Διανομαρχιακές Αποφάσεις

- 5340/85 Κοινή Απόφαση Νομαρχών Ημαθίας, Θεσσαλονίκης και Πέλλας Αριθ. Οικ. 5340/85

"Ειδικοί όροι διάθεσης λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων και καθορισμός της ανώτερης τάξης χρήσης των νερών του ποταμού Λουδία".

- 552/84 Κοινή Απόφαση Νομαρχών Γρεβενών, Ημαθίας, Θεσσαλονίκης, Καστοριάς, Κοζάνης και Πιερίας Αριθ. Οικ. 552/84 "Καθορισμός ανωτέρας τάξης χρήσης των νερών του ποταμού Αλιάκμονα".

- 330/81 Διανομαρχιακή Απόφαση, νομαρχών Αχαίας, Αιτωλίας & Ακαρνανίας, Βοιωτίας, Δυτικής Αττικής, Κορινθίας και Φωκίδος "Περί Διάθεσης υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων στους κόλπους Κορινθιακό και Πατραϊκό"
- ΥΓ/119/91 Διανομαρχιακή Απόφαση, νομαρχών Πρεβέζης, Άρτης και Ιωαννίνων "Περί χαρακτηρισμού των νερών του Λούρου ποταμού και των παραποτάμων αυτού".
- 2277/2004 Διανομαρχιακής Απόφασης των Νομαρχών Δράμας, Καβάλας, Ξάνθης με αρ. Πρ. ΔΠΠ 2277/2.6.2004 με θέμα "Καθορισμός χρήσεων του ποταμού Νέστου των παραποτάμων του και των ταμιευτήρων τους και ορισμός ποιοτικών χαρακτηριστικών υδάτων του και των προς διάθεση σ' αυτόν επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων".
- ΦΕΚ 1733 (23/11/2004) Διορθώσεις επί της Διανομαρχιακής Απόφασης των Νομαρχών Δράμας, Καβάλας, Ξάνθης με αρ. Πρ. ΔΠΠ 2277/2.6.2004 με θέμα "Καθορισμός χρήσεων του ποταμού Νέστου των παραποτάμων του κ.λ.π.".
- ΔΥΠ/ Β3/ Φ75/ οικ. 36726 Διανομαρχιακή απόφαση των νομαρχών Πέλλας και Φλώρινας "Ειδικοί όροι διάθεσης λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων και καθορισμός της ανωτέρας τάξης χρήσης των νερών της λίμνης Βεγορίτιδος".
- 6550/81 Κοινή Απόφαση Νομαρχών Σερρών και Δράμας Αριθ. 6550/81 "Περί χρήσεως των νερών του ποταμού Αγγίτη και των χειμάρρων, τάφρων και διωρύγων που καταλήγουν σ' αυτόν και ειδικών όρων διαθέσεως λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων σ' αυτούς".
- 17823/81 Διανομαρχιακή Απόφαση, νομαρχών Ανατολικής Αττικής, Δυτικής Αττικής, Πειραιώς και Κορινθίας "Περί διαθέσεως υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων στο Σαρωνικό Κόλπο".
- Και λοιπές Διανομαρχιακές Αποφάσεις

Ατυχήματα μεγάλης έκτασης

- ΚΥΑ 5697/590/2000 (ΦΕΚ 405/Β) (καταργεί τις ΚΥΑ 18187/272/88 και 77119/4607/93):

  «Καθορισμός μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση των κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών».

Νομαρχιακές Αποφάσεις

- Αρκαδίας: 8983/87, 6067/85
- Έβρου: 1251/95
- Ημαθίας: 41633/84
- Ηρακλείου: 269/2004
- Θεσπρωτίας: 3694/99
- Θεσσαλονίκης: ΔΥ/22374/91/94, 3344/95, 24/58373/96, 30/1585/02
- Ιωαννίνων: 2935/81, 6854/80, 758/81, 8022/78
- Καβάλας: 6924/87
- Κιλκίς: 3019/87
- Κυκλάδων: 4458/2004 & 4456/2004 & 4457/2004
- Λακωνίας: 4138/03, 2725/01, 4610/99, 8133/01, 308/04, 6421/87
- Μαγνησίας: 8440/96
- Μεσσηνίας: 8486/88
- Ξάνθης: 3014/85, 6718/86
- Πέλλης: 3610/84
- Πρεβέζης: 3371/85, 1899/04
- Σάμου: 7841/94, ΥΓ/1679/04
- Σερρών: 1413/81, 1472/81
- Τρικάλων: 4813/98, 4391/2004
- Φλώρινας: Απόφαση της 26/3/90
- Χαλκιδικής: 96400/85
- Χανίων: 10794/85, 4124/89, 6310/85, 2014/86, 6352/86, 2673/91, 5891/94, 8319/94, 2117/00, 3841/03, 10965/89
- Και λοιπές Νομαρχιακές Αποφάσεις

ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ

Πίνακας Ι.1 Κατάλογος δραστηριοτήτων που υπάγονται στο Μητρώο E-PRTR

α/α	Δραστηριότητα	Όριο δυναμικότητας
1.	**Ενεργειακός τομέας**	
α)	Διυλιστήρια πετρελαίου και ερίου	*
β)	Εγκαταστάσεις αεριοποίησης και υγροποίησης	*
γ)	Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί και άλλες εγκαταστάσεις καύσης	Θερμικής ισχύς 50 MW
δ)	Κάμινοι οπανθρακοποίησης	*
ε)	Θραυστήρες άνθρακα	Ωριαία δυναμικότητα 1 τόνου
στ)	Εγκαταστάσεις για την παραγωγή προϊόντων άνθρακα και στερεών άκαπνων καυσίμων	*
2.	**Παραγωγή και μεταποίηση μετάλλων**	
α)	Εγκαταστάσεις φρύξης ή τήξης μεταλλευμάτων (περιλαμβανομένων θειούχων μεταλλευμάτων)	*
β)	Εγκαταστάσεις παραγωγής χυτοσιδήρου ή χάλυβα (πρωτογενούς ή δευτερογενούς), συμπεριλαμβανομένων των χυτηρίων συνεχούς χύτευσης	Ωριαία δυναμικότητα 2,5 τόνων
γ)	Εγκαταστάσεις επεξεργασίας σιδηρούχων μετάλλων:	
	i) θερμή έλαση	Ωριαία δυναμικότητα 20 τόνων ακατέργαστου χάλυβα
	ii) σφυρηλάτηση με σφύρες	Κρουστική ενέργεια 50 kj ανά σφύρα, όταν η χρησιμοποιούμενη θερμική ισχύς υπερβαίνει τα 20 MW
	iii) επίθεση προστατευτικού στρώματος τηγμένου μετάλλου	Ωριαία δυναμικότητα κατεργασίας 2 τόνων ακατέργαστου χάλυβα
δ)	Χυτήρια σιδηρούχων μετάλλων	Ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής 20 τόνων
ε)	Εγκαταστάσεις:	
	i) παραγωγής ακατέργαστων μη σιδηρούχων μετάλλων από μεταλλεύματα, συμπυκνώματα ή δευτερογενείς πρώτες ύλες, με μεταλλουργικές, χημικές ή ηλεκτρολυτικές διεργασίες	*
	ii) τήξης μη σιδηρούχων μετάλλων και κραμάτων, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων ανάκτησης (εξευγενισμός, χύτευση κ.λπ.)	Ημερήσια δυναμικότητα τήξης 4 τόνων μολύβδου ή καδμίου ή 20 τόνων για όλα τα άλλα μέταλλα
στ)	Εγκαταστάσεις επιφανειακής επεξεργασίας μετάλλων και πλαστικών υλικών με ηλεκτρολυτικές ή χημικές διεργασίες	Εφόσον ο όγκος των κάδων που χρησιμοποιούνται για την κατεργασία ισούται προς 30 m3

3.	**Βιομηχανία ορυκτών προϊόντων**	
α)	Υπόγεια εκμετάλλευση και συναφείς εργασίες	*
β)	Υπαίθρια εκμετάλλευση και λατομείο	Έκταση της επιφάνειας, η οποία τελεί πράγματι υπό εξόρυξη, ίση προς 25 εκτάρια
γ)	Εγκαταστάσεις παραγωγής:	
	i) κλίνκερ (τσιμέντου) σε περιστροφικούς κλιβάνους	Ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής 500 τόνων
	ii) ασβέστου σε περιστροφικούς κλιβάνους	Ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής άνω των 50 τόνων
	iii) κλίνκερ (τσιμέντου) ή άσβεστου σε άλλου είδους κλιβάνους	Ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής 50 τόνων
δ)	Εγκαταστάσεις παραγωγής αμιάντου και κατασκευής προϊόντων με βάση τον αμίαντο	*
ε)	Εγκαταστάσεις παραγωγής γυαλιού, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων παραγωγής ινών γυαλιού	Ημερήσια δυναμικότητα τήξης 20 τόνων
στ)	Εγκαταστάσεις τήξης ορυκτών υλών, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων παραγωγής ινών από ορυκτές ύλες	Ημερήσια δυναμικότητα τήξης 20 τόνων
ζ)	Εγκαταστάσεις παραγωγής κεραμικών ειδών με ψήσιμο, ιδίως κεραμιδιών, τούβλων, πυρίμαχων πλίνθων, πλακιδίων, ψευδοπορσελάνης ή πορσελάνης	Ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής 75 τόνων, ή 4 m3 χωρητικότητα κλιβάνου και 300 kg/m3 πυκνότητα φορτώσεως ανά κλίβανο
4.	**Χημική βιομηχανία**	
α)	Χημικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή, σε βιομηχανική κλίμακα, βασικής σημασίας χημικών οργανικών προϊόντων, όπως:	*
	i) απλών υδρογονανθράκων, (γραμμικών ή κυκλικών, κεκορεσμένων ή ακόρεστων, αλειφατικών ή αρωματικών)	
	ii) οξυγονούχων υδρογονανθράκων, ιδίως δε αλκοολών, αλδεϋδών, κετονών, καρβοξυλικών οξέων, εστέρων, οξικών ενώσεων, αιθέρων, υπεροξειδίων, εποξικών ρητινών	
	iii) θειούχων υδρογονανθράκων	
	iv) αζωτούχων υδρογονανθράκων, ιδίως δε αμινών, αμιδίων, νιτρωμένων, νιτρωδών ή νιτρικών ενώσεων, νιτριλίων, κυανικών και ισοκυανικών ενώσεων	
	v) φωσφορούχων υδρογονανθράκων	
	vi) αλογονούχων υδρογονανθράκων	
	vii) οργανομεταλλικών οργανικών ενώσεων	
	viii) βασικών πλαστικών υλών (πολυμερών, συνθετικών ινών, ινών με βάση την κυτταρίνη)	

	ix) συνθετικού καουτσούκ	
	x) χρωμάτων και χρωστικών υλικών	
	xi) απορρυπαντικών και τασιενεργών ουσιών	
β)	Χημικές εγκαταστάσεις παραγωγής, σε βιομηχανική κλίμακα, βασικής σημασίας ανόργανων χημικών προϊόντων, όπως:	*
	i) αερίων, όπως αμμωνίας, χλωρίου ή υδροχλωρίου, φθορίου ή υδροφθορίου, οξειδίων του άνθρακα, θειικών ενώσεων, οξειδίων του αζώτου, υδρογόνου, διοξειδίου του θείου, διχλωριούχου καρβονυλίου	
	ii) οξέων, όπως χρωμικού, υδροφθορικού, φωσφορικού, νιτρικού, υδροχλωρικού, θειικού, ατμίζοντος θειικού και άλλων θειούχων οξέων	
	iii) βάσεων, ιδίως δε υδροξειδίου του αμμωνίου, υδροξειδίου του καλίου, υδροξειδίου του νατρίου	
	iv) αλάτων, όπως χλωριούχου αμμωνίου, χλωρικού καλίου, ανθρακικού καλίου, ανθρακικού νατρίου, υπερβορικών αλάτων, νιτρικού αργύρου	
	v) αμετάλλων, μεταλλοξειδίων ή άλλων ανόργανων ενώσεων, όπως ανθρακασβεστίου, πυριτίου, ανθρακοπυριτίου	
γ)	Χημικές εγκαταστάσεις παραγωγής, σε βιομηχανική κλίμακα, φωσφορούχων, αζωτούχων ή καλιούχων λιπασμάτων (απλών ή σύνθετων)	*
δ)	Χημικές εγκαταστάσεις παραγωγής, σε βιομηχανική κλίμακα, βασικής σημασίας φυτοϋγειονομικών προϊόντων και βιοκτόνων	*
ε)	Εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν χημικές ή βιολογικές διαδικασίες παραγωγής βασικής σημασίας φαρμακευτικών προϊόντων	*
στ)	Εγκαταστάσεις παραγωγής, σε βιομηχανική κλίμακα, εκρηκτικών και πυροτεχνικών προϊόντων	*
5.	**Διαχείριση αποβλήτων και λυμάτων**	
α)	Εγκαταστάσεις για την ανάκτηση ή τη διάθεση επικινδύνων αποβλήτων	Ημερήσια δυναμικότητα αποδοχής 10 τόνων
β)	Εγκαταστάσεις καύσης μη επικίνδυνων αποβλήτων που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της Κοινοτικής οδηγίας 2000/76/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 4ης Δεκεμβρίου 2000, για την αποτέφρωση των αποβλήτων	Ωριαία δυναμικότητα 3 τόνων
γ)	Εγκαταστάσεις για τη διάθεση ακίνδυνων αποβλήτων	Ημερήσια δυναμικότητα 50 τόνων
δ)	Χώροι υγειονομικής ταφής [εκτός από τους χώρους ταφής αδρανών αποβλήτων και τους χώρους υγειονομικής ταφής που έχουν κλείσει οριστικά πριν από τις 16.7.2001 ή για τους οποίους έχει λήξει η φάση των μετέπειτα εργασιών που απαιτούν οι αρμόδιες αρχές σύμφωνα με το άρθρο 13 της οδηγίας 1999/31/ΕΚ του Συμβουλίου, της 26ης Απριλίου 1999, περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων]	Ημερήσια δυναμικότητα αποδοχής 10 τόνων ή ολική χωρητικότητα 25000 τόνων

ε)	Εγκαταστάσεις για τη διάθεση ή την ανακύκλωση σφαγίων και ζωικών απορριμμάτων	Ημερήσια δυναμικότητα επεξεργασίας 10 τόνων
στ)	Εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων	Δυναμικότητα επεξεργασίας 100000 μονάδων ισοδυνάμου πληθυσμού
ζ)	Αυτόνομες εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών λυμάτων που εξυπηρετούν μια ή περισσότερες δραστηριότητες του παρόντος παραρτήματος	Ημερήσιας χωρητικότητας 10000 m3
6.	**Παραγωγή και επεξεργασία χαρτιού και ξύλου**	
α)	Βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής χαρτοπολτού από ξύλο ή άλλα ινώδη υλικά	*
β)	Βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής χαρτιού και χαρτονιού και άλλων πρωτογενών προϊόντων ξύλου (π.χ. μοριοσανίδες, ινοσανίδες και αντικολλητή ξυλεία)	Ημερήσιας δυναμικότητας παραγωγής 20 τόνων
γ)	Βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την προφύλαξη του ξύλου και των προϊόντων ξύλου με χημικές ουσίες	Ημερήσιας δυναμικότητας παραγωγής 50 m3
7.	**Εντατική κτηνοτροφία και υδατοκαλλιέργεια**	
α)	Εγκαταστάσεις εντατικής εκτροφής πουλερικών και χοίρων	i) 40000 θέσεις για πουλερικά
		ii) 2000 θέσεις για χοίρους παραγωγής (άνω των 30 kg)
		iii) 750 θέσεις για χοιρομητέρες
β)	Εντατική υδατοκαλλιέργεια	1000 τόνοι ψάρια και οστρακοειδή ετησίως
8.	**Ζωικά και φυτικά προϊόντα του κλάδου τροφίμων και ποτών**	
α)	Σφαγεία	Ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής 50 τόνων σφαγίων
β)	Επεξεργασία και μεταποίηση για την παραγωγή τροφίμων και ποτών από:	
	i) ζωική πρώτη ύλη (εκτός του γάλακτος)	Ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής 75 τόνων τελικών προϊόντων
	ii) φυτική πρώτη ύλη	Ημερήσια δυναμικότητα παραγωγής 300 τόνων τελικών προϊόντων (μέση τριμηνιαία τιμή)
9.	**Άλλες δραστηριότητες**	
α)	Εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας (δραστηριότητες πλύσης, λεύκανσης, μερσερισμού) ή βαφής ινών ή υφασμάτων	Ημερήσια δυναμικότητα επεξεργασίας 10 τόνων
β)	Εγκαταστάσεις δέψης δερμάτων	Ημερήσια δυναμικότητα κατεργασίας 12 τόνων τελικού προϊόντος

γ)	Εγκαταστάσεις επεξεργασίας της επιφάνειας υλών, αντικειμένων ή προϊόντων με τη χρησιμοποίηση οργανικών διαλυτών, ιδίως για τις εργασίες προετοιμασίας, εκτύπωσης, επίστρωσης, καθαρισμού των λιπών, αδιαβροχοποίησης, κολλαρίσματος, βαφής, καθαρισμού ή διαβροχής	Δυναμικότητα κατανάλωσης 150 kg διαλύτη ανά ώρα ή 200 τόνων ανά έτος
δ)	Εγκαταστάσεις για την παραγωγή άνθρακα (σκληρός άνθρακας) ή ηλεκτρογραφίτη με καύση ή γραφιτοποίηση	*
ε)	Εγκαταστάσεις ναυπήγησης και βαφής ή αφαίρεσης της βαφής πλοίων	Πλοίων μήκους άνω των 100 m
* Δεν υπάρχουν όρια δυναμικότητας, οι εγκαταστάσεις με αυτού του τύπου τη δραστηριότητα θα πρέπει να υποβάλλουν δεδομένα.		

Πίνακας Ι.2 Κατάλογος ουσιών που αναφέρονται στα πλαίσια του Μητρώου E-PRTR

			Όριο έκλυσης		
α/α	Αριθμός CAS	Ρύποι	Ατμόσφαιρα (kg/έτος)	Νερά (kg/έτος)	Έδαφος (kg/έτος)
1	74-82-8	Μεθάνιο (CH4)	100000	-	-
2	630-08-0	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	500000	-	-
3	124-38-9	Διοξείδιο του άνθρακα (CO2)	100 εκατομμύρια	-	-
4		Υδροφθοράνθρακες (HFCs)	100	-	-
5	10024-97-2	Υποξείδιο του αζώτου (N2O)	10000	-	-
6	7664-41-7	Αμμωνία (NH3)	10000	-	-
7		Πτητικές οργανικές ενώσεις εκτός μεθανίου (NMVOC)	100000	-	-
8		Οξείδια του αζώτου (NOx/NO2)	100000	-	-
9		Υπερφθοράνθρακες (PFCs)	100	-	-
10	2551-62-4	Εξαφθοριούχο θείο (SF6)	50	-	-
11		Οξείδια του θείου (SOx/SO2)	150000	-	-
12		Ολικό άζωτο	-	50000	50000
13		Ολικός φώσφορος	-	5000	5000
14		Υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs)	1	-	-
15		Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)	1	-	-
16		Αλόνες	1	-	-
17		Αρσενικό και ενώσεις του (ως As)	20	5	5

18		Κάδμιο και ενώσεις του (ως Cd)	10	5	5
19		Χρώμιο και ενώσεις του (ως Cr)	100	50	50
20		Χαλκός και ενώσεις του (ως Cu)	100	50	50
21		Υδράργυρος και ενώσεις του (ως Hg)	10	1	1
22		Νικέλιο και ενώσεις του (ως Ni)	50	20	20
23		Μόλυβδος και ενώσεις του (ως Pb)	200	20	20
24		Ψευδάργυρος και ενώσεις του (ως Zn)	200	100	100
25	15972-60-8	Alachlor	-	1	1
26	309-00-2	Aldrin	1	1	1
27	1912-24-9	Ατραζίνη	-	1	1
28	57-74-9	Chlordane	1	1	1
29	143-50-0	Chlordecone	1	1	1
30	470-90-6	Chlorfenvinphos	-	1	1
31	85535-84-8	Χλωροαλκάνια, C10-C13	-	1	1
32	2921-88-2	Chlorpyrifos	-	1	1
33	50-29-3	DDT	1	1	1
34	107-06-2	Διχλωροαιθάνιο-1,2 (EDC)	1000	10	10
35	75-09-2	Διχλωρομεθάνιο (DCM)	1000	10	10
36	60-57-1	Dieldrin	1	1	1
37	330-54-1	Diuron	-	1	1
38	115-29-7	Endosulphan	-	1	1
39	72-20-8	Endrin	1	1	1
40		Αλογωνομένες οργανικές ενώσεις (ως AOX)	-	1000	1000
41	76-44-8	Heptachlor	1	1	1
42	118-74-1	Hexachlorobenzene (HCB)	10	1	1
43	87-68-3	Εξαχλωροβουταδιένιο (HCBD)	-	1	1
44	608-73-1	1,2,3,4,5,6-εξαχλωροκυκλοεξάνιο (HCH)	10	1	1
45	58-89-9	Lindane	1	1	1
46	2385-85-5	Mirex	1	1	1
47		PCDD + PCDF (διοξίνες+φουράνια)(ως Teq)	0,0001	0,0001	0,0001
48	608-93-5	Πενταχλωροβενζόλιο	1	1	1
49	87-86-5	Πενταχλωροφαινόλη (PCP)	10	1	1
50	1336-36-3	Πολυχρωριομένα διφενύλια (PCBs)	0,1	0,1	0,1

51	122-34-9	Simazine	-	1	1
52	127-18-4	Τετραχλωροαιθυλένιο (PER)	2000	10	-
53	56-23-5	Τετραχλωρομεθάνιο(TCM)	100	1	-
54	12002-48-1	Τριχλωροβενζόλια (TCBs) (όλα τα ισομερή)	10	1	-
55	71-55-6	1,1,1-τριχλωροαιθάνιο	100	-	-
56	79-34-5	1,1,2,2-Τετραχλωροαιθάνιο	50	-	-
57	79-01-6	Τριχλωροαιθυλένιο	2000	10	-
58	67-66-3	Τριχλωρομεθάνιο	500	10	-
59	8001-35-2	Toxaphene	1	1	1
60	75-01-4	Βινυλοχλωρίδιο	1000	10	10
61	120-12-7	Ανθρακένιο	50	1	1
62	71-43-2	Βενζόλιο	1000	200 (ως BTEX)	200 (ως BTEX)
63		Βρωμιούχοι διφαινυλαιθέρες (PBDE)	-	1	1
64		Εννεανυλική φαινόλη και αιθοξυλικά άλατα εννεανυλικής φαινόλης (NP/NPEs)	-	1	1
65	100-41-4	Αιθυλικό βενζόλιο	-	200 (ως BTEX)	200 (ως BTEX)
66	75-21-8	Αιθυλενοξείδιο	1000	10	10
67	34123-59-6	Isoproturon	-	1	1
68	91-20-3	Ναφθαλίνη	100	10	10
69		Οργανοκασσιτερικές ενώσεις (ως ολικός Sn)	-	50	50
70	117-81-7	Di-(2-ethyl hexyl) phthalate (DEHP)	10	1	1
71	108-95-2	Phenols (as total C)	-	20	20
72		Πολυκυκλικοί αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAHs)	50	5	5
73	108-88-3	Τολουόλιο	-	200 (ως BTEX)	200 (ως BTEX)
74		Τριβουτυλικός κασσίτερος και ενώσεις του	-	1	1
75		Τριφαινυλικός κασσίτερος και ενώσεις του	-	1	1
76		Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) (ως ολικός C ή COD/3)	-	50000	-
77	1582-09-8	Trifluralin	-	1	1
78	1330-20-7	Ξυλόλια	-	200 (ως BTEX)	200 (ως BTEX)
79		Χλωριούχες ενώσεις (ως ολικό Cl)	-	2 εκατομμύρια	2 εκατομμύρια

80		Χλώριο και ανόργανες ενώσεις αυτού ως υδροχλώριο	10000	-	-
81	1332-21-4	Αμίαντος	1	1	1
82		Κυανιούχα (ως ολικό CN)	-	50	50
83		Φθοριούχα (ως ολικό F)	-	2000	2000
84		Φθόριο και ανόργανες ενώσεις του (ως HF)	5000	-	-
85	74-90-8	Υδροκυάνιο (HCN)	200	-	-
86		Σωματίδια (PM10)	50000	-	-
87	1806-26-4	Οκτυλοφαινόλες και αιθοξυλικά άλατα οκτυλοφαινόλης	-	1	-
88	206-44-0	Φλουορανθένιο	-	1	-
89	465-73-6	Isodrin	-	1	-
90	36355-1-8	Εξαβρωμοδιφαινύλιο	0,1	0,1	0,1
91	91-24-2	Βενζο(g,h,i)περυλένιο	-	1	-
* Δεν υπάρχουν όρια δυναμικότητας, οι εγκαταστάσεις με αυτού του τύπου τη δραστηριότητα θα πρέπει να υποβάλλουν δεδομένα.					

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.

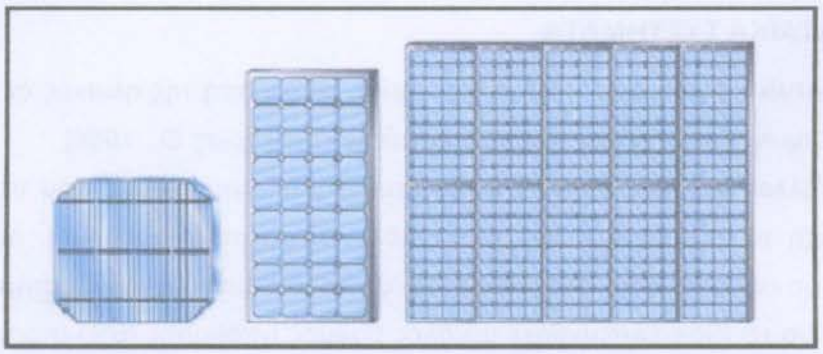
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, είναι η απευθείας μετατροπή της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των λεγόμενων ηλιακών κυττάρων [*Ζαχαρίας Θ., 1986*].

Ο Γάλλος φυσικός Edmont Becquerel (1839) είναι εκείνος που παρατήρησε την ανάπτυξη τάσεως μεταξύ δυο ηλεκτροδίων μέσα σε ηλεκτρολύτη, όταν ηλιακό φως πέσει σε ένα από αυτά. Αργότερα (1876), το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε στο σελήνιο. Μόνο το 1954 επιτεύχθηκε μεγάλος βαθμός απόδοσης (6%) στο πυρίτιο (Si) και στη συνέχεια στο θειούχο κάδμιο (CdS). Η πρώτη αξιόλογη εφαρμογή αναφέρεται στο δορυφόρο VANGUARD I (1958), ενώ στη συνέχεια, όλο το διαστημικό πρόγραμμα στηρίχθηκε στη χρησιμοποίηση φωτοβολταϊκών κυττάρων πυριτίου.

Διαδοχικές τεχνολογικές βελτιώσεις, ανύψωσαν το βαθμό απόδοσης στην τάξη του 15 %. Η ενεργειακή κρίση του 1973, έδωσε μεγάλη ώθηση στην ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας για επίγειες εφαρμογές. Στην αρχή βέβαια είχαν σκοπό να καλύψουν εφαρμογές που απαιτούσαν μικρή ισχύ, αλλά σύντομα στράφηκαν σε εφαρμογές που απαιτούν μέσες ισχείς (άντληση νερού, άρδευση, αγροτικός εξηλεκτρισμός, με σκοπό να αντικαταστήσουν ή και να συμπληρώσουν τις ντηζελογεννήτριες) ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Με παραπέρα μείωση του κόστους και αύξηση του βαθμού απόδοσης, καλύπτουν μεγάλες ενεργειακές ανάγκες (οικιακές, εμπορικές, γραφεία, σχολεία, ξενοδοχεία, εργοστάσια κλπ) [*Boyle G., 1998*].

Σε γενικές γραμμές, το φωτοβολταϊκό φαινόμενο στηρίζεται, αφενός στην ηλιακή ακτινοβολία, αφετέρου στις ιδιότητες των ημιαγωγικών υλικών. Το άτομο του πυριτίου που είναι ένα ημιαγωγικό υλικό, έχει τέσσερα ηλεκτρόνια σθένους. Ένας μεγάλος αριθμός ατόμων αλληλοσυνδέονται μέσω αυτών των ηλεκτρονίων (δεσμοί BONDS) και σχηματίζουν ένα κρυσταλλικό πλέγμα (crystal lattice). Όταν το ηλιακό φως πέσει στο κρυσταλλικό πυρίτιο, μια από τις περιπτώσεις είναι να απορροφηθεί. Τότε, και εφόσον το φως είναι υψηλής ενέργειας (E=hf, h: σταθερά Planck), είναι δυνατό να αλλάξει τις ηλεκτρικές ιδιότητες του κρυστάλλου. Το ηλεκτρόνιο αφήνοντας τη θέση του, αφήνει πίσω και μια «οπή» (έλλειψη ηλεκτρονίου). Με την υπερπήδηση και του φράγματος δυναμικού (potential barrier, η διαφορά δυναμικού πέρα του οποίου προκαλείται μικρή πιθανότητα επανασύνδεσης των ζευγών ηλεκτρονίων – οπών), είναι δυνατό να τροφοδοτηθεί με ρεύμα ένα εξωτερικό κύκλωμα [*Ζαχαρίας (1986), Boyle (1998)*].



Εικόνα ΙΙ. 1: Από αριστερά προς τα δεξιά: κυψέλη (κύτταρο), πλαίσιο (module), πάνελ **Πηγή:** EERE

Η πρόοδος στις τεχνολογίες κατασκευής των φωτοβολταϊκών ήταν ένας από τους βασικούς λόγους της μεγάλης αύξησης σε παγκόσμιο επίπεδο της αγοράς των PV. Παγκοσμίως, υπάρχουν πάνω από 100 κατασκευαστές φωτοβολταϊκών (το 30 % στις ΗΠΑ) [*McConnell, R.D., et al., 1998*].

Ο πρόγονος της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, το κρυσταλλικό πυρίτιο (c- Si), συνεχίζει να είναι η τεχνολογική επιλογή στη σημερινή αγορά. Το 1997 κατείχε το 87% των παγκόσμιων πωλήσεων, ενώ σήμερα κατέχει το 93% των παγκόσμιων πωλήσεων [*SolarBuzz, 2005*]. Αν και είναι παλαιά τεχνολογία, έχουν σημειωθεί σημαντικές βελτιώσεις στον κατασκευαστικό τομέα. Λόγω της εμπειρίας που έχει αποκτηθεί στην παραγωγική διαδικασία, αλλά και στο κόστος αυτής, οι εξελικτικές βελτιώσεις συνεχίζουν να γίνονται σε συνδυασμό με την οικονομία κλίμακας και τις αυτοματοποιημένες διαδικασίες. Οι αποδόσεις των στοιχείων αυτών σε εργαστηριακό επίπεδο (24 % για το μονοκρυσταλλικό και 18,6 % για το πολυκρυσταλλικό) δείχνουν ότι υπάρχει δυναμικό για περαιτέρω βελτίωση της απόδοσης εφόσον μπορούν να περιοριστούν τα επιπλέον έξοδα. Σήμερα, διατίθενται στην αγορά κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου με αποδόσεις 11 - 16 % (50 – 66 % της ονομαστικής απόδοσης) [*SolarBuzz*].

Το άμορφο πυρίτιο (a- Si) και τα πολυκρυσταλλικά υλικά όπως το Τελλουριούχο Κάδμιο (CdTe) και ο δισελινιούχος ινδικός (γάλλιο) χαλκός (CIS ή CIGS), αποτελούν υλικά που προέκυψαν μετά την προσπάθεια μείωσης του αυξημένου κόστους κατασκευής του c- Si (η πλάκα πυριτίου κοστίζει γύρω στο 40 - 50% μιας ολοκληρωμένης κυψέλης). Το πάχος τους είναι σημαντικά μικρότερο και ανήκουν στη κατηγορία τεχνολογιών λεπτού φίλμ (thin film cells).

Υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής μεγάλης κλίμακας a- Si, ενώ έχουν κατασκευαστεί συστήματα πολλών εκατοντάδων kW ισχύος. Οι αποδόσεις κυμαίνονται από 8 – 12 %. Οι κατασκευαστές εστιάζονται στη βελτίωση της

απόδοσης καθώς και σε νέες τεχνολογίες της μορφής αυτής. Παρόλα αυτά, υπάρχει αβεβαιότητα όσο αφορά στις υψηλές και σταθερές αποδόσεις καθώς και στην μακροχρόνια σταθερή επίδοση, αφού όπως όλα τα υλικά τεχνολογίας λεπτού φιλμ, έτσι και αυτό εμφανίζει σημαντική υποβάθμιση της απόδοσης (15 – 35 %) όταν εκτίθεται στον ήλιο [*McConnell et al. (1998), SolarBuzz (2005)*].



Εικόνα ΙΙ.2: Φωτοβολταϊκή κυψέλη από πλάκα πολυκρυσταλλικού πυριτίου. **Πηγή:** *www.wisconsun.org*

Τα στοιχεία που βασίζονται στο Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe), ξεκίνησαν με μια παγκόσμια παραγωγή της τάξης του 1 % το 1997. Τα στοιχεία αυτά προήλθαν από πιλοτικές παραγωγικές μονάδες, με δυναμικότητες δεκάδων kW, με τάση για οικιακή χρήση. Η απόδοση φτάνει το 15% για το κύτταρο, και το 9% για το πλαίσιο (module). Η έρευνα εστιάζεται στις διαδικασίες εναπόθεσης, στις σταθερές επαφές και στη σωστή διαχείριση που έχει να κάνει με το περιβάλλον, την ασφάλεια και τα θέματα υγείας που συνδέονται με το Κάδμιο.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που βασίζονται στο δισελινιούχο ινδικό χαλκό με διάφορες προσμίξεις (κυρίως γάλλιο) (CIGS), αποτελούν μια από τις νεότερες γενιές φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Αν και μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990, δεν είχε πουληθεί κανένα προϊόν, εντούτοις πολλές εταιρίες ανάπτυξαν πιλοτικές μονάδες παραγωγής, και δοκιμάστηκαν πειραματικά συστήματα 1 kW ισχύος. Οι αποδόσεις φτάνουν το 17,7 % για τα κύτταρα και το 11 % για τα πλαίσια. Αν και τα κόστη και οι διαδικασίες δεν έχουν ακόμη εξακριβωθεί, αυτή η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να επιφέρει παραγωγή μεγάλης κλίμακας και μείωση του κατασκευαστικού κόστους.

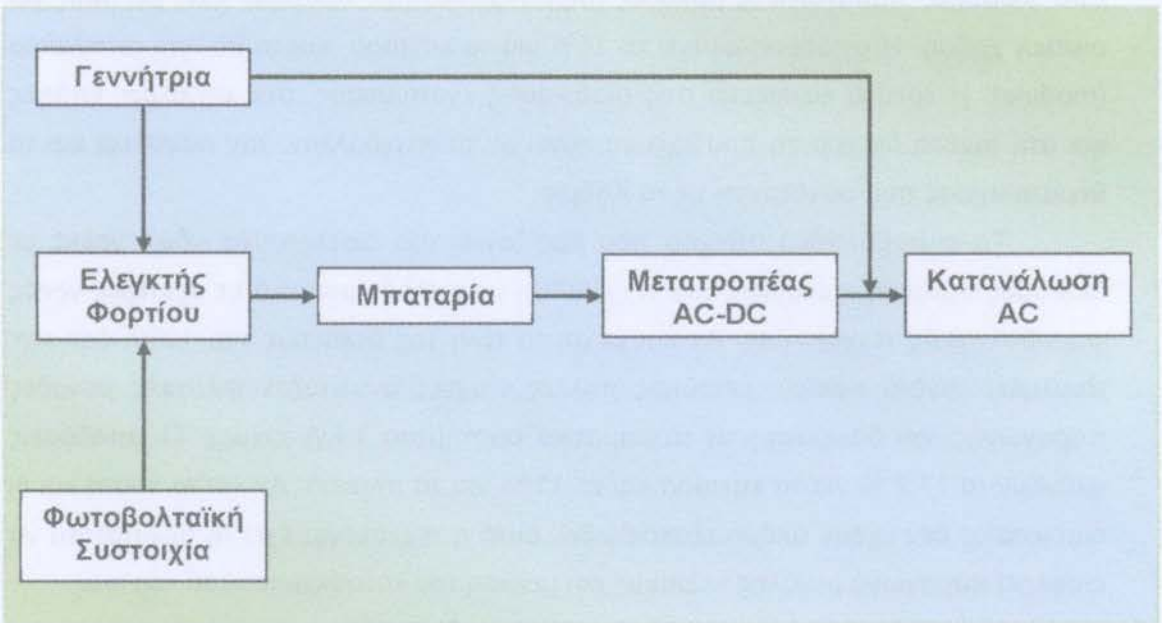
Η τεχνολογία των συγκεντρωτικών φωτοβολταϊκών στοιχείων (concentrator PV), δεν έχει ακόμη διεισδύσει στην παγκόσμια αγορά. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας υπήρχαν περίπου 10 εργοστάσια ανάπτυξης αυτής της τεχνολογίας φωτοβολταϊκών. Οι αποδόσεις είναι σχετικά υψηλές, με τα κύτταρα να ξεπερνάν το 26 %, ενώ κύτταρα που βασίζονται σε αρσενικούχο γάλλιο (GaAs) και κράματα αυτών έχουν πετύχει

αποδόσεις της τάξης του 32,6 %. Τα τελευταία, κύτταρα αποτελούν την επιλογή για μονάδες παραγωγής ενέργειας σε εφαρμογές στο διάστημα. Το βασικό μειονέκτημα όμως του GaAs είναι η τοξικότητα του As και η έλλειψη επαρκών ποσοτήτων Ga (άρα μεγάλο κόστος) [*Ζαχαρίας Θ., 1986*].

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα, χρησιμοποιούνται πλέον συχνά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες εφαρμογές, όπως σε περιοχές όπου η επέκταση του δικτύου μεταφοράς και διανομής είτε δεν είναι δυνατή, είτε δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα κλπ. Γενικότερα επικρατούν δυο φιλοσοφίες εφαρμογών:

- Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.
- Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.

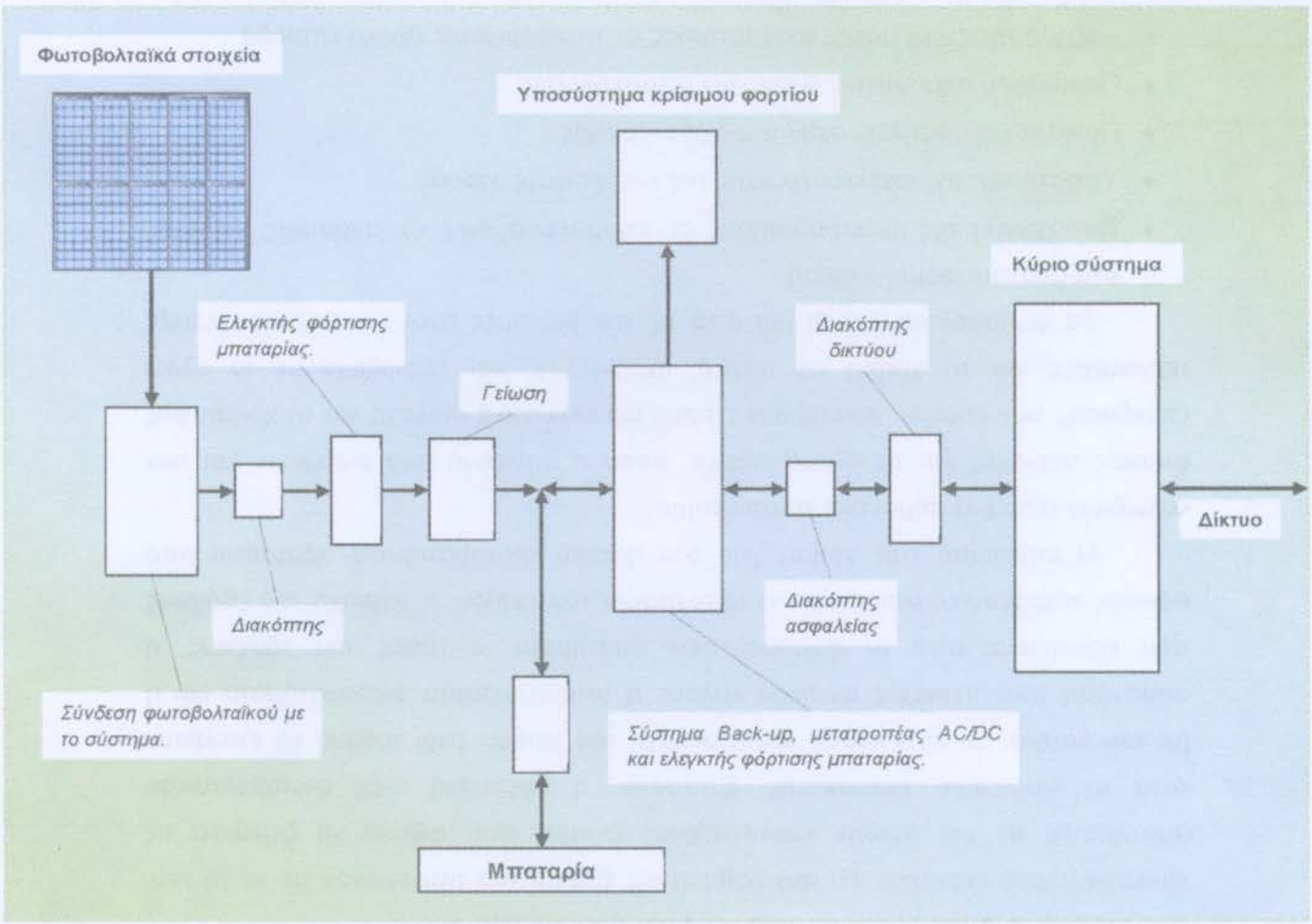
Στη πρώτη περίπτωση, μια τέτοια εφαρμογή προκειμένου να εξυπηρετήσει τις ανάγκες ενός φορτίου (μιας κατοικίας), θα πρέπει να μπορεί να καλύψει τουλάχιστο τις καθαρές ηλεκτρικές ανάγκες. Επιπλέον, θα απαιτηθεί και μια μονάδα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρία) καθώς και μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος προκειμένου να καλυφθούν οι επιπλέον ενεργειακές απαιτήσεις, αλλά και για να είναι πιο ασφαλής η σταθερή παροχή [*Boyle, 1998*]. Η οικονομική βιωσιμότητα τέτοιας εφαρμογής, εξαρτάται από το κόστος της KWh σε σχέση με άλλες μορφές παραγωγής.



Εικόνα ΙΙ. 3: Τα κύρια μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. **Πηγή:** *Boyle, 1998*

Στα διασυνδεδεμένα συστήματα, ουσιαστικά το ρόλο της μπαταρίας τον παίζει το δίκτυο. Η καλύτερη βέβαια τακτική είναι να υπάρχει και συνδεδεμένο σύστημα συσσωρευτών για τη μέγιστη ασφάλεια λειτουργίας. [*Endecon Engineering,*

2001]. Το σύστημα αυτό, ουσιαστικά εφαρμόζει αποθήκευση ενέργειας (με τη μορφή συσσωρευτών) για να διατηρήσει τη λειτουργία κάποιων κρίσιμων φορτίων σε περίπτωση διακοπής τροφοδότησης ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, όταν η φωτοβολταϊκή συστοιχία αδυνατεί (τη νύχτα). Αυτά τα κρίσιμα φορτία είναι απευθείας συνδεδεμένα σε ένα ξεχωριστό σύστημα τροφοδοσίας, το οποίο ενεργοποιείται όταν συμβεί η παραπάνω περίπτωση. Σε διαφορετική περίπτωση, όπου η φωτοβολταϊκή συστοιχία είναι ικανή να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια (πχ την ημέρα), το υποσύστημα τροφοδοσίας παραμένει ανενεργό (Εικόνα ΙΙ.4).



Εικόνα ΙΙ.4: Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα με εφεδρική υποστήριξη μπαταρίας. **Πηγή:** *Endecon Engineering, 2001*

Οι τεχνολογίες φωτοβολταϊκών που εντάσσονται στις ανανεώσιμες είναι σημαντικά ασφαλέστερες, παρέχοντας μια λύση σε πολλά περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα που σχετίζονται με τα ορυκτά καύσιμα και την πυρηνική ενέργεια [*EC, 1995*]. Μη συμπεριλαμβανομένης της εξάντλησης των φυσικών πόρων, το κύριο πλεονέκτημά τους σχετίζεται με τις μειωμένες εκπομπές του CO2, και με την απουσία άλλων εκπομπών ή αποβλήτων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας

τους. Σε σχέση με το περιβάλλον, η χρήση φωτοβολταϊκών φέρει τα επιπλέον πλεονεκτήματα [*Tsoutsos T., et al., 2005*]:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως CO_2 και NOx) και προφύλαξη από τις εκπομπές τοξικών αερίων (SO_2, σωματιδιακή ύλη).
- Αποκατάσταση υποβαθμισμένης γης.
- Μείωση των απαιτούμενων γραμμών μεταφοράς του ηλεκτρικού δικτύου.
- Βελτίωση της ποιότητας των υδατικών πόρων.

Σε σχέση με τον κοινωνικοοικονομικό τομέα, τα οφέλη από την εκμετάλλευση των φωτοβολταϊκών περιλαμβάνουν:

- Αύξηση της ενεργειακής ανεξαρτησίας σε περιφερειακό/ εθνικό επίπεδο.
- Προώθηση σημαντικών ευκαιριών απασχόλησης.
- Ποικιλία και ασφάλεια στην παροχή ενέργειας.
- Υποστήριξη της απελευθέρωσης της ενεργειακής αγοράς.
- Επιτάχυνση της ηλεκτροδότησης σε απομακρυσμένες και αγροτικές περιοχές στα αναπτυσσόμενα κράτη.

Τα φωτοβολταϊκά είναι μια από τις πιο βιώσιμες ανανεώσιμες ενεργειακές τεχνολογίες για τη χρήση σε αστικό περιβάλλον, και ταιριάζουν με τα υλικά επένδυσης των κτιρίων. Αποτελούν επίσης μια ελκυστική επιλογή για τη χρήση στις φυσικές περιοχές και τα εθνικά πάρκα, όπου η αποφυγή των πυλώνων και των καλωδίων είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα.

Η επίπτωση στη χρήση γης στα φυσικά οικοσυστήματα, εξαρτάται από ειδικούς παράγοντες όπως είναι η τοπογραφία του τοπίου, η περιοχή του εδάφους που καλύπτεται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα, ο τύπος του εδάφους, η απόσταση από περιοχές φυσικού κάλους ή από ευαίσθητα οικοσυστήματα και η βιοποικιλότητα. Οι επιπτώσεις και η αλλαγή του τοπίου είναι πιθανό να επέλθουν κατά τη διαδικασία κατασκευής. Επιπλέον, η εφαρμογή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε μια πρώην καλλιεργήσιμη έκταση είναι πιθανό να ζημιώσει τις καλλιεργήσιμες περιοχές. Το συναισθηματικό δέσιμο του παραγωγού με τη γη του, είναι πιθανό να αποτελέσει την αιτία για διαφωνίες και δυσαρέσκειες.

Κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής λειτουργίας, τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν εκπέμπουν αέρια, ή υγρά απόβλητα, αλλά ούτε και ραδιενεργά κατάλοιπα. Στη περίπτωση των στοιχείων Δισελινιούχου Ινδικού χαλκού (CIS) ή του Τελουριούχου Καδμίου (CdTe), που περιέχουν μικρές ποσότητες τοξικών ουσιών, υπάρχει κίνδυνος έπειτα από πυρκαγιά σε κάποια συστοιχία, αυτά τα στοιχεία να ελευθερωθούν στο περιβάλλον [*Boyle, 1998*]. Ειδικότερα, στην περίπτωση κεντρικού σταθμού μεγάλης κλίμακας, υπάρχει ο κίνδυνος να ελευθερωθούν τοξικές ουσίες λόγω κάποιας

δυσλειτουργίας, θέτοντας σε κίνδυνο την υγεία των κατοίκων που ζουν εκεί κοντά. Επίσης, μπορεί να προκύψουν προβλήματα στο έδαφος και στον υπόγειο υδροφορέα σε περίπτωση πλημελούς διάθεσης των υλικών [*OECD/ IEA, 1998*].

Η οπτική ρύπανση εξαρτάται από τον τύπο, το σχήμα και από το περιβάλλον ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Προφανώς, εάν εγκατασταθεί ένα σύστημα σε μια περιοχή φυσικού κάλους, θα επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό αρνητικά την περιοχή. Όμως, με προσεκτική και σωστά μελετημένη σχεδίαση τοποθέτησης ενός συστήματος σε ένα μοντέρνο κτίριο θα επηρεάσει θετικά τον περιβάλλοντα χώρο. Η επένδυση των εξωτερικών επιφανειών εμπορικών κτιρίων με φωτοβολταϊκά συστήματα, αναδεικνύει την αρχιτεκτονική πλευρά της τεχνολογίας. Με βάση αυτή την οπτική, έχουν αναπτυχθεί διάφορα είδη φωτοβολταϊκών πλαισίων με σκοπό την αρχιτεκτονική, αισθητική και λειτουργική αναβάθμιση κτιριακών και άλλων κατασκευών [*Hesnes A. G., 1999*].

Σήμερα, η παραγωγή της νέας γενιάς φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι ενεργειακά πολύ απαιτητική, ειδικά όσο αφορά τα μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά στοιχεία (Πίνακας ΙΙΙ.1). Η ενεργειακές απαιτήσεις, περιορίζονται μόνο στη διαδικασία κατασκευής των κυψελών, ενώ δε λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες ενεργειακές απαιτήσεις (και κατ' επέκταση οι εκπομπές αερίων ρύπων) για τη διαδικασία μεταφοράς προς τοποθέτηση, καθώς θεωρούνται αμελητέες σε σχέση με τις απαιτήσεις κατασκευής. Τα στοιχεία λεπτού φίλμ, απαιτούν σημαντικά λιγότερη ενέργεια ανά W σε σχέση με την τεχνολογία c- Si και a- Si (άμορφου πυριτίου), λόγω της διαφορετικής απόδοσης της κυψέλης. Επίσης, απαιτούνται μικρές ποσότητες σπάνιων στοιχείων όπως (In, Te, Ga), όπως και τοξικών (Cd).

Οι εκπομπές Cd κατά τη διαδικασία παραγωγής κυψελών CdTe, αντιστοιχούν στο 0,001% του χρησιμοποιούμενου Cd, τιμή που αντιστοιχεί σε 0,01g Cd/ GWh. Από την άλλη βέβαια, το Cd αποτελεί υποπροϊόν της παραγωγής Zn, οπότε το χειρότερο σενάριο θα ήταν να διατεθεί στο περιβάλλον [*Tsoutsos T., et al., 2005*].

Προκειμένου να μειωθούν οι προαναφερθέντες κίνδυνοι, πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες κατά τη διαδικασία παραγωγής φωτοβολταϊκών συστημάτων:

- Δυνατότητα παραγωγής λεπτότερων επιπέδων κυψελών.
- Πλήρης ανάπτυξη των τεχνολογιών συγκεντρωτικών κυψελών (concentrator PV technologies).
- Αποδοτικότερη εκμετάλλευση υλικών.Ασφαλέστερα και εναλλακτικά υλικά.
- Τεχνολογία ανακύκλωσης κυψελών.

Πίνακας ΙΙ.1: Ταξινόμηση των ενεργειακών αναγκών για παραγωγή c- Si

Διαικασία	mc-Si[1] (πολυκρυσταλλικό)	sc-Si[2] (μονοκρυσταλλικό)	Μονάδες
Παραγωγή πυριτίου	450	450	MJ/m^2 πλαισίου
Καθαρισμός πυριτίου	1800	1800	MJ/m^2 πλαισίου
Κρυσταλοποίηση	750	2300	MJ/m^2 πλαισίου
Επικόλληση	250	250	MJ/m^2 πλαισίου
Κατασκευή κυψέλης	600	550	MJ/m^2 πλαισίου
Συναρμολόγηση πλαισίου	350	350	MJ/m^2 πλαισίου
Σύνολο πλαισίου (χωρίς σκελετό)	4200	5700	MJ/m^2 πλαισίου
Σύνολο πλαισίου (χωρίς σκελετό)	32	41	MJ/Wp

Πηγή: *Alsema E. A., 2000*

Στην περίπτωση των αυτόνομων συστημάτων, τα οποία όμως αποτελούν ένα μικρό ποσοστό της αγοράς [*Tsoutsos T., et al., 2004*], θα πρέπει να μελετηθούν οι επιδράσεις των χημικών στοιχείων που βρίσκονται στους συσσωρευτές.

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ