



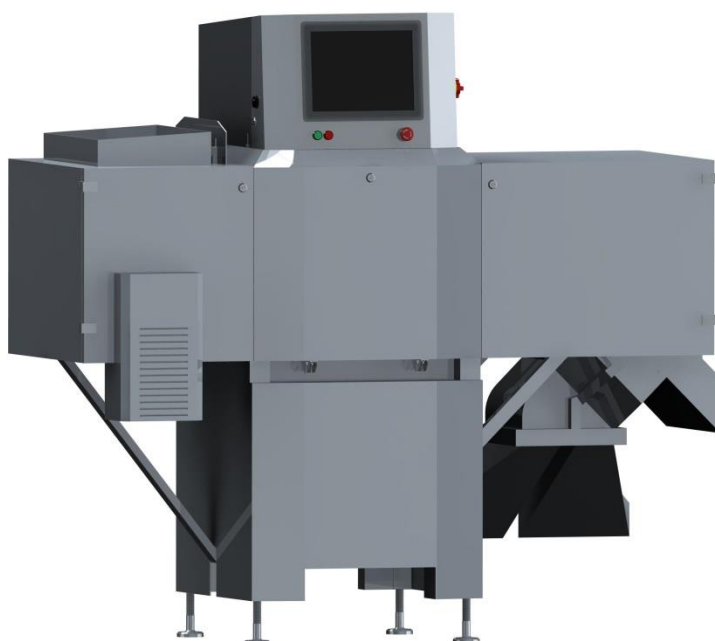
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Διπλωματική Εργασία

3D Σχεδιασμός Συστήματος Επιθεώρησης Ακτίνων Χ για ανακύκλωση ηλεκτρονικού εξοπλισμού

Δημήτριος Ε. Μανωλεδάκης



Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Μπιλάλης

ΧΑΝΙΑ, ΟΚΤΩΒΡΗΣ 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Νικόλαο Μπιλάλη, καθηγητή στη σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με αυτό το τόσο ενδιαφέρον και τεχνολογικά ανερχόμενο αντικείμενο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παύλο Κουλουριδάκη, ΕΔΙΠ του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης για την καθοδήγηση και την άριστη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής καθώς και την διδάκτωρ κα. Ρουμπίνη-Γεωργία Ιορδανίδου για τις πολύ χρήσιμες συμβουλές της.

Τέλος, θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και όσους με στήριξαν.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	5
1. Εισαγωγή στη 3D Σχεδίαση	7
1.1 ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ Η/Υ	7
1.1.1 CAD – Computer Aided Design	7
1.1.2 CAM - Computer Aided Manufacturing	8
1.1.3 CAE - Computer Aided Engineering.....	8
1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD	8
1.2.1 3D Μοντελοποίηση	8
1.2.2 Ιδιότητες και απαιτήσεις συστημάτων CAD	13
1.2.3 Λογισμικό CAD PTC Creo Parametric 3.0	14
2. Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).....	16
2.1 Γενικές πληροφορίες για ΑΗΗΕ	16
2.1.1 Ορισμός και κατηγορίες ΑΗΗΕ.....	16
2.1.2 Σύσταση ΑΗΗΕ	18
2.1.3 Νομοθετικό Πλαίσιο	21
2.2 Φωτοβολταϊκά	25
2.2.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο	25
2.2.2 Τεχνολογίες Φωτοβολταϊκών	26
2.3 Ανακύκλωση.....	30
2.3.1 Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού	31
2.3.2 Φωτοβολταϊκά	36
3. Συστήματα Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ (Σ.Ε.Α.Χ)	41
3.1 Ακτίνες Χ & Φασματοσκοπία Φθορισμού (XRF)	41
3.2 Σ.Ε.Α.Χ.....	44
3.2.1 Εισαγωγή στα Συστήματα Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ	44
3.2.2 Κατηγορίες Συστημάτων Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ	45
3.2.3 Πλεονεκτήματα και Ασφάλεια Σ.Ε.Α.Χ.....	54
4. 3D Σχεδιασμός Σ.Ε.Α.Χ για Ανακύκλωση ΗΗΕ.....	57
4.1 Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ.....	57
4.1.1 Πρότυπο Σχεδιασμού και Λειτουργίας	57

4.1.2 Παρουσίαση & Περιγραφή Λειτουργίας	58
4.1.3 3D Σχεδιασμός Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ.....	61
4.2 Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών	70
4.2.1 Παρουσίαση & Περιγραφή Λειτουργίας	70
4.2.2 3D Σχεδιασμός Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών	72
Συμπεράσματα.....	77
Βιβλιογραφία	78
Παράρτημα	80
Υποκατηγορίες Α.Η.Η.Ε	80
Μέταλλα κατασκευής Φ/Β.....	83
Παρουσίαση Περαιτέρω Εξαρτημάτων	84
Επιπλέον Οπτικό Υλικό Σ.Ε.Α.Χ.....	88
Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ.....	88
Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών	96

Περίληψη

Η εργασία αφορά στη Μελέτη και Σχεδίαση Συστήματος Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ (Σ.Ε.Α.Χ) για κινητό σύστημα ανακύκλωσης Ηλεκτρικών, Ηλεκτρονικών συσκευών και Φωτοβολταϊκών πάνελ. Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με τη γραμμή ανακύκλωσης μπορούν να επιλεγούν δύο διαφορετικοί σαρωτές. Ο πρώτος σαρώνει θρύμματα από Ηλεκτρικές & Ηλεκτρονικές συσκευές ή πάνελ και ανάλογα από τα στοιχεία που είναι κατασκευασμένα πχ Ίνδιο, Γάλλιο, Κάδμιο, τα διαχωρίζει σε 3 κατηγορίες:

- α) Επικίνδυνα Ανακυκλώσιμα
- β) Μη επικίνδυνα Ανακυκλώσιμα
- γ) Μη Ανακυκλώσιμα

Ο δεύτερος σαρωτής σαρώνει ολόκληρα πάνελ πριν την διαδικασία της θρυμματοποίησης και ακολουθεί η τοποθέτηση σε ειδικό πάγκο εργασίας όπου υπολογίζονται οι ποσότητες των στοιχείων που προαναφέρθηκαν με σκοπό την κατηγοριοποίησή τους.

Abstract

This thesis is concerned with the 3D design of mobile X Ray Inspection Systems for Electronic equipment and Photovoltaic Solar Panels recycling. Depending on the recycling process two different Inspection Systems can be selected. The first scans small pieces of electronic devices and PV after being crushed by a hammer mill and according to the constructive components, some of them are Indium, Gallium and Cadmium, it separates the pieces into three categories:

- a) Dangerous Recyclable
- b) Not Dangerous Recyclable
- c) Not Recyclable.

The second Inspection System scans the entire panel before being crashed into small pieces, calculating the amounts of the above elements in order to categorize them.

1. Εισαγωγή στη 3D Σχεδίαση

1.1 ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ Η/Υ

1.1.1 CAD – Computer Aided Design

Computer Aided Design (CAD) είναι η ψηφιακή δημιουργία ενός προϊόντος, εξαρτήματος ή συναρμολόγησης.

Σχεδιομελέτη με χρήση Η/Υ ορίζεται η χρήση της τεχνολογίας των υπολογιστών σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του προϊόντος και ιδιαιτέρως στη δημιουργία, την ανάλυση, τη μεταβολή και τη βελτιστοποίηση της μορφής του προϊόντος. Περιλαμβάνει την τεχνολογία γραφικών, βάσεων δεδομένων, προσομοίωσης, μαθηματικής μοντελοποίησης και ελέγχου δεδομένων για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου του προϊόντος.

Περιλαμβάνει τον αρχικό σχεδιασμό των ιδεών που σχετίζονται με την δημιουργία ενός αντικειμένου, το βιομηχανικό σχεδιασμό, που περιλαμβάνει τον σχεδιασμό ελεύθερων επιφανειών, και έπειτα τον λεπτομερή σχεδιασμό που καθορίζει την τελική μορφή του προϊόντος, όπως την έχει συλλάβει ο σχεδιαστής. Η ψηφιακή δημιουργία μπορεί να γίνει αντικείμενο περαιτέρω ανάλυσης προτού πάρει έγκριση για να προωθηθεί στην παραγωγή. Πολλά από τα προβλήματα κατά την ανάπτυξη του προϊόντος μπορούν να αποφευχθούν με κατάλληλα εργαλεία με τη συνεργασία της ομάδας ανάπτυξης. Βασικός σκοπός είναι να αποφευχθούν οι αλλαγές στη φάση της παραγωγής καθώς και η διεξαγωγή δοκιμών με χρήση ψηφιακών μοντέλων. Αυτό πετυχαίνεται με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, η οποία επιτρέπει γρήγορες και ακριβείς τροποποιήσεις μειώνοντας τα λάθη που προέρχονται από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Στην κατασκευή με χρήση Η/Υ στην ιδεατή του μορφή, δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο στον υπολογιστή όπου επιθεωρείται στην οθόνη, αναλύεται με τη χρήση κατάλληλων προγραμμάτων, εφαρμογών και χρησιμοποιείται για την καθοδήγηση των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου.

Με αυτή τη μεθοδολογία το φυσικό μοντέλο δημιουργείται για λόγους επιθεώρησης κύρια και όχι για την αναπαραγωγή των αντικειμένων. Μέχρι και σήμερα όμως, στο στάδιο της αρχικής ιδέας δεν μπορούμε να πούμε ότι η λειτουργία του είναι πλήρως ψηφιακή. Φυσικά πρωτότυπα χρησιμοποιούνται ακόμα και για μεγάλα προϊόντα αφού πολλές τεχνικές και μέθοδοι δεν είναι κατάλληλες για την πλήρη απόδοση της μορφής των αντικειμένων. Επομένως χρησιμοποιείται ένα ενδιάμεσο μοντέλο λειτουργίας.

Κάνοντας χρήση κάποιο CAD λογισμικό, μπορούν να παραχθούν πιο καινοτόμα σχέδια σε λιγότερο διάστημα και με μικρότερο κόστος. Με ένα CAD λογισμικό για τρισδιάστατη στερεά μοντελοποίηση υπάρχει καλύτερη αντίληψη του μοντέλου και δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας σχεδίων παραγωγής τρισδιάστατων σχεδίων, σχεδίων διαδικασιών συναρμολόγησης, φωτορεαλιστικών εικόνων καθώς και κινηματικής προσομοίωσης.[1]

1.1.2 CAM - Computer Aided Manufacturing

Computer Aided Manufacturing (CAM) είναι η διαδικασία όπου δεδομένα CAD επεξεργάζονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή για την καθοδήγηση CNC εργαλειομηχανών.

Τα ψηφιακά δεδομένα ενός κομματιού εισάγονται στο σύστημα CAM από το λογισμικό CAD. Τα δεδομένα μπορεί να είναι σε δισδιάστατη (2D) ή τρισδιάστατη (3D) μορφή, ανάλογα με την κατεργασία για την οποία προορίζεται.[1]

1.1.3 CAE - Computer Aided Engineering

Computer Aided Engineering (CAE) ορίζεται η προσομοίωση, η επαλήθευση καθώς και η ανάλυση που πραγματοποιείται σε ένα ψηφιακό μοντέλο, προϊόν ή συναρμολόγημά, με τη χρήση του Η/Υ. Με τα προγράμματα CAE, δίνεται η δυνατότητα εξέτασης και αξιολόγησης της απόδοσης ενός προϊόντος, πριν το στάδιο της παραγωγής, χωρίς να πρέπει να δημιουργηθεί ένα φυσικό πρωτότυπο. Με εξελιγμένα εργαλεία προσομοίωσης και ανάλυσης, οι μηχανικοί μπορούν να δοκιμάσουν την δομική και θερμική απόδοση, τις δονήσεις, την ανθεκτικότητα και την κινηματική απόδοση του προϊόντος, από το τρισδιάστατο σχέδιο. Ορισμένα CAD/CAM συστήματα περιλαμβάνουν κάποια απλά εργαλεία ανάλυσης αλλά για πιο απαιτητικές αναλύσεις, υπάρχουν πιο εξειδικευμένα προγράμματα.

Επιπλέον, υπάρχει ένα εύρος εργαλείων βιομηχανικής ανάλυσης και προσομοίωσης, όπως η ανάλυση ροής πλαστικού και η επαλήθευση της βελτιστοποίησης της διαδικασίας injection molding.

Με αυτόν τον τρόπο οι βιομηχανικές διεργασίες μπορούν να προσομοιωθούν και να βελτιστοποιηθούν, ελαχιστοποιώντας την σπατάλη ακριβών πρώτων υλών και εξασφαλίζοντας ένα προϊόν υψηλής ποιότητας.[1]

1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD

1.2.1 3D Μοντελοποίηση

Τα σύγχρονα συστήματα σχεδιομελέτης με χρήση Η/Υ βασίζονται στη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι απαραίτητη για τις περισσότερες από τις κάθετες εφαρμογές που θα ακολουθήσουν την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, όπως η ανάλυση της συμπεριφοράς του αντικειμένου, η παραγωγή του.

Όλα τα αντικείμενα είναι τριών διαστάσεων και μπορούμε να τα χωρίσουμε σε δύο κατηγορίες σε σχέση με τη γεωμετρική τους κατασκευή. Τα μοντέλα **2 ½ διαστάσεων** (απλά ή σύνθετα) και τα **αμιγώς 3 διαστάσεων**. Τα μοντέλα 2 ½ διαστάσεων έχουν μια σταθερή διατομή και το πάχος τους, που ορίζεται κάθετα προς τη διατομή είναι σταθερό. Τα αξονοσυμμετρικά αντικείμενα είναι επίσης 2 ½ διαστάσεων και δημιουργούνται πολύ εύκολα με εντολές σάρωσης (extrude) ή περιστροφής (revolve). Τα σύνθετα μοντέλα 2 ½ διαστάσεων δημιουργούνται από περισσότερα του ενός στερεά 2 ½ διαστάσεων. Τα αμιγώς 3 διαστάσεων (3D) μοντέλα δεν έχουν ομοιόμορφη διατομή και/ή δεν έχουν σταθερό πάχος. Δημιουργούνται με το συνδυασμό διαφόρων λειτουργιών μοντελοποίησης.

Για την μοντελοποίηση των τρισδιάστατων αντικειμένων αναπτύχθηκαν μεθοδολογίες, με διαφορετικές δυνατότητες μοντελοποίησης, ανάλυσης και ποικιλίας αντικειμένων που καλύπτουν.

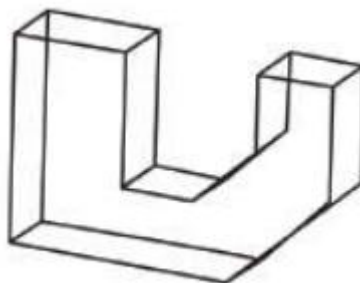
- **Μοντέλα ακμών ή σύρματος** - wire frame models, κατάλληλα για αντικείμενα 2 ½ διαστάσεων.
- **Μοντέλα επιφανειών** – surface models, για πολύπλοκες μορφές αντικειμένων
- **Μοντέλα στερεών**– solid models, για πλήρη μοντέλα.
- **Στερεά παραμετρικά μοντέλα με μορφολογικά χαρακτηριστικά** – solid parametric and feature based models, για κάλυψη ομάδων αντικειμένων.

Τα περισσότερα συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης σήμερα βασίζονται στα στερεά μοντέλα, ή στα μοντέλα επιφανειών. Τα στερεά μοντέλα αποδίδουν μοναδιαία αναπαράσταση κατασκευάσιμων αντικειμένων, αλλά παρόλο που οι δυνατότητες των συστημάτων συνεχώς βελτιώνονται, οι μορφές που αποδίδονται μπορεί να είναι περιορισμένες. Τα μοντέλα των επιφανειών μπορούν να αποδώσουν σχεδόν κάθε δυνατή μορφή του αντικειμένου μέχρι και οργανικές μορφές, αλλά το παραγόμενο μοντέλο ίσως να έχει ατέλειες.[2]

1.2.1.1 Μοντέλα Ακμών

Τα μοντέλα ακμών αποτελούνται μόνο από κορυφές και ακμές. Οι κορυφές είναι σημεία στο χώρο ενώ οι ακμές είναι ευθύγραμμα τμήματα, κύκλοι, τόξα ή κωνικές τομές, σύνθετες καμπύλες ελεύθερης μορφής. Για τη δημιουργία ενός μοντέλου διατίθεται μια σειρά από εργαλεία και εναλλακτικές δυνατότητες για δημιουργία και επιλογή των γεωμετρικών στοιχείων, την εκτέλεση των μετασχηματισμών καθώς και τον ορισμό βοηθημάτων σχεδίασης: γεωμετρικά στοιχεία, βοηθητικά εργαλεία σχεδίασης (layers), πρόσβαση σε βιβλιοθήκες γραφικών, για συνήθη εξαρτήματα στοιχείων μηχανών και μηχανισμών. Τα μοντέλα αυτά αποτελούν την πιο απλή μορφή σχεδίασης. Όμως το είδος αυτό μοντελοποίησης εμφανίζει σημαντικά μειονεκτήματα στη χρήση, ορισμένα από τα οποία είναι:

- Η προβολή του αντικειμένου εξαρτάται από τη γωνία προβολής, επομένως δεν είναι αντικειμενική
- Δεν ενδείκνυται για τη μελέτη συναρμολογήσεων
- Δύσκολη και μικρή χρήση για προγραμματισμό CNC
- Περιορισμένη εφαρμογή για ανάλυση με πεπερασμένα σημεία (FEM), αδύνατο να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό φυσικών ιδιοτήτων του αντικειμένου



Εικόνα 1.1: Μοντέλο Ακμών [14]

1.2.1.2 Μοντέλα Επιφανειών

Τα μοντέλα αυτά επιτυγχάνουν τη μοντελοποίηση του φλοιού που περιβάλλει ένα αντικείμενο απεικονίζοντας έτσι την εξωτερική του μορφή. Χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό αντικειμένων, όπου η επιφάνεια τους αποτελείται από πολλές καμπύλες και είναι δύσκολο να περιγραφεί αλλιώς. Τα μοντέλα επιφανειών δεν έχουν όγκο αφού δε καθίσταται δυνατή η απεικόνιση του πάχους του εξαρτήματος.

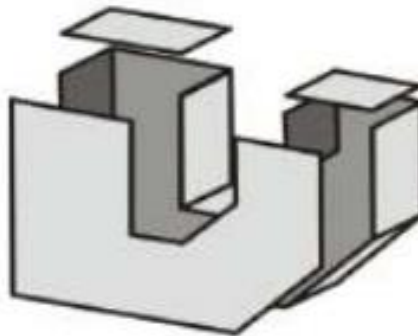
Τα συστήματα που δίνουν έμφαση στην αναπαράσταση με μοντέλα επιφανειών χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρουσίαση αντικειμένων για τη δημιουργία γραφικών, το φωτορεαλισμό και το animation. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται στην αεροπορική βιομηχανία, τη ναυπηγική βιομηχανία και την αυτοκινητοβιομηχανία, όπως επίσης αποτελεί τη βάση συστημάτων βιομηχανικού σχεδιασμού. Βασικότερα συστήματα για βιομηχανικό σχεδιασμό αποτελούν τα 3d Studio Max και Studio Tools.

Στη μέθοδο BERZIER στηρίχθηκαν τα πρώτα συστήματα αναπαράστασης επιφανειών, αργότερα στη B-SPLINES και πιο πρόσφατα στη NURBS. Η μοντελοποίηση με επιφάνειες παραμένει ακόμη και σήμερα η πιο διαδεδομένη μέθοδος.

Συγκρίνοντας τα με τα μοντέλα ακμών, ένα μοντέλο επιφανειών αποτελείται από σημεία στο χώρο (κορυφές), από ακμές μεταξύ των κορυφών, και από την σύνδεση μεταξύ των ακμών (connectivity). Οι συνδεδεμένες ακμές ορίζουν μια ή περισσότερες επιφάνειες και η σύνδεση αυτή παρέχεται από το σύστημα και δεν παρεμβαίνει στον ορισμό της ο χρήστης. Επιπλέον, συγκριτικά με τα μοντέλα στερεών, διαφοροποιούνται ως προς το ότι δεν παρέχουν πλήρεις πληροφορίες τοπολογίας.

Με αυτά τα συστήματα επιτυγχάνεται η δυνατότητα χρήσης του μοντέλου για κάθετες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα η πορεία ενός κοπτικού εργαλείου για προγραμματισμό αριθμητικού ελέγχου οποιασδήποτε εργαλειομηχανής (φρέζα μέχρι 5 αξόνων, σύρμα 2 ή 4 τόξων, τόννος, πρέσα). Αυτή η δυνατότητα αποτελεί το κυριότερο και ισχυρότερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου μοντελοποίησης συστημάτων. Επιπλέον, είναι εφικτή η δημιουργία πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων, προκειμένου να αξιοποιηθεί για θερμική ανάλυση, ανάλυση ροής, καθώς και υπολογισμό φυσικών ιδιοτήτων, επιφάνειας, όγκου. Παρόλαυτα παρουσιάζονται και μειονεκτήματα της μεθόδου όπως:

- Η πολυπλοκότητα των μοντέλων απαιτεί μεγάλη ισχύ
- Η χρονοβόρα διαδικασία παραγωγής σχεδίων και δημιουργίας όψεων
- Η απαραίτητη γνώση μαθηματικής αναπαράστασης των καμπυλών και των επιφανειών, ιδιαίτερα όσον αφορά τις επιφάνειες ελεύθερης μορφής
- Η απαραίτητη προϋπόθεση δημιουργίας μοντέλου ακμών, πάνω από το οποίο δημιουργούνται τα διάφορα τμήματα επιφανειών (surface patches). Αυτές οι επιφάνειες πρέπει να ενωθούν μεταξύ τους έτσι ώστε να αποδώσουν την επιθυμητή συνέχεια και εν τέλει το φλοιό του αντικειμένου.[2]

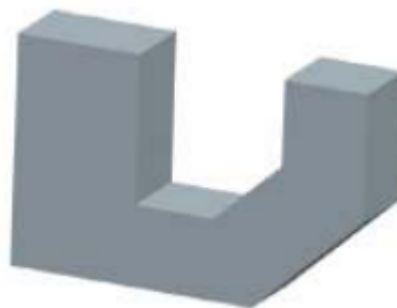


Εικόνα 1.2: Μοντέλο επιφανειών [14]

1.2.1.3 Μοντέλα Στερεών

Τα μοντέλα στερεών είναι η σύγχρονη τάση στα συστήματα CAD. Οι λειτουργίες δημιουργίας στερεού μοντέλου είναι διαφορετικές από αυτές που εφαρμόζονται στα άλλα μοντέλα και συνήθως η χρήση και η εξοικείωση με το σύστημα είναι πιο εύκολη. Χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό αντικειμένων μέσω της ακριβής περιγραφής όγκου και υλικού, παρέχοντας στο χρήστη μία πλήρη, σαφή και έγκυρη αναπαράσταση τους. Με τη μέθοδο αυτή αποσκοπούμε να δημιουργήσουμε ένα τρόπο απεικόνισης των σημείων και τη δημιουργία αντίστοιχης δομής δεδομένων κατάλληλης για αλγοριθμική επεξεργασία. Σε ένα στερεό μοντέλο έχουμε την ταξινόμηση του χώρου. Δηλαδή, σε αντίθεση με τα μοντέλα επιφανειών που αναγνωρίζουν το φλοιό του αντικειμένου, στα στερεά μοντέλα μπορούμε να κατατάξουμε ένα σημείο του χώρου ως εσωτερικό, εξωτερικό ή επάνω στο στερεό.

Ο χρήστης καταχωρεί γεωμετρικά στοιχεία, κοινά με αυτά των επιφανειών (κορυφές, ακμές κ.α.) και στη συνέχεια με μια σειρά επιλογών προσθήκης και αφαίρεσης υλικού επιτυγχάνει την αναπαράσταση του αντικειμένου. Έτσι δημιουργείται μια βάση δεδομένων για την τοπολογία, όπου καταχωρούνται οι πληροφορίες που αφορούν τις σχέσεις (σύνδεση και γειτνίαση) μεταξύ αυτών των στοιχείων. Δηλαδή τις κορυφές στις οποίες συντρέχουν διάφορες ακμές, τις ακμές στις οποίες τέμνονται γειτονικές έδρες, τις ακμές που ορίζουν ένα βρόγχο, τους βρόγχους που περιβάλλει μια έδρα, τις έδρες που περιβάλουν ένα κελυφος, κλπ. Από την πλευρά του χρήστη είναι ορατή μόνο η γεωμετρία του αντικειμένου, ενώ η τοπολογία περιέχει πληροφορίες που δεν παρουσιάζονται γραφικά και δεν είναι ορατή. Επομένως, ο χρήστης δημιουργεί μόνο τη γεωμετρία του στερεού, αλλά το σύστημα εσωτερικά δημιουργεί την τοπολογία και το σύστημα πάντα ελέγχει εάν οι λειτουργίες διαχείρισης του στερεού μας δίνουν ένα έγκυρο στερεό αντικείμενο από την άποψη της τοπολογίας.



Εικόνα 1.3:Μοντέλο Στερεών [14]

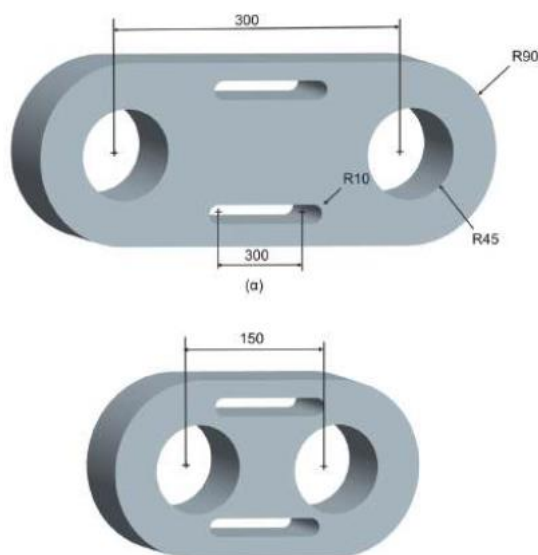
1.2.1.4 Στερεά παραμετρικά μοντέλα με μορφολογικά χαρακτηριστικά

Η σύγχρονη τάση στα συστήματα μηχανολογικής σχεδίασης είναι τα παραμετρικά μοντέλα με τη χρήση μορφολογικών χαρακτηριστικών. Στην παραμετρική μοντελοποίηση οι διαστάσεις είναι παράμετροι του μοντέλου. Στην δημιουργία του μοντέλου σε κάθε διάσταση που απαιτείται για τον ορισμό του, αντιστοιχεί και μια πραγματική τιμή, ανάλογα το πώς μετρείται η κλίμακα του σχεδίου στην οθόνη. Αυτή η τιμή μπορεί να αλλάξει και να μεταβάλλεται και η γεωμετρία του μοντέλου. Δηλαδή, οι διαστάσεις που ορίζουν την μορφή, ορίζουν και την γεωμετρία του.

Στην παραμετρική μοντελοποίηση πρώτα σχεδιάζουμε την τρισδιάστατη μορφή του αντικειμένου, δηλαδή τη μορφή του ή την τοπολογία του. Καθώς ορίζουμε την τοπολογία του, το σύστημα υποθέτει (μετράει από την οθόνη με την κλίμακα σχεδίασης), ή ζητάει να εισάγουμε, τις παραμέτρους που είναι απαραίτητες για να ελέγξει τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση κάθε μορφολογικού χαρακτηριστικού καθώς επίσης και τις λογικές σχέσεις μεταξύ διαστάσεων και μορφολογικών χαρακτηριστικών. Με τις διαστάσεις που έχει μετρήσει μπορεί να δημιουργήσει την μορφή του αντικειμένου. Εν συνεχεία ο χρήστης μπορεί να ορίσει νέες τιμές στις διάφορες διαστάσεις και το σύστημα αναδημιουργεί τη νέα μορφή του αντικειμένου. Το σύστημα εσωτερικά ελέγχει τις νέες τιμές των διαστάσεων για να επαληθεύσει ότι οι τιμές είναι έγκυρες με την αρχική τοπολογία ή ότι δεν αναιρούν άλλες τιμές και στη συνέχεια αναδημιουργεί το μοντέλο.

Κύριο στοιχείο των συστημάτων παραμετρικής μοντελοποίησης είναι η σχεδίαση με μορφολογικά χαρακτηριστικά (features). Στη μοντελοποίηση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, αντιπροσωπεύουν μια μεγαλύτερου επιπέδου απεικόνιση ομάδας γεωμετρικών στοιχείων και ιδιοτήτων του στερεού. Όλα τα σημερινά συστήματα είναι του τύπου σχεδίασης με μορφολογικά χαρακτηριστικά και κάθε γεωμετρικό στοιχείο που θα προστεθεί στο μοντέλο ορίζεται ως ένα νέο μορφολογικό χαρακτηριστικό. Άρα, κάθε λειτουργία έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός χαρακτηριστικού στο τελικό αντικείμενο. Με τη χρήση τους, επίσης, έχει γίνει και πιο εύκολη η αυτόματη απόδοση γεωμετρίας σε αρκετά σύνθετα στοιχεία. Η παραμετρική σχεδίαση υλοποιείται σε 6 βήματα, ανεξάρτητα από το σύστημα που χρησιμοποιείται. Αυτά είναι:

- Δημιουργία διατομής (sketch) στο σχεδιαστικό (sketcher)
- Ορισμός παραμέτρων
- Απόδοση διαστάσεων στις παραμέτρους
- Καθορισμός και εφαρμογή των σχέσεων (relations)
- Καθορισμός και εφαρμογή των περιορισμών (constraints)
- Δημιουργία μορφολογικών χαρακτηριστικών



Εικόνα 1.4: Έννοια παραμετρικής μοντελοποίησης .α) Οι διαστάσεις είναι παράμετροι που ορίζουν και την μορφή του. β) Συσχέτιση διαστάσεων, αλλαγές στο μοντέλο αλλάζουν και την μορφή του και το αντίστροφο. [2]

1.2.2 Ιδιότητες και απαιτήσεις συστημάτων CAD

Έχοντας υπόψη τα στάδια σχεδιασμού ενός προϊόντος, καθώς και τη σημαντικότητα του ρόλου που παίζουν τα αντίστοιχα συστήματα CAD σε αυτήν, παρουσιάζονται παρακάτω οι βασικές απαιτήσεις για την ανάπτυξη ενός κατάλληλου λογισμικού:

- Ευκολία χρήσης και μάθησης. Οι περισσότεροι χρήστες δεν θα απασχολούνται αποκλειστικά με το σύστημα. Δεν έχουν ικανό χρόνο για μάθηση του συστήματος και πρέπει να είναι αποδοτικοί στην εργασία τους σε μικρό διάστημα.
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης υπαρχόντων σχεδίων. Πρέπει να μπορούν να διαβάζουν δεδομένα από άλλα συστήματα CAD καθώς και αποτελέσματα από συστήματα ανάλυσης.
- Εργαλεία σχεδίασης σε 2-διαστάσεις. Τα πρώτα σχέδια του προϊόντος είναι σε δυο διαστάσεις και σε μορφή σκίτσου. Τα συστήματα αυτά πρέπει να βοηθούν την εύκολη δημιουργία σκίτσων και να είναι ευέλικτα στη μετάβαση από το σκίτσο στο ακριβές σχέδιο.
- Εύκολο και ακριβείας σύστημα τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Πρέπει να παρέχουν απόδοση τρισδιάστατης μορφής με μεγάλη ευκολία καθώς και να επιτρέπουν και τη δημιουργία συναρμολογήσεων (assembly).
- Κινηματική ανάλυση σε 2 και 3 διαστάσεις. Πολλά από τα προϊόντα απαιτούν κινηματική ανάλυση πριν από την έναρξη της λεπτομερούς μοντελοποίησης.
- Επικοινωνία και συμβατότητα με σύστημα CAD. Τα δεδομένα που προσδιορίζονται στο στάδιο της δημιουργίας του σχεδίου του προϊόντος πρέπει να μεταφέρονται με ακρίβεια στο σύστημα CAD για μηχανολογική μοντελοποίηση, χωρίς την απαίτηση διόρθωσης στα δεδομένα.

Ένα σύστημα αυτού του είδους είναι συνήθως σύστημα μοντελοποίησης με επιφάνειες όπου δίδουν στο χρήστη τα εξής:

- Ελεύθερη και παραμετρική σχεδίαση αφού στο στάδιο της δημιουργίας της ιδέας του προϊόντος δεν απαιτείται το σύστημα να έχει όλη τη λειτουργικότητα που δίνει ένα σύστημα μηχανολογικής σχεδίασης αλλά τα βασικά εργαλεία για σκίτσο και σχέδιο καθώς και εργαλεία επεξεργασίας όλου του σχεδίου ή τμήματος του και εργαλεία χρωματισμού. Οι παραμετρικές δυνατότητες που υπάρχουν στην στερεά μοντελοποίηση παρέχονται εδώ στη δυσδιάστατη σχεδίαση.
- Αποπεράτωση της δυσδιάστατης με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση. Πολλά σχέδια προϊόντος μπορούν να παρουσιαστούν σε 2-διαστάσεις. Τα περισσότερα απαιτούν 3-διαστάσεις. Τα συστήματα αυτά παρέχουν ισχυρή και ευέλικτη μοντελοποίηση με έμφαση στην απεικόνιση πολύπλοκων μορφών με επιφάνειες ελεύθερης μορφής και διαμόρφωση μορφής στην πραγματική απεικόνιση του προϊόντος. Τα συστήματα κάνουν χρήση της γεωμετρίας που έχει δημιουργηθεί στις 2-διαστάσεις και δεν χρειάζονται επανάληψη της διαδικασίας.

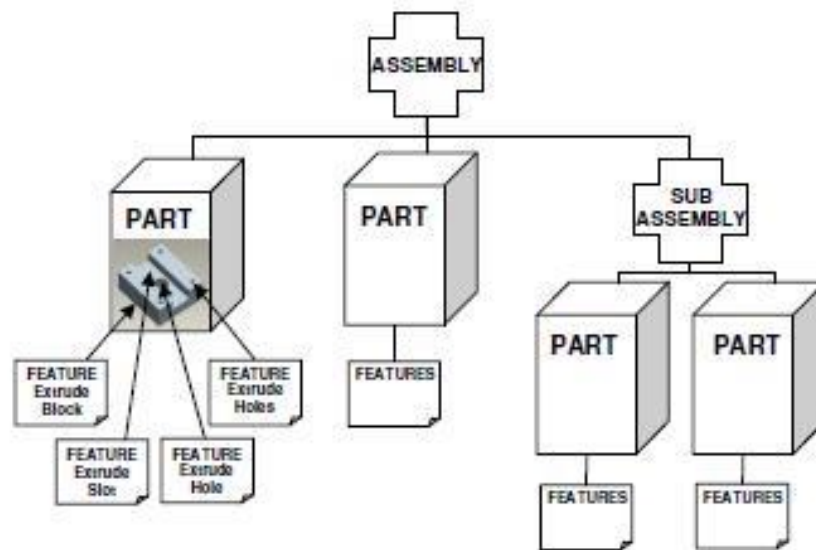
- Κινηματική ανάλυση στις 2- ή στις 3-διαστάσεις είναι απαραίτητο εργαλείο σε αυτά τα συστήματα. Η ανάλυση προϊόντων που απαιτούν κινούμενα αντικείμενα απαιτούν εργαλεία για την ανάλυση συναρμολογήσεων σε συνθήκες λειτουργίας. Η κινηματική ανάλυση είναι απαραίτητη τόσο στην 2-διαστάσεων γεωμετρία στα πρώτα στάδια της μελέτης όσο και στην 3-διαστάσεων στην τελική συναρμολόγηση ή στο ψηφιακό πρωτότυπο. Στην δυσδιάστατη ανάλυση ο μηχανικός επιλέγει τις γραμμές που συνιστούν ένα σώμα και που κινούνται ταυτόχρονα. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να μπορεί να ορίζει τις ιδιότητες των συνδέσμων και τις κινήσεις για να επισκοπήσει όλο το εύρος της κίνησης.
- Σύνδεση με συστήματα μηχανολογικής σχεδίασης, έτσι ώστε οι μελετητές να μην απαιτείται να επαναλάβουν γεωμετρία που έχει οριστεί από τα συστήματα βιομηχανικού σχεδιασμού.
- Δυνατότητες τροποποίησης μορφής και εξέτασης των αποτελεσμάτων σε συνθήκες λειτουργίας (πχ. ανάκλαση φωτός), πολύ καλά γραφικά με βάση δεδομένων με δομές και υλικά, έγχρωμες απεικονίσεις με δυνατότητα φωτισμού.[1]

1.2.3 Λογισμικό CAD PTC Creo Parametric 3.0

Η σχεδίαση των 2 Συστημάτων Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα Creo 3.0. Όσον αφορά το Creo, ανήκει σε μια οικογένεια προγραμμάτων σχεδίασης διακριτών κατασκευών, το οποίο αναπτύχθηκε από την PTC (Parametric Technology Corporation) και αποτελεί τη συνέχεια του Pro Engineer. Η πρώτη φορά που κυκλοφόρησε ήταν το 1987. Επιπλέον, είναι το πρώτο από αντίστοιχα λογισμικά, που χρησιμοποίησε την παραμετρική μοντελοποίηση στερεών όγκων.

Η παραμετρική προσέγγιση μοντελοποίησης, χρησιμοποιεί σαν παραμέτρους τις διαστάσεις, τα χαρακτηριστικά και τις σχέσεις ώστε να συλλάβει την προβλεπόμενη συμπεριφορά του προϊόντος καθώς και να δημιουργήσει μια συνταγή, η οποία επιτρέπει την αυτοματοποίηση του σχεδιασμού αλλά και τη βελτιστοποίηση του σχεδίου των προϊόντων και των διαδικασιών ανάπτυξης.

Δουλεύοντας πάνω στο Creo, καθώς και σε οποιοδήποτε αντίστοιχο σύστημα CAD, τα πολύπλοκα μοντέλα πρέπει να κατασκευαστούν με συνδυασμό απλούστερων εντολών και σχημάτων. Αυτά τα απλούστερα σχήματα στο πρόγραμμα ονομάζονται χαρακτηριστικά (features). Αρκετά χαρακτηριστικά συνδυάζονται προκειμένου να σχηματίσουν ένα αντικείμενο (part). Όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 1.5, το αντικείμενο που φαίνεται διαγραμματικά απαρτίζεται από τέσσερα χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια συνδέεται με ακόμα ένα αντικείμενο, δηλαδή ορισμένα features, καθώς και με μια υπο-συναρμολόγηση (sub-assembly). Αυτή η υποσυναρμολόγηση αποτελείται από αντικείμενα και σε συνδυασμό με τα δυο προηγούμενα οδηγούν στη συναρμολόγηση του μοντέλου (assembly).



Εικόνα 1.5 : Δομή Μοντέλου Στερεών [14]

2. Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)

2.1 Γενικές πληροφορίες για ΑΗΗΕ

2.1.1 Ορισμός και κατηγορίες ΑΗΗΕ

Ως **Ηλεκτρικός και Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός** - ΗΗΕ (Electrical and Electronic Equipment, EEE) χαρακτηρίζεται ο εξοπλισμός, του οποίου η ορθή λειτουργία εξαρτάται από ηλεκτρικά ρεύματα ή ηλεκτρομαγνητικά πεδία, καθώς και ο εξοπλισμός που απαιτείται για να παραχθούν, να μεταφερθούν και να μετρηθούν τα ρεύματα και τα πεδία αυτά, ο οποίος ανήκει στις κατηγορίες του παραρτήματος ΙΑ της Οδηγίας 2002/96/ΕΚ και λειτουργεί υπό ονομαστική τάση έως 1kV εναλλασσόμενου ρεύματος και έως 1,5kV συνεχούς ρεύματος.[16]

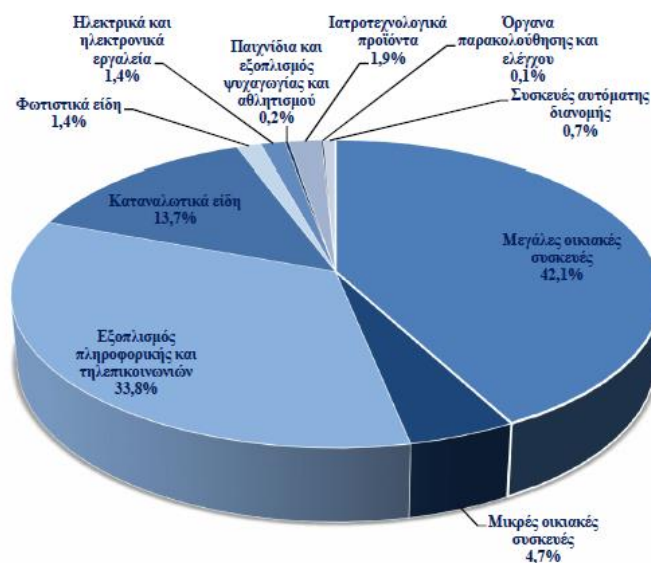
Όταν ο ΗΗΕ συμπληρώσει τον κύκλο ζωής του, αποτελεί απόβλητο ιδιαίτερα επιβαρυντικό για το περιβάλλον και πολύπλοκο, τόσο γιατί χρησιμοποιήθηκαν πολλές, διαφορετικές πρώτες ύλες για την κατασκευή του, όσο και γιατί έχει μεγάλο εύρος και ποικιλία ειδών που κυκλοφορούν στην αγορά. Ως **Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού** – ΑΗΗΕ (Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE) χαρακτηρίζεται ο ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός, που ο κάτοχος του αποβάλλει ή υποχρεούται να αποβάλλει, στο πλαίσιο των εκάστοτε διατάξεων της εθνικής νομοθεσίας και δεν έχει πια για αυτόν καμία χρηστική αξία σύμφωνα με τον ορισμό του <<απόβλητου>> όπως αυτό ορίζεται στο άρθρο 1 στοιχείο α) της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ. Στα Α.Η.Η.Ε συμπεριλαμβάνονται όλα τα στοιχεία κατασκευής, συναρμολόγησης και τα αναλώσιμα, που αποτελούν μέρος του προϊόντος κατά την απόρριψη του.[16]

Τα ΑΗΗΕ ταξινομούνται στις κάτωθεν κατηγορίες, με βάση την πηγή προέλευσής τους:

- Μεγάλες οικιακές συσκευές
- Μικρές οικιακές συσκευές
- Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών
- Καταναλωτικά είδη
- Φωτιστικά είδη
- Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία (εξαιρουμένων των μεγάλης κλίμακας σταθερών βιομηχανικών εργαλείων)
- Παιχνίδια και εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού
- Ιατροτεχνολογικά προϊόντα (εξαιρουμένων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων)
- Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου
- Συσκευές αυτόματης διανομής

Οι προηγούμενες κατηγορίες χωρίζονται στη συνέχεια σε 97 υποκατηγορίες που καλύπτουν σχεδόν όλο το φάσμα των Α.Η.Η.Ε. (Παράρτημα)

Μελέτη της Ένωσης Κατασκευαστών Πλαστικών της Ευρώπης (Association of Plastic Manufacturers in Europe) το 2003 σχετικά με τις παραγόμενες ποσότητες ΑΗΗΕ στη Δυτική Ευρώπη, έδειξε την ποσοστιαία κατανομή τους. Από αυτήν, προέκυψε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό στο ρεύμα των ΑΗΗΕ κατέχουν οι μεγάλες οικιακές συσκευές με 42,1%, ακολουθεί ο εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών και τα καταναλωτικά είδη με ποσοστό 33,8% και 13,7% αντίστοιχα. Οι μικρές οικιακές συσκευές συμμετέχουν στο ρεύμα των ΑΗΗΕ με ποσοστό 4,7%, ενώ οι υπόλοιπες 6 κατηγορίες αποτελούν μόλις το 5,7%.



Εικόνα 2.1: Ποσοστιαία κατανομή των παραγόμενων ΑΗΗΕ στη Δυτική Ευρώπη ανά κατηγορία. Πηγή: AMPE (Association of Plastic Manufacturers in Europe) [8]

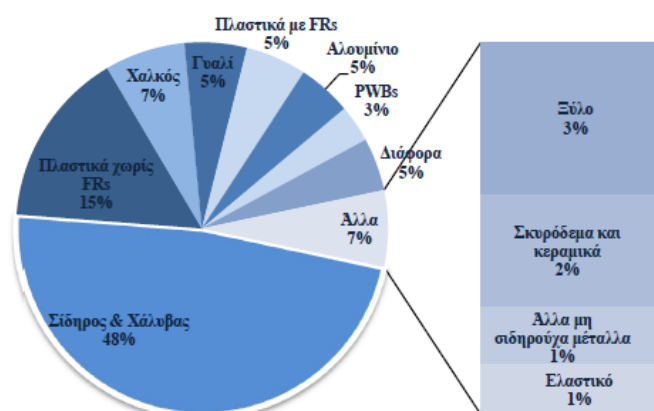
Από τη πηγή προέλευσης, τα ΑΗΗΕ ταξινομούνται σε **δύο μεγάλες κατηγορίες**. Η πρώτη κατηγορία είναι τα ΑΗΗΕ **οικιακής προέλευσης**. Εδώ περιλαμβάνονται τα ΑΗΗΕ που παράγονται τόσο από νοικοκυριά και ιδρύματα όσο και από δραστηριότητες της βιομηχανίας και του εμπορίου, των οποίων η σύσταση και η ποσότητά τους μοιάζει με αυτά των οικιακών. Η δεύτερη κατηγορία είναι τα ΑΗΗΕ **μη οικιακής προέλευσης**. Εδώ υπάγονται τα ΑΗΗΕ, που παράγονται τόσο από μεγάλες επιχειρήσεις και ιδρύματα όσο και από κυβερνητικούς φορείς και τους κατασκευαστές ειδών ΗΗΕ (*Original Equipment Manufacturers, OEMs*). Ως πηγές των ΑΗΗΕ οικιακής προέλευσης περιλαμβάνονται οι κατοικίες, μόνιμες ή παραθεριστικές, παλιές ή καινούργιες, που μπορεί να αντικαθιστούν, να αναβαθμίζουν ή να προμηθεύονται εκ νέου προϊόντα ΗΗΕ. Σημαντικό ποσοστό στο ρεύμα αυτών των αποβλήτων αποτελεί ο εξοπλισμός ICT και ιδιαίτερα οι Η/Υ που εξαιτίας της ραγδαίας τεχνολογικής εξέλιξης αντικαθίστανται από καινούργιο όχι λόγω φθοράς ή δυσλειτουργικότητας, αλλά γιατί θεωρούνται πλέον απαρχαιωμένοι και ανεπιθύμητοι. Δημόσιες υπηρεσίες, μεγάλες επιχειρήσεις και διάφοροι ιδιωτικοί φορείς αποτελούν τις συνήθεις πηγές προέλευσης των ΑΗΗΕ μη οικιακής προέλευσης, γιατί αλλάζουν τον εξοπλισμό τους τακτικά είτε αγοράζοντας τον είτε μισθώνοντας τον από ανάλογες εταιρίες για καθορισμένο χρονικό διάστημα (*leasing*), ώστε να αυξήσουν την παραγωγικότητά τους, ακολουθώντας τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά προϊόντα μετά την παραγωγή τους οδηγούνται σε έλεγχο ποιότητας και όποια κρίνονται ακατάλληλα δεν διατίθενται στην αγορά και χαρακτηρίζονται ως ΑΗΗΕ. Αυτά είτε διαχειρίζονται εναλλακτικά από τις ίδιες τις εταιρείες, όπως η IBM και η Hewlett-Packard, είτε προωθούνται κατόπιν συμφωνίας σε εταιρείες εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων.

Ένας άλλος διαχωρισμός των ΑΗΗΕ είναι σε «νέα» και «ιστορικά». **Νέα** χαρακτηρίζονται αυτά που εισήλθαν στην αγορά μετά τις 13 Αυγούστου 2005 και **ιστορικά** αυτά που διοχετεύθηκαν στην αγορά σε πρωθύστερη ημερομηνία από την παραπάνω. Η ευθύνη για την χρηματοδότηση της ορθής διαχείρισης των ΑΗΗΕ επιβαρύνει τόσο τους χρήστες όσο και τους παραγωγούς. Πιο αναλυτικά, για τα νέα απόβλητα, είτε είναι οικιακά είτε μη οικιακά ο παραγωγός θεωρείται υπεύθυνος σε ατομικό επίπεδο. Σχετικά με τα ιστορικά απόβλητα οικιακής προέλευσης, το κόστος διαχείρισής τους επωμίζονται όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς της αγοράς με βάση τη συμμετοχή τους στην πίτα της αγοράς ανά κατηγορία συσκευών. Για τα ιστορικά απόβλητα μη οικιακής προέλευσης υπάρχουν δυο εναλλακτικές λύσεις. Εάν αυτά αντικαθίστανται από νέα ισοδύναμα προϊόντα, τότε το κόστος της διαχείρισης των αποβλήτων μετακυλύεται στον παραγωγό, που προμηθεύει τα νέα προϊόντα, ενώ για τα υπόλοιπα, η δαπάνη επιβαρύνει τους ίδιους τους χρήστες.[8]

2.1.2 Σύσταση ΑΗΗΕ

Τα ΑΗΗΕ περιγράφονται ως πολύπλοκο ρεύμα αποβλήτων λόγω των πολλών διαφορετικών πρώτων υλών και μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους καθώς και λόγω των πολλών διαφορετικών ειδών τους. Τα βασικότερα συστατικά τους είναι τα σιδηρούχα μέταλλα σε ποσοστό περίπου 50% κ.β. ακολουθεί το πλαστικό με ή χωρίς επιβραδυντές φλόγας (*Flame Retardants*, *FRs*) σε ποσοστό 20% κ.β. Στην τρίτη θέση βρίσκονται τα μη σιδηρούχα και τα πολύτιμα μέταλλα, όπως άργυρος και χρυσός με 13% κ.β. και ακολουθεί το γυαλί με 5% κ.β. Το 3% του βάρους των ΑΗΗΕ συνθέτουν οι πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων, *PWBs*). Σε χαμηλότερα ποσοστά ακολουθούν το ξύλο, το σκυρόδεμα, τα κεραμικά και το ελαστικό. Στην εικόνα 2.2 αποτυπώνεται μια ποσοτική εκτίμηση της σύνθεσης του συνόλου των ΑΗΗΕ κατά βάρος.



Εικόνα 2.2: Η ποσοστιαία κατά βάρος σύσταση των ΑΗΗΕ. [8]

Σημαντικό όφελος από την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ αποτελεί η συγκέντρωση και η αξιοποίηση των περιεχομένων πολύτιμων μετάλλων, όπως ο χαλκός, ο χρυσός και ο άργυρος, αλλά και του παλλάδιου, του ψευδάργυρου και άλλων μετάλλων, καθώς εξοικονομούνται οι φυσικοί πόροι και ενέργεια.

Το κινητό τηλέφωνο αποτελείται από πολυμερή, τυπωμένα κυκλώματα (*Printed Circuit Board, PCB*), μια οθόνη υγρών κρυστάλλων (*Liquid Crystal Display, LCD*), μια μπαταρία, ένα πληκτρολόγιο και μια κεραία (Kasper, Berselli, Freitas, Tenorio, Bemardes, & Veit, 2011). Τα τυπωμένα κυκλώματα περιέχουν πολυμερή, κεραμικά και μέταλλα όπως χαλκό (Cu), κασσίτερο (Sn), ψευδάργυρο (Zn), νικέλιο (Ni), χρυσό (Au), άργυρο (Ag) και παλλάδιο (Pd). Τελευταία έχει αυξηθεί η περιεκτικότητα του αργύρου στα κινητά τηλέφωνα, γιατί θα αντικαθιστά το μόλυβδο στις συγκολλήσεις. Από οικονομική άποψη η ανακύκλωση των κινητών τηλεφώνων είναι πολύ ελκυστική, αφού κάθε τόνος περιέχει 130 κιλά χαλκού, 0,35 κιλά αργύρου, 0,34 κιλά χρυσού και 0,14 κιλά παλλαδίου κατά μέσο όρο.[8]

Όνομα Στοιχείου/Υλικού	Περιεκτικότητα (%συνολικού βάρους)	Παρουσία σε Η/Υ
Πλαστικό	22.9907	Καλώδιο,Κουτί
Μόλυβδος	6.2988	Γυαλί διοχέτευσης σε CRT, PWB
Αλουμίνιο	14.1723	Κουτί Η/Υ, CRT, PWB, συνδετήρες
Γερμάνιο	0.0016	PWBs
Γάλλιο	0.0013	PWBs
Σίδηρος	20.4712	Κουτί Η/Υ,CRT, PWB
Κασσίτερος	1.0078	PWBs, CRTs
Χαλκός	6.9287	CRT, PWB, συνδετήρες
Βάριο	0.0315	Γυαλί πλαισίου σε CRT
Νικέλιο	0.8503	Κουτί Η/Υ,CRT, PWB
Ψευδάργυρος	2.2046	CRT, PWB
Ταντάλιο	0.0157	Πυκνωτές / PWB, τροφοδοτικό
Ίνδιο	0.0016	PWB
Βανάδιο	0.0002	CRT
Τέρβιο	0	CRT, PWB
Βερύλλιο	0.0157	PWB, συνδετήρες
Χρυσός	0.0016	Συνδεσιμότητα, αγωγιμότητα / PWB, συνδετήρες
Ευρώπιο	0.0002	PWB
Τιτάνιο	0.0157	Κουτί Η/Υ
Ρουθήνιο	0.0016	PWB
Κοβάλτιο	0.0157	Κουτί Η/Υ , CRT, PWB
Παλλάδιο	0.0003	PWB, συνδετήρες
Μαγγάνιο	0.0315	Κουτί Η/Υ, CRT, PWB
Άργυρος	0.0189	Αγωγιμότητα / PWB, συνδετήρες
Αντιμόνιο	0.0094	Κουτί Η/Υ, CRT, PWB
Βισμούθιο	0.0063	PWB
Χρώμιο	0.0063	Κουτί Η/Υ
Κάδμιο	0.0094	Κουτί Η/Υ, CRT, PWB
Σελένιο	0.0016	Ανορθωτές / PWB
Νιόβιο	0.0002	Κουτί Η/Υ
Υττριο	0.0002	CRT
Ρόδιο	0	PWB
Πλατίνα	0	PWB
Υδράργυρος	0.0022	Κουτί Η/Υ, PWB
Αρσενικό	0.0013	PWB
Silica	24.8803	CRT, PWB

Εικόνα2.3:Σύσταση πολύτιμων Στοιχείων ενός υπολογιστή και που βρίσκονται [20]

*CRT: Καθοδικός Σωλήνας (Οθόνη)

**PWB:Πλακέτα

Συναντώνται διάφορες εκτιμήσεις στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την ποσοστιαία σύσταση των ΑΗΗΕ στα επιμέρους συστατικά τους. Αυτό προκύπτει τόσο στη μεγάλη διαφορετικότητα και πολυπλοκότητα του ρεύματος των ΑΗΗΕ, όσο και στο εύρος των δειγμάτων, τις υποθέσεις και τις παραδοχές, που λαμβάνονται υπόψη από τις ομάδες των ερευνητών. Με την πρόοδο της τεχνολογίας παρατηρείται ότι οι σχεδιαστές των προϊόντων και οι γραμμές παραγωγής κατευθύνονται ολοένα και περισσότερο προς τη χρήση πλαστικού, μειώνοντας την εκτεταμένη χρήση μετάλλου των παλαιότερων ετών, γιατί είναι ευέλικτο, πιο ελαφρύ και έχει χαμηλότερο κόστος. Τα Α.Η.Η.Ε είναι ιδιαίτερα πολύπλοκα και απαιτητικά ως προς τους τρόπους διαχείρισής τους, καθώς τα συστατικά αυτά απαιτούν ειδικούς χειρισμούς γιατί ανακυκλώνονται δύσκολα και μπορεί να επιμολύνουν άλλα συστατικά κατά την ανακύκλωσή τους. Απελευθερώνουν διοξίνες και φουράνια κατά την καύση τους, αλλά και κατά την υγειονομική ταφή, καθώς μπορεί να διαφύγουν τα τοξικά τους συστατικά στα στραγγίσματα μολύνοντας τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα ανεπανόρθωτα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι στα ΑΗΗΕ περιέχονται και ουσίες, που είναι τοξικές και ιδιαίτερα επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, όπως ο μόλυβδος στις πλακέτες κυκλωμάτων, το κάδμιο στις μπαταρίες, ο χαλκός στα καλώδια, ο υδράργυρος στις οθόνες υγρών κρυστάλλων, στους διακόπτες και στις λυχνίες, το θάριο, το αντιμόνιο, το χρώμιο, το βρώμιο, οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), το σελήνιο, ο αμίαντος, το αρσενικό κ.α. Για την ανάκτηση των πολύτιμων και άλλων μετάλλων, που περιέχονται στα ΑΗΗΕ, ακολουθούνται συνήθως απλές τεχνικές όπως καύση, τήξη, χημική πλύση σε οξέα, που απελευθερώνουν όμως τις προαναφερθείσες επικίνδυνες ουσίες στο περιβάλλον.

Άρα τα βαρέα μέταλλα μολύνουν το έδαφος και τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τον υδροφόρο ορίζοντα δημιουργώντας προβλήματα στο νερό, που προορίζεται για ύδρευση και άρδευση αλλά και τον αέρα μέσω της άμεσης εναπόθεσής τους σε αυτόν. Είναι γνωστό ότι τα βαρέα μέταλλα παραμένουν στο περιβάλλον, διακινούνται μέσω της τροφικής αλυσίδας και μέσω της βιοσυσσώρευσης μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στη συμπεριφορά και τις ικανότητες μάθησης, νεφρικές και ηπατικές βλάβες και η χρόνια έκθεση σε κάδμιο αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου στον πνεύμονα. **Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι τα ΑΗΗΕ χρήζουν ιδιαίτερης διαχείρισης, αφού απαιτείται προηγουμένως να διαχωριστούν και απομονωθούν τα επικίνδυνα συστατικά τους, πριν ανακυκλωθούν.** Διαφορετικά η ανεξέλεγκτη διάθεσή τους μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα τόσο στον ανθρώπινο οργανισμό όσο και στο φυσικό περιβάλλον.[8]

Στοιχεία	Παρουσία σε Α.Η.Η.Ε
Αλογονωμένες ενώσεις	
-PCB (Πολυχλωριωμένα διφαινύλια)	Συμπυκνωτές, Μετασχηματιστές
-TBBA (Τετραβρωμο-δισφαινόλη-Α) -PBB (Πολυβρωμιωμένα διφαινύλια) -PBDE (Πολυβρωμοδιφαινυλαιθέρες)	Θερμοπλαστικά συστατικά, μόνωση καλωδίων Το TBBA είναι σήμερα το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο επιβραδυντικό φλόγας
-Χλωροφθοριοάνθρακας (CFC)	Μονάδα ψύξης, αφρός μόνωσης
-PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο)	Μόνωση καλωδίων
Βαρέα και άλλα Μέταλλα:	
-Αρσενικό	Μικρές ποσότητες με τη μορφή αρσενικούχου γαλλίου σε διόδους εκπομπής φωτός
-Βάριο	Getters στο CRT
-Βηρύλλιο	Κουτιά τροφοδοσίας που περιέχουν ανορθωτές ελεγχόμενους με πυρίτιο και φακούς ακτίνων Χ
-Κάδμιο	Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες NiCd, φθορίζον στρώμα (οθόνες CRT), μελάνια και τόνερ εκτυπωτών, φωτοτυπικά μηχανήματα (τύμπανα εκτυπωτών)
-Χρώμιο VI	Ταινίες δεδομένων, δισκέτες
-Μόλυβδος	Οθόνες CRT, μπαταρίες, τυπωμένες κάρτες καλωδίωσης
-Λίθιο	Μπαταρίες Λιθίου
-Υδράργυρος	Οι λαμπτήρες φθορισμού που παρέχουν οπίσθιο φωτισμό σε οθόνες LCD, σε μερικές αλκαλικές μπαταρίες και σε υδραργυρεμένους διακόπτες
-Νικέλιο	Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες NiCd ή μπαταρίες NiMH
-Σπάνιες γαίες (Υτριο, Ευρώπιο)	Φθορίζον στρώμα (οθόνη CRT)
-Σελένιο	Παλαιότερα φωτοτυπικά μηχανήματα (τύμπανα φωτογραφιών)
-Θειούχος ψευδάργυρος	Εσωτερικό των οθονών CRT, αναμειγμένο με μέταλλα σπάνιων γαιών
Άλλα	
-Σκόνη τόνερ	Κασέτες γραφίτη για εκτυπωτές / φωτοαντιγραφικά λείζερ
Ραδιενεργές Ουσίες -Αμερίκιο	Ιατρικός εξοπλισμός, ανιχνευτές πυρκαγιάς, ενεργό αισθητήριο στοιχείο σε ανιχνευτές καπνού

Εικόνα 2.4: Πίνακας επικίνδυνων στοιχείων σε Α.Η.Η.Ε. και που βρίσκονται [20]

2.1.3 Νομοθετικό Πλαίσιο

Τα τελευταία χρόνια δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο να περιοριστούν και να εξαλειφθούν οι περιεχόμενες ποσότητες επικίνδυνων ουσιών στα προϊόντα. Έτσι στοχεύετε η μείωση της ποσότητας των ΑΗΗΕ, η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση, η ανάκτησή τους και η ελαχιστοποίηση των κινδύνων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την επεξεργασία και διάθεση των ΑΗΗΕ σε επίπεδο Ε.Ε Αυτό αποδεικνύεται από τις πρωτοβουλίες που έχουν παρθεί σε νομοθετικό επίπεδο, όπως:

- **Οδηγία 2002/96/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Ιανουαρίου 2003 σχετικά με τα ΑΗΗΕ, που τέθηκε σε ισχύ τον Αύγουστο του 2005. Σύμφωνα με αυτή τα ΑΗΗΕ ταξινομούνται σε **10 κατηγορίες**, που έχουν συγκεκριμένους και διαφορετικούς στόχους διαχείρισης. *Επίσης προστέθηκαν στη λίστα των ΑΗΗΕ και τα Φωτοβολταϊκά προϊόντα (Ηλιακές γεννήτριες ηλεκτρισμού)*. Αναπτύσσονται επίσης οι καλύτερες διαθέσιμες τεχνικές (*Best Available Techniques, BAT*) για την επεξεργασία και την ανακύκλωση των ΑΗΗΕ καθώς απαιτείται καλύτερη διαχείριση των αποβλήτων <<Επιβάλλεται η εξειδικευμένη επεξεργασία των ΑΗΗΕ

προκειμένου να αποφευχθεί η διάχυση ρύπων στα ανακυκλωμένα υλικά ή τα ρεύματα αποβλήτων. Η επεξεργασία αυτή είναι το πλέον αποτελεσματικό μέσο για την εξασφάλιση της συμμόρφωσης προς το επιλεγέν επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος>>.

- **Οδηγία 2002/95/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27^{ης} Ιανουαρίου 2003 σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων **επικίνδυνων** ουσιών (*Restriction of certain Hazardous Substances, RoHS*) σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Με την Οδηγία αυτή απαγορεύεται η χρήση, καδμίου, εξασθενές χρωμίου και υδραργύρου στις ΗΗΕ που θα διακινούνταν στην αγορά της Ε.Ε. από τον Ιούλιο του 2006 και μετά.[16]

Μετά τα επόμενα έτη εκδόθηκαν οι ακόλουθες οδηγίες:

- **Οδηγία 2003/108/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τροποποίηση οδηγίας 2002/96 σχετικά με τη χρηματοδότηση των ΑΗΗΕ από χρήστες, εξαιρουμένων των ιδιωτικών νοικοκυριών.
- **Οδηγία 2008/35/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11^{ης} Μαρτίου 2008 για την τροποποίηση της οδηγίας 2002/95/ΕΚ σχετικά με τα ΑΗΗΕ στο κομμάτι που αφορά τις εκτελεστικές αρμοδιότητες της Επιτροπής.
- **Οδηγία 2008/98/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19^{ης} Νοεμβρίου 2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων Οδηγιών. Παράλληλα με τις Οδηγίες, εκδόθηκαν και οι παρακάτω αποφάσεις:
- **Απόφαση 2005/717/ΕΚ** για την τροποποίηση με στόχο την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο του παραρτήματος της οδηγίας 2002/95/ΕΚ.
- **Απόφαση 2005/747/ΕΚ** για την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο του παραρτήματος της οδηγίας 2002/95/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.
- **Απόφαση 2005/618/ΕΚ** για την τροποποίηση της οδηγίας 2002/95/ΕΚ.
- **Απόφαση 2006/310/ΕΚ** για τροποποίηση, με στόχο την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο, του παραρτήματος της οδηγίας 2002/95/ΕΚ.
- **Απόφαση 2006/690/ΕΚ** για την τροποποίηση του παραρτήματος της οδηγίας 2002/95/ΕΚ.
- **Απόφαση 2006/691/ΕΚ** για την τροποποίηση του παραρτήματος της οδηγίας 2002/95/ΕΚ.
- **Απόφαση 2006/692/ΕΚ** για την τροποποίηση του παραρτήματος της οδηγίας 2002/95/ΕΚ.
- **Απόφαση 2008/385/ΕΚ** για την τροποποίηση, με σκοπό την προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο, του παραρτήματος της οδηγίας 2002/95/ΕΚ.
- **Οδηγία 2011/65** για τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό.
- **Οδηγία 2012/19/ΕΕ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 13^{ης} Αυγούστου 2012 σχετικά με τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Εδώ θέτονται νέοι στόχοι για συλλογή μεγαλύτερων ποσοτήτων ΑΗΗΕ το διάστημα 2016-2019.<<Όλα τα ΑΗΗΕ που συλλέγονται ξεχωριστά πρέπει να υποβάλλονται σε ανάκτηση, με την οποία πρέπει να επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός ανακύκλωσης και ανάκτησης>>.

Νομοθετικό πλαίσιο Ελλάδας για ΑΗΗΕ

Όσο αφορά το εθνικό νομοθετικό πλαίσιο, έχουν εκδοθεί νομοθετικές διατάξεις, ώστε να εναρμονιστεί η Ελλάδα και να εφαρμόσει τις προαναφερθείσες ευρωπαϊκές Οδηγίες.

- **Νόμος 2939/6-8-2001** για τις «συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων -Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις». Αυτός ο νόμος χαρακτηρίζεται ως βασικό νομοθετικό πλαίσιο, που ρυθμίζει την εναλλακτική διαχείριση των ΑΗΗΕ σε εθνικό επίπεδο.
- **ΠΔ 117/2004** (ΦΕΚ 82 Α) «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις των Οδηγιών 2002/95 & 2002/96»
- **ΠΔ 15/2006** (ΦΕΚ 12 Α), Τροποποίηση ΠΔ 117/2004
- **ΥΑ αρ.οικ. 133480**, Τροποποίηση ΠΔ 117/2004

Το Προεδρικό Διάταγμα έχει ως σκοπό την εφαρμογή των άρθρων 15, 16, 17, 18 και 24 του Ν. 2939/01 και θέτει ως προτεραιότητα την πρόληψη δημιουργίας ΑΗΗΕ και εισάγει πρακτικές αξιοποίησης των αποβλήτων (επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση), που θα συντελέσουν στην μείωση των ποσοτήτων ΑΗΗΕ προς διάθεση. Επίσης ορίζονται τόσο οι αρχές της εναλλακτικής διαχείρισης, όσο και οι υποχρεώσεις όλων των εμπλεκόμενων φορέων στο ρεύμα των ΑΗΗΕ όπως των παραγωγών, των διανομέων-πωλητών, των καταναλωτών, των φορέων επεξεργασίας.[8]-[16]

Οι αρχές της εναλλακτικής διαχείρισης των ΑΗΗΕ, όπως ορίζονται στο Προεδρικό Διάταγμα 117/2004, συμφωνούν σε εθνικό και ευρωπαϊκό κοινοτικό επίπεδο και είναι:

- **η αρχή της πρόληψης δημιουργίας ΑΗΗΕ** μειώνοντας τον όγκο τους και τα επικίνδυνα συστατικά τους, επαναχρησιμοποιώντας τα, ανακτώντας τα εμπεριεχόμενα συστατικά τους, ανακυκλώνοντας τα, καθώς ανακτώντας ενέργεια από αυτά χωρίς όμως να ρυπαίνεται το περιβάλλον.
- **η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»**
- **η αρχή της δημοσιότητας** στους χρήστες και καταναλωτές σχετικά με τα λαμβανόμενα μέτρα, ώστε να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην εναλλακτική διαχείριση του ρεύματος των ΑΗΗΕ.
- **η αρχή της ευθύνης** όλων των εμπλεκόμενων φορέων στη διαχείριση των ΑΗΗΕ

Για την υλοποίηση της αρχής πρόληψης, είναι απαραίτητο από την πλευρά των κατασκευαστών τόσο ο περιορισμός της χρήσης επικινδύνων συστατικών στα ΗΗΕ, όσο και η χρήση νέων υλικών φιλικότερων προς το περιβάλλον, που θα συντελέσουν σε αποδοτικότερη και ασφαλέστερη ανακύκλωση, μειώνοντας τους κινδύνους για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον, καθώς θα περιοριστεί η διάθεση των επικινδύνων αποβλήτων. Τα ΗΗΕ πρέπει να είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι πιο εύκολη και απλή, πιθανή επισκευή ή αναβάθμισή τους, αλλά και η αποσυναρμολόγηση και η επισκευή τους. Αν δεν είναι εφικτή η επαναχρησιμοποίηση των ΑΗΗΕ ή κάποιων συστατικών μερών τους, τότε θα πρέπει να οδηγούνται προς **ανακύκλωση υψηλής απόδοσης**, τα παράγωγα της οποίας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στην παραγωγή νέων προϊόντων.

Στο Προεδρικό Διάταγμα 117/2004 ορίζεται επίσης και ότι ο ρυπαίνων πληρώνει, δηλαδή ότι το βάρος της ανακύκλωσης των ΑΗΗΕ πρέπει να το επωμίζονται οι παραγωγοί. Αυτό έχει νόημα καθώς ο παραγωγός πρέπει να συμμετέχει και στο περιβαλλοντικό κόστος των προϊόντων που παράγει και προωθεί και όχι μόνο να καρπώνεται τα κέρδη από την πώληση

τους. Με την εφαρμογή αυτής της αρχής το ζήτημα των ΑΗΗΕ θα αντιμετωπιστεί στην πηγή του, αναλαμβάνοντας οι παραγωγοί το μερίδιο της ευθύνης, που τους αναλογεί με την οργάνωση συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης ΑΗΗΕ σύμφωνα με τις ισχύουσες ευρωπαϊκές και ελληνικές νομοθετικές διατάξεις. Σε συνδυασμό με την ευθύνη των εμπλεκόμενων φορέων καθιστά υποχρεωτικούς κοινωνούς στην προσπάθεια αυτή εκτός από τους παραγωγούς και τους πωλητές-διανομείς των ΗΗΕ καθώς και την τις μονάδες της Τοπικής Αυτοδιοίκησης, που είναι υπεύθυνες για τα δημοτικά απόβλητα.

Τα παραπάνω δεν θα έχουν καμία αποτελεσματικότητα αν δεν έχουν συμμετοχή και οι απλοί καταναλωτές, οι οποίοι θα πρέπει να είναι ενήμεροι για το που θα απορρίπτουν τα ΑΗΗΕ χωρίς κόστος σε καθορισμένα σημεία από τους δήμους, όπως σε καταστήματα λιανικής πώλησης ΗΗΕ. Σύμφωνα με την νομοθεσία τα ΑΗΗΕ πρέπει να συλλέγονται, να αποθηκεύονται προσωρινά και να μεταφέρονται χωριστά από τα υπόλοιπα οικιακά απόβλητα.

Υιοθετείται και ο περιορισμός της χρήσης επικίνδυνων ουσιών στα ΑΗΗΕ όπως αυτός ορίζεται στην Οδηγία 2002/95/ΕΚ (RoHS). Σύμφωνα λοιπόν με αυτό, τα ΗΗΕ που υπάγονται στις κατηγορίες 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 και 10, καθώς και οι λαμπτήρες πυράκτωσης και τα οικιακά φωτιστικά σώματα που διατίθενται στην ελληνική αγορά δεν πρέπει να περιέχουν μόλυβδο, υδράργυρο, κάδμιο, εξασθενές χρώμιο, πολυβρωμοδιφαινύλια (PBB) ή πολυβρωμοδιφαινυλαιθέρες (PBDE). Στους χώρους επεξεργασίας των ΑΗΗΕ θα πρέπει να αφαιρούνται όλα τα ρευστά και επικίνδυνα μέρη ώστε να επεξεργαστούν χωριστά και η περαιτέρω αξιοποίηση και ανακύκλωση των ΑΗΗΕ θα πρέπει να ακολουθεί την ισχύουσα νομοθεσία με σεβασμό στην ανθρώπινη υγεία και το φυσικό περιβάλλον.[8]-[16]

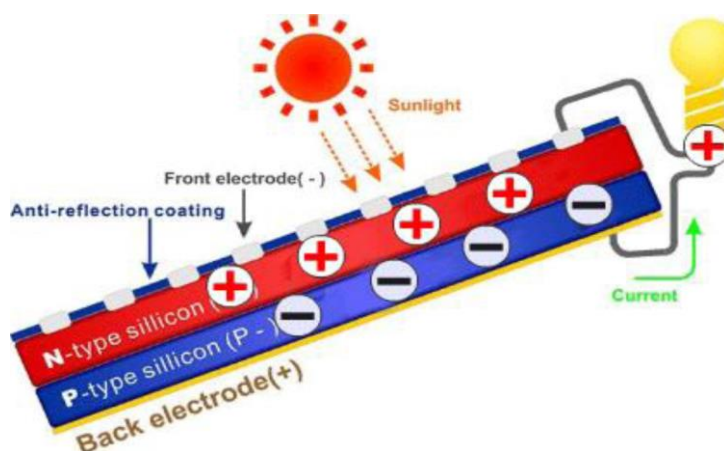
2.2 Φωτοβολταϊκά

2.2.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Οι ακτίνες του ήλιου αποτελούνται από μικρά πακέτα ενέργειας, τα οποία ονομάζονται φωτόνια. Το μήκος κύματός τους καθορίζει το ποσό της ενέργειας που διαθέτουν. Όταν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο είτε ανακλώνται είτε το διαπερνούν είτε απορροφώνται από αυτό, τα φωτόνια που απορροφώνται από το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι εκείνα που παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια.

Η έκθεση αυτών στην ηλιακή ακτινοβολία οδηγεί στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική κατά ένα ποσοστό ίσο με 5-17%. Η τεχνολογία είναι αυτή που θα καθορίσει το τελικό ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Με τα παρακάτω δεδομένα ορίζουμε ως φωτοβολταϊκό φαινόμενο την άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι μια τεχνολογία που δημιουργεί ηλεκτρική ενέργεια που μετριέται σε βολτ V ή κιλοβάτ kV και δημιουργείται από τα φωτόνια. Όσο το φως πέφτει στον ηλιακό συλλέκτη παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα, όταν το φως σταματήσει η παραγωγή σταματάει επίσης. Οι ηλιακοί συλλέκτες δεν χρειάζονται επαναφόρτιση όπως οι μπαταρίες. Κάποιοι απ' αυτούς βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία στη γη ή στο διάστημα για πάνω από 30 χρόνια.

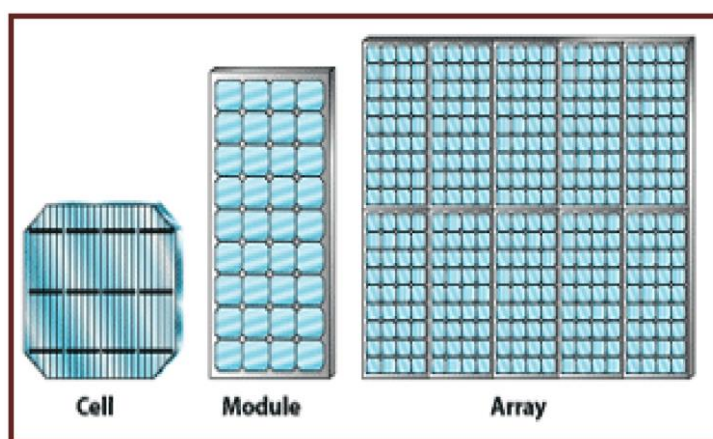
Η απόδοση τους κυμαίνεται από 12% ως 18% σε συγκεκριμένες συνθήκες αναφοράς. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (solar cells) είναι συσκευές παραγωγής ηλεκτρισμού κατασκευασμένες από ημιαγωγούς. Ως κύριος ημιαγωγός χρησιμοποιείται το πυρίτιο και προσμίξεις του με φώσφορο (N-type) και βόριο (P-type). Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από ένα **πολύ λεπτό στρώμα πυριτίου N-type** που έχει *πληθώρα ηλεκτρονίων*, επάνω από ένα **παχύτερο στρώμα πυριτίου P-type** που παρουσιάζει *έλλειψη ηλεκτρονίων*. Στην επιφάνεια επαφής των δύο υλικών, που αναφέρεται και ως junction, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο. Με την επίδραση ηλιακού φωτός στο φωτοβολταϊκό στοιχείο η ενέργεια του συστήματος αυξάνεται έτσι κάποια ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και μεταπηδούν από το N στο P στρώμα για να καλύψουν τις κενές θέσεις (holes). Αποτέλεσμα της παραπάνω κίνησης είναι η εμφάνιση συνεχούς ρεύματος.[9]



Εικόνα 2.5: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο [9]

Η ηλεκτρική τάση που εμφανίζουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι 0,5 με 0,6 V συνεχούς ρεύματος σε ανοικτό κύκλωμα. Η ισχύς που παράγεται εξαρτάται από το μέγεθος της επιφάνειας του στοιχείου, τον βαθμό απόδοσης και την ένταση του ηλιακού φωτός που προσπίπτει στην παραπάνω επιφάνεια. Για ένα τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο διαστάσεων 160 cm², υπό συνθήκες πλήρους και μέγιστης έντασης ηλιοφάνειας, η αναμενόμενη ισχύς αγγίζει τα 2 W.

Για την αύξηση της συνολικής παραγόμενης ισχύς τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ενώνονται μεταξύ τους για να δημιουργήσουν φωτοβολταϊκά πλαίσια (modules) και τα πλαίσια με τη σειρά τους ενώνονται για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών συστοιχιών (arrays).



Εικόνα 2.6: Κελί, πλαίσιο, συστοιχία φωτοβολταϊκών [9]

2.2.2 Τεχνολογίες Φωτοβολταϊκών

Τα φωτοβολταϊκά διαθέτουν μεγάλη αξιοπιστία λειτουργίας και διάρκεια ζωής και ως κύριοι στόχοι βελτίωσης παραμένουν συνήθως η απόδοση και το κόστος τους. Σκοπός λοιπόν της εξέλιξης της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας είναι η δημιουργία πλαισίων με υψηλότερο κατά το δυνατό βαθμό απόδοσης και χαμηλό κόστος. Οι τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών που συναντώνται σήμερα ποικίλουν ως προς το βασικό υλικό κατασκευής, την ικανότητα μετατροπής και το κόστος τους.

Το βασικό υλικό για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στη βιομηχανία είναι το **πυρίτιο**. Είναι ίσως και το μοναδικό υλικό που παράγεται με τόσο μαζικό τρόπο. Το πυρίτιο σήμερα αποτελεί την πρώτη ύλη για το 90% της αγοράς των φωτοβολταϊκών. Τα φωτοβολταϊκά χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: [3]-[5]-[9]

- **Φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου c-Si**
- **Φωτοβολταϊκά λεπτών ταινιών.**

Στη συνέχεια ακολουθούν μερικές υποκατηγορίες των παραπάνω.

2.2.2.1 Φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου c-Si

Φωτοβολταϊκά πλαίσια Μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Το μονοκρυσταλλικό **πυρίτιο** είναι υλικό με εύρος ζώνης 1,12 eV. Τα κύτταρα μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχουν πάχος 0,3 mm και η απόδοσή τους στη βιομηχανία κυμαίνεται από 15-18% για το πλαίσιο. Στις Εργαστηριακές δοκιμές έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης-επιφάνειας ή «ενεργειακής πυκνότητας». Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό, είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση σήμερα είναι της SunPower με απόδοση πλαισίου 18.5%. Είναι μάλιστα το μοναδικό που έχει μεταλλικές επαφές στο πίσω μέρος του πάνελ εξασφαλίζοντας έτσι μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με την ηλιακή ακτινοβολία.[3]-[6]-[9]

Φωτοβολταϊκά πλαίσια Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 mm. Μπορεί κάποιος να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές στην όψη, δηλαδή το μέγεθος των κρυσταλλικών κόκκων. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές, τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κύτταρα. Σε εργαστηριακές εφαρμογές, έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20%, ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως 15% για τα φωτοβολταϊκά πάνελ.[3]-[6]-[9]



Εικόνα 2.7: Κύτταρο Μονοκρυσταλλικού πυριτίου



Εικόνα 2.8: Κύτταρο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

2.2.2.2 Φωτοβολταϊκά Λεπτών ταινιών

Φωτοβολταϊκά πλαίσια Άμορφου πυριτίου

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις. Το άμορφο **πυρίτιο** έχει εύρος ζώνης που κυμαίνεται μεταξύ 1,7-1,8 eV. Είναι ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού, συνήθως πυρίτιο a-Si:H και μερικές φορές **Γερμάνιο** a-SiGe:H, πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται, η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό, προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις για το πλαίσιο ξεκινούν από 6% έως 8%, ενώ στο εργαστήριο επιτεύχθηκαν αποδόσεις ακόμα και 14%. Χαρακτηριστικό τους είναι η *χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα*, κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Το πάχος του πυριτίου είναι 0,0001 mm, ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 mm.[9]

Φωτοβολταϊκά πλαίσια Χαλκοπυρίτη CIGS, CIGSe

Ο χαλκοπυρίτης είναι ένα συνθετικό μέταλλο, που περιέχει **Χαλκό**, **Ίνδιο**, **Γάλλιο** Θείο και **Σελένιο**. Πολλά είδη χαλκοπυρίτη απορροφούν το φως πολύ καλά και έχουν ημιαγωγίμες ιδιότητες, γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για την κατασκευή ηλιακών κυψελίδων λεπτής μεμβράνης. Υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής των ιδιοτήτων του υλικού αν αντίστοιχα γίνουν αλλαγές στις συγκεντρώσεις των παραπάνω στοιχείων. Το πρόβλημα που υπάρχει, είναι ότι το **Ίνδιο** υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στη φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.[19]



Εικόνα 2.9: Κύτταρο άμορφου Πυριτίου



Εικόνα 2.10 Φωτοβολταϊκό CIGSe

Φωτοβολταϊκά πλαίσια Τελουριούχου Καδμίου (CdTe), Σεληνιούχου Καδμίου (CdSe), Σουλφιδίου του καδμίου (CdS)

Φωτοβολταϊκά αυτής της κατηγορίας έχουν καλύτερη απορρόφηση φωτός σε σύγκριση με τα μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Αυτά τα υλικά μπορούν να εναποτεθούν σε λεπτά στρώματα σε ένα υπόστρωμα, το οποίο σε πολλές περιπτώσεις είναι γυάλινο. Η μικρότερη κατανάλωση υλικών μπορεί να μειώσει την τιμή σε περίπτωση που η απόθεση μπορεί να επιτευχθεί με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Τροχοπέδη για τη χρήση του, αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace, έχει εναντιωθεί στη χρήση του. Επίσης πρόβλημα είναι και η έλλειψη του **Τελλουρίου**. Σημαντικότερη χρήση του είναι η ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό με την εφαρμογή του σε κτήρια (Building Integrated Photovoltaic, BIPV).[3]-[9]-[19]

Φωτοβολταϊκά πλαίσια Αρσενιούχου Γαλλίου (GaAs)

Το αρσενιούχο **Γάλλιο** είναι κράμα μετάλλων που περιέχει εκτός από Γάλλιο και άλλα μέταλλα όπως το **Αλουμίνιο** και ο **Ψευδάργυρος**. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από το Χρυσό. Το αρσενικό δεν είναι σπάνιο αλλά έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενιούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,42 eV και είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοσή του στη μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν τη χρήση τους σε εφαρμογές συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators).[3]-[9]-[19]



Εικόνα 2.11: Κύτταρο Τελουριούχου Καδμίου



Εικόνα 2.12: Κύτταρο αρσενιούχου Γαλλίου

2.3 Ανακύκλωση

Ορισμός

Είναι η διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας και επαναφοράς υλικών που αποτελούν απόβλητα στην παραγωγική διαδικασία. Επίσης είναι η διάσωση ενός υλικού που μοιάζει άχρηστο αλλά δεν έχει χάσει την αξία του και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Επομένως αντί να το απορρίψουμε στο περιβάλλον, το μετατρέπουμε σε πρώτες ύλες και το επιστρέφουμε στον οικονομικό κύκλο προστατεύοντας το περιβάλλον.

Τα απορρίμματα αποτελούν ένα πολυδιάστατο πρόβλημα στην σημερινή εποχή με ένα μεγάλο αριθμό περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επηρεάζουν όχι μόνο το ίδιο το περιβάλλον αλλά και την υγεία του ανθρώπου. Το σοβαρότερο πρόβλημα είναι η διαχείριση των απορριμμάτων και η οργάνωση κατάλληλου χώρου απόθεσης και περισυλλογής κυρίως κοντά σε αστικές περιοχές. Η μείωση του όγκου των απορριμμάτων μπορεί επιτευχθεί με την ανακύκλωση όλων των χρήσιμων υλικών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.[15]

Μέθοδοι επεξεργασίας απορριμμάτων

- Κομποστοποίηση (λιπασματοποίηση)
- Υγειονομική ταφή (απόθεση)
- Ανακύκλωση
- Ανάκτηση ενέργειας από ακατέργαστα υλικά
- Καύση

Τι είναι ανακυκλώσιμο

Τα απορρίμματα που μπορούν να ανακυκλωθούν είναι:

- Χαρτί πάσης φύσεως
- Οργανικά σκουπίδια (φρούτα, λαχανικά, οικιακά σκουπίδια)
- Ανόργανα σκουπίδια (πλαστικό, γυαλί, μέταλλα, κλπ)
- Στερεά σκουπίδια (τρόφιμα, ξύλο, ύφασμα, συσκευές, ελαστικά, υλικά συσκευασίας, κλπ.)
- Υγρά σκουπίδια (βιομηχανικά και αστικά απόβλητα, ανόργανα απόβλητα όπως βαρέα μέταλλα, αρσενικό, κλπ)
- Οργανικά μη υδατοδιαλυτά απόβλητα (ελαιοχρώματα, λιπαντικά βενζίνης, πετρέλαιο DIESEL, Ορυκτέλαια, κλπ)
- Επικίνδυνα απόβλητα (απόβλητα διυλιστηρίων πετρελαιοειδών, δεξαμενών πλοίων μεταφοράς πετρελαιοειδών, κλπ)
- Υλικά συσκευασίας
- **Ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός** (Ηλεκτρικές στήλες και οι συσσωρευτές, μεγάλες οικιακές συσκευές, μικρές οικιακές συσκευές, εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών, φωτιστικά είδη)
- Απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις [26]

Πλεονεκτήματα ανακύκλωσης

- Βελτίωση Εθνικής Οικονομίας
- Θετική συμβολή στην αγοραστική δύναμη των πολιτών
- Μείωση του όγκου των απορριμμάτων
- Καθαρότερο Περιβάλλον
- Δημιουργία θέσεων εργασίας
- Εξοικονόμηση πρώτων υλών και ηλεκτρικής ενέργειας

2.3.1 Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

Η ανακύκλωση των ΑΗΗΕ είναι μια πολύ χρήσιμη και αποδοτική πρακτική διαχείρισης αφού συντελεί στην ανάκτηση υλικών αλλά και στην απομάκρυνση επικίνδυνων ουσιών, κυρίως βαρέων μετάλλων που υπάρχουν σε διάφορα συστατικά τους μέρη, εμποδίζοντας την απόθεσή τους στο περιβάλλον. Η διαδικασία της ανακύκλωσης αρχίζει με τη **συλλογή**, ακολουθεί η **μεταφορά**, η **ταξινόμηση**, η **επεξεργασία** καθώς και τη **διάθεση** των τελικών προϊόντων **σε εξουσιοδοτημένους αποδέκτες**, όπως έχει αποτυπωθεί από την Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ.

Στάδια επεξεργασίας ΑΗΗΕ

Σε μονάδες επεξεργασίας απορριμμάτων ακολουθούνται με τη σειρά τα στάδια της **αποσυναρμολόγησης**, της **απορρύπανσης** και της **μηχανικής επεξεργασίας**.

- Κατά την **αποσυναρμολόγηση** που πραγματοποιείται χειρωνακτικά ή μηχανικά, ανακτώνται υλικά, όπως μέταλλα, γυαλί, πλαστικό, που μπορούν να αξιοποιηθούν. Εν συνεχεία, τα υλικά αυτά προωθούνται στις τελικές βιομηχανίες όπως υαλουργίες, χαλυβουργίες, βιομηχανίες παραγωγής χαλκού, αλουμινίου, πλαστικού για παραγωγή ανακυκλώσιμων πρώτων υλών.
- Κατά την **απορρύπανση** ανακτώνται ηλεκτρονικά υλικά, όπως πυκνωτές και πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων.
- Κατά τη **μηχανική επεξεργασία** γίνεται η κοπή ο τεμαχισμός, η διαλογή και ο διαχωρισμός των υλικών με στόχο να ανακτηθούν κλάσματα σιδηρούχα, μη σιδηρούχα και πλαστικού, που προωθούνται και αυτά στις τελικές βιομηχανίες. Τυχόν υπολείμματα που προκύψουν από τη διαδικασία της μηχανικής επεξεργασίας, αφού επεξεργαστούν κατάλληλα απαλλαγμένα από κάθε είδους τοξική και επικίνδυνη ουσία, οδηγούνται σε ΧΥΤΥ.[8]

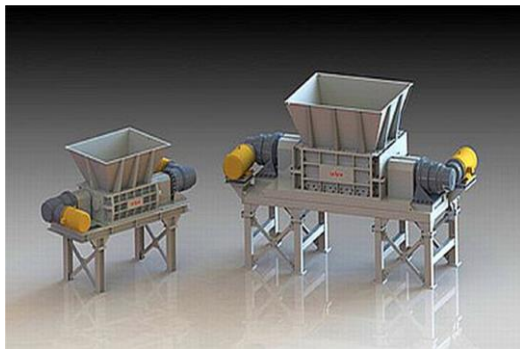
2.3.1.1 Τεχνικές Μηχανικής επεξεργασίας ΑΗΗΕ

Σε **δύο κατηγορίες** χωρίζονται οι τεχνικές μηχανικής επεξεργασίας των ΑΗΗΕ. Η μια κατηγορία αποσκοπεί στο να μειωθεί ο όγκος τους και εδώ υπάγεται ο **τεμαχισμός**, η **κονιορτοποίηση** και η **συμπύεση**.

Η άλλη συμβάλλει στο διαχωρισμό των επιμέρους υλικών και στοιχείων που αποτελούν τα ΑΗΗΕ και εδώ υπάγεται ο **μαγνητικός διαχωρισμός**, ο **επαγωγικός διαχωρισμός** (*Eddy Current*), ο **αεροδιαχωρισμός**, ο **ηλεκτροστατικός διαχωρισμός**, και ο **διαχωρισμός ειδικού βάρους**.

2.3.1.1.1 Μηχανική επεξεργασία μείωσης όγκου ΑΗΗΕ

Ο **Τεμαχισμός** (*shredding*) είναι το πρώτο στάδιο στις μονάδες επεξεργασίας των ΑΗΗΕ. Καθώς εισέρχονται τα ΑΗΗΕ στην μονάδα, θρυμματίζονται με πτώση ή κόβονται, ώστε να μειωθεί σημαντικά ο όγκος και να ομογενοποιηθούν. Έτσι καθίσταται πιο εύκολος ο διαχωρισμός των επιμέρους συστατικών τους από τις ειδικές μεθόδους διαχωρισμού. Τα τεμάχια που προκύπτουν είναι της τάξης των 50mm με 100mm και ποικίλλουν ανάλογα με την κατηγορία των ΑΗΗΕ και τις ιδιαίτερες απαιτήσεις ως προς την επεξεργασία της. Οι διάφοροι τύποι τεμαχιστών είναι οι σφυρόμηλοι, οι θραυστήρες κρούσης και οι περιστροφικοί κόπτες.



Εικόνα 2.13: Τεμαχιστής



Εικόνα 2.14: Αποτέλεσμα τεμαχισμού

Η **Κονιορτοποίηση** είναι παρόμοια τεχνική με αυτήν του τεμαχισμού, που οδηγεί όμως σε τεμάχια μικρότερων διαστάσεων της τάξης των 10 με 20 mm. Σε αυτό το μέγεθος ο διαχωρισμός υλικών όπως ο χαλκός το αλουμίνιο και το πλαστικό είναι ευκολότερος και συμβάλει στην απομάκρυνση ορισμένων συστατικών των ΑΗΗΕ, τα οποία θα μπορούσαν να δημιουργήσουν προβλήματα σε επόμενο στάδιο επεξεργασίας, παράδειγμα τα τεμάχια σιδήρου κατά τον επαγωγικό διαχωρισμό χαλκού και αλουμινίου με δινορρεύματα. Και στον τεμαχισμό αλλά και στην κονιορτοποίηση ακολουθεί η **συμπύεση**, ώστε να μειωθεί ακόμα περισσότερο ο όγκος των τεμαχίων, καθώς και το κόστος για τη μεταφορά τους.[8]



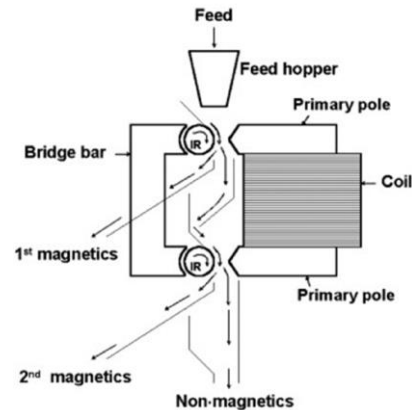
Εικόνα 2.15: Μηχανή κονιορτοποίησης

2.3.1.1.2 Μηχανική επεξεργασία διαχωρισμού επιμέρους υλικών ΑΗΗΕ

Ο **Μαγνητικός διαχωρισμός** των σιδηρομαγνητικών σωματιδίων έχει σημαντική θέση στην ανακύκλωση των ΑΗΗΕ και βασίζεται στις μαγνητικές ιδιότητες των συστατικών τους. Συνήθως δεν χρησιμοποιείται μαγνητικό πεδίο μεγάλης έντασης, αλλά θα πρέπει τα προς διαχωρισμό τεμάχια να έχουν μειωμένο όγκο και να είναι ομοιογενή. Συχνά χρησιμοποιούνται μαγνητικά τύμπανα και μαγνητικοί ιμάντες.

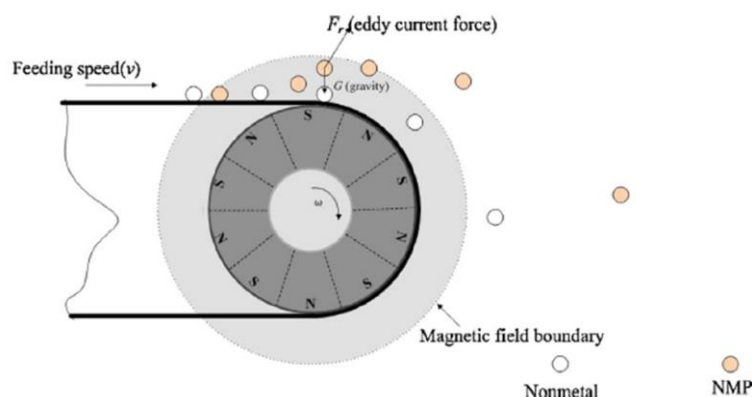


Εικόνα 2.13: Μαγνητικός Ιμάντας



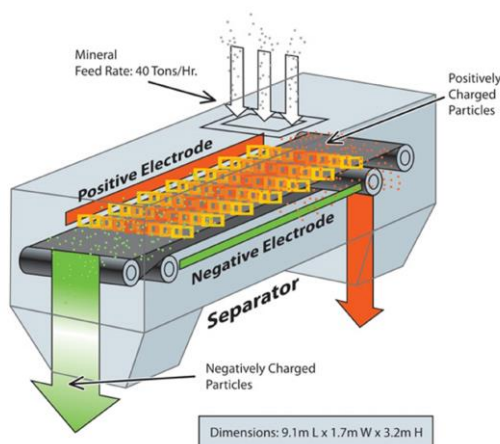
Εικόνα 2.14: Μαγνητικό Τύμπανο

Ο **Επαγωγικός διαχωρισμός** χρησιμοποιεί δινορρεύματα με τη διάταξη Eddy Current και οδηγεί στην ανάκτηση χαλκού και αλουμινίου από το υπόλοιπο ρεύμα των ΑΗΗΕ. Ο διαχωρισμός τύπου Eddy Current (*Eddy current separation, ECS*) αποτελεί την καταλληλότερη μέθοδο για την ανάκτηση των μη σιδηρούχων στοιχείων από το ρεύμα των ΑΗΗΕ. Στην Εικόνα 2.15 φαίνεται η διάταξη, που απαρτίζεται από ένα ρότορα, που είναι μόνιμος μαγνήτης και περιστρέφεται εντός μεταλλικού τυμπάνου, δημιουργώντας επαγωγικά μαγνητικό πεδίο, διαχωρίζοντας το αλουμίνιο και το χαλκό. Όσο πιο μικρά είναι τα τεμάχια τόσο πιο μεγάλες είναι και οι ανακτώμενες ποσότητες.



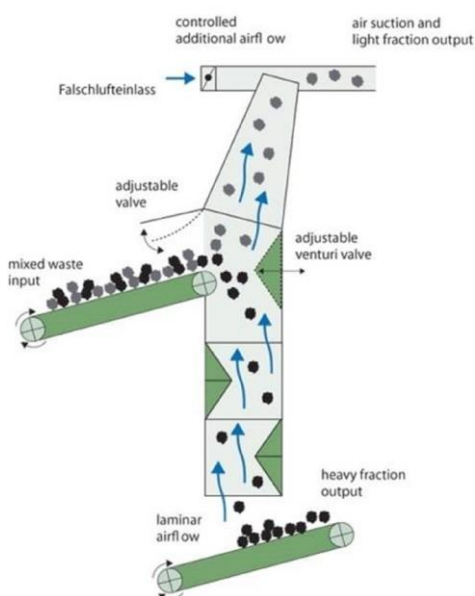
Εικόνα 2.15: Διαχωριστής Eddy Current

Τα ΑΗΗΕ αποτελούνται από πρώτες ύλες, που έχουν διαφορετική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αυτό αξιοποιείται από τον **Ηλεκτροστατικό διαχωρισμό** και με την εφαρμογή ηλεκτρικών πεδίων, επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός μεταλλικών και μη μεταλλικών στοιχείων. Στην Εικόνα 2.16 παρουσιάζεται ένας ηλεκτροστατικός διαχωριστής.



Εικόνα 2.16: Ηλεκτροστατικός Διαχωριστής

Στον **Αεροδιαχωρισμό**, το ανομοιογενές ρεύμα των ΑΗΗΕ διαχωρίζεται με χρήση αέρα. Η λειτουργία του στηρίζεται στη διαφορετική τροχιά, που διαγράφει το κάθε τεμάχιο μέσα σε ένα στρώμα αέρα λόγω της βαρύτητας. Οι παράμετροι που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα αυτής της μεθόδου είναι ο χρόνος παραμονής μέσα στο διαχωριστήρα, η ταχύτητα και η υγρασία του αέρα, καθώς το βάρος και το σχήμα των τεμαχίων. Συνήθως, χρησιμοποιείται αεροδιαχωριστής τύπου zig-zag, όπως αυτός που φαίνεται στην Εικόνα 2.17 και αποτελείται από ένα ή περισσότερα κανάλια με ορθογώνια τομή, συνδεδεμένα σε γωνία. Από μια περιστρεφόμενη βαλβίδα, τροφοδοτείται η συσκευή με υλικό, ενώ από το κάτω μέρος εισέρχεται ο αέρας, που δημιουργεί δίνη. Τα τεμάχια που είναι ελαφριά πηγαίνουν προς τα πάνω, ενώ τα πιο βαριά πηγαίνουν προς τα κάτω και διαχωρίζονται. Λόγω δόνησης, εμποδίζεται η συγκέντρωση σε ένα σημείο.



Εικόνα 2.17: Αεροδιαχωριστής τύπου zig-zag

Ο Διαχωριστής ειδικού βάρους αξιοποιεί το χαρακτηριστικό ότι τα συστατικά μέρη των ΑΗΗΕ έχουν διαφορετικό ειδικό βάρος, αποτελούμενος από φυγοκεντρικούς και υγρής κλί- νης διαχωριστήρες. Είναι κατάλληλος για να διαχωριστούν τα βαρέα από τα ελαφρά τεμά- χια (όπως ανοξείδωτο ατσάλι, πλαστικό, κλπ.) των ΑΗΗΕ.[8]

Υλικό	Μέθοδος
Σιδηρούχα μέταλλα	Μαγνητικός διαχωρισμός Διαχωρισμός ειδικού βάρους
Μη σιδηρούχα μέταλλα	Eddy Current (επαγωγικός διαχωρισμός) Διαχωρισμός μέσω φυγοκεντρικού επιταχυντή (σύνθετα υλικά) Διαχωρισμός ειδικού βάρους
Μέταλλα (γενικά από άλλα υλικά)	Κρυογενικές μέθοδοι
Μέταλλα με χαμηλό σημείο τήξης	Θερμικές μέθοδοι
Πλαστικό	Ηλεκτροστατικός διαχωρισμός Αεροδιαχωρισμός Διαχωρισμός ειδικού βάρους Διαχωρισμός μέσω φυγοκεντρικού επιταχυντή (σύνθετα υλικά)
Γυαλί (κυρίως για CRTs)	Διαχωρισμός υγρής κλίνη Διαχωρισμός ειδικού βάρους
Ευγενή - πολύτιμα μέταλλα	Ειδικές τεχνολογίες (κλίβανοι, διύλιση, χημικές αντιδράσεις, κλπ.) Διαχωρισμός υγρής κλίνης

Εικόνα 2.18:Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό - ανάκτηση των διαφόρων βασικών ρευ- μάτων των ΑΗΗΕ.[8]

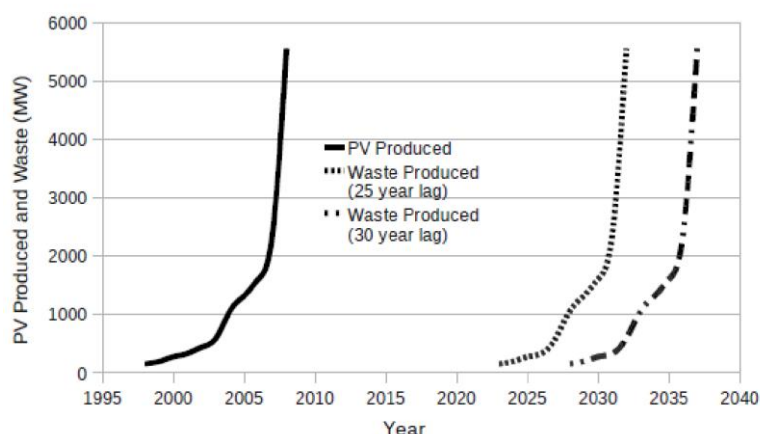
Μέθοδος	Αποτέλεσμα Μεθόδου
Τεμαχισμός	Θραύση, ελάττωση μεγέθους ΑΗΗΕ στα επιθυμητά επίπεδα
Συμπύεση	Αύξηση πυκνότητας τελικών υλικών
Κοσκίνισμα	Διαχωρισμός κλασμάτων ΑΗΗΕ βάσει μεγέθους
Απορρύπανση	Χειρονακτική ή μηχανική αφαίρεση επικινδύνων τμημάτων ΑΗΗΕ
Αποσυναρμολόγηση	Αποσύνδεση τμημάτων των ΑΗΗΕ για περαιτέρω απορρύπανση ή ξεχωριστή επεξεργασία
Δόνηση	Δημιουργία συνθηκών ομοιογενούς ροής αποβλήτων στην είσοδο των διαφόρων διατάξεων επεξεργασίας/διαχωρισμού
Ζύγιση	Καταγραφή βάρους ΑΗΗΕ

Εικόνα 2.19: Άλλες βοηθητικές, αλλά απαραίτητες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των ΑΗΗΕ για να βοηθήσουν το μετέπειτα διαχωρισμό των δομικών τους υλικών.[8]

2.3.2 Φωτοβολταϊκά

2.3.2.1 Ανάγκη για ανακύκλωση Φ/Β

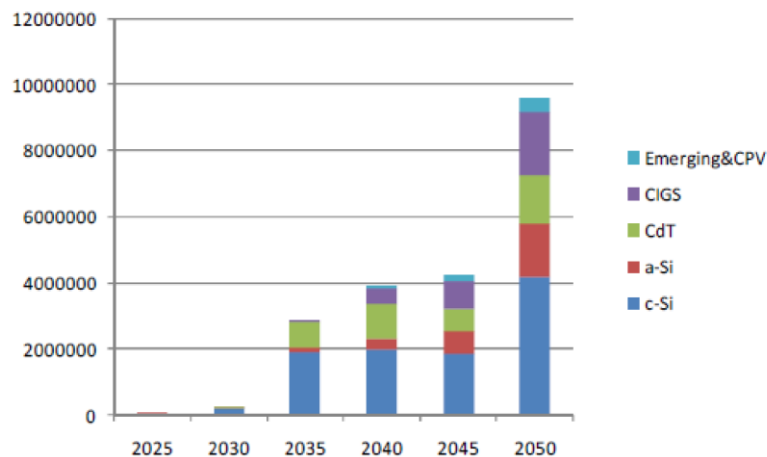
Αρκετά μεγάλη ποσότητα απορριμμάτων θα δημιουργήσει μια μονάδα παραγωγής φωτοβολταϊκών κατά την έναρξη της λειτουργίας του και μέσα σε έξι μήνες έως ένα χρόνο, θα φτάσει σε ένα επίπεδο σταθερής κατάστασης της παραγωγής που επιφέρουν σχετικά λίγα απόβλητα. Για παράδειγμα, ένα εργοστάσιο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών με ετήσιο όγκο παραγωγής περίπου 2000 τόνων ηλιακών συλλεκτών είναι ικανό να παράγει ηλεκτρική ενέργεια 10MW. Από αυτή μόνο 0,1% είναι υλικό ημιαγωγών, ενώ το υπόλοιπο είναι κυρίως το γυαλί. Υποθέτοντας ότι το 20% είναι ελαττωματικά εξαρτήκη και μόλις 5% είναι ελαττωματικά κατά την διαδικασία σταθερής παραγωγής, τα αντίστοιχα αναμενόμενα αποτελέσματα των συνολικών απορριμμάτων στο μέλλον θα είναι 200 τόνοι τους πρώτους έξι μήνες και περίπου 100 τόνοι/έτος για το υπόλοιπο της λειτουργίας τους (π.χ. 10 έτη). Συνεπώς, αφού το όριο ζωής των φωτοβολταϊκών είναι περίπου 25 με 30 χρόνια , μελλοντικά , στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους, 2000 τόνοι ετησίως πρέπει να ανακυκλωθούν. Σε σύγκριση με τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά τα νούμερα σίγουρα θα είναι πολύ μεγαλύτερα μιας και μιλάμε για τάξη μεγέθους σε GW.



Εικόνα 2.20: Παραγωγή φωτοβολταϊκών απορριμμάτων για το χρονικά διάστημα 1998-2038.

Με βάση στατιστικά δεδομένα, ο όγκος των φωτοβολταϊκών απορριμμάτων για το 2030 εκτιμάται στους 13.300 τόνους ενώ αντίστοιχα για το 2040 στους 33.500 τόνους. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Κρήτη μετά από έρευνα το 2030 θα κορυφωθούν οι ποσότητες φωτοβολταϊκών προς ανακύκλωση με συνολική μάζα που θα αγγίζει τους 9.723 τόνους. Η ανάγκη για ανακύκλωση συνεπώς είναι επιτακτική όχι μόνο για τα φωτοβολταϊκά που θα κλείσουν τον κύκλο ζωής τους αλλά και για τα ελαττωματικά πλαίσια που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αγορά.

Καθιστά δύσκολη την ανακύκλωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων η μικρή ποσότητα των φωτοβολταϊκών σήμερα. Χρησιμοποιώντας οικονομικά κριτήρια και σωστό σχεδιασμό μελλοντικά αυτή η κατάσταση μπορεί να αλλάξει δραματικά. Αυτή η κατάσταση ισχύει για πάνελ με βάση το πυρίτιο εξαιτίας των πλούσιων αποθεμάτων πυριτίου σαν πρώτη ύλη. Τα οικονομικά κίνητρα θα μπορούσαν να είναι περισσότερα για CIS, CIGS, CdTe πάνελ λόγω της σπανιότητας του Ινδίου, του Τελλούριου και των άλλων χημικών στοιχείων, σε σύγκριση με την αναμενόμενη αύξηση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.



Εικόνα 2.21: Αναμενόμενα φωτοβολταϊκά απόβλητα ανά τεχνολογία για EU27 σε τόνους.

Λόγω των αυξανόμενων ποσοτήτων από φωτοβολταϊκά απόβλητα ιδρύθηκε Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός **PV Cycle** τον Ιούλιο του 2007 με στόχο την δημιουργία ενός εθελοντικού προγράμματος συλλογής και ανακύκλωσης μεταχειρισμένων φωτοβολταϊκών πάνελ. Τα μέλη του PV Cycle απαρτίζονται από κατασκευαστές και διανομείς φωτοβολταϊκών πάνελ, ενώ παράλληλα αντιπροσωπεύουν το 90% της ευρωπαϊκής αγοράς φωτοβολταϊκών. Μέσω της δραστηριότητας του οργανισμού PV Cycle προσδοκάτε η δημιουργία βιώσιμων ενεργειακών λύσεων, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός φωτοβολταϊκού πάνελ, από την προμήθεια των πρώτων υλών μέχρι και την ανακύκλωση αυτού.[4]-[7]-[17]-[18]

2.3.2.2 Τεχνικές Ανακύκλωσης Φ/Β

Η διαδικασία ανακύκλωσης Φ/Β είναι σύνθετη ως προς τις τεχνικές που εφαρμόζονται για την επίτευξή της. Οι βασικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες ανακύκλωσης των φωτοβολταϊκών είναι οι παρακάτω τέσσερις:

- **Μηχανική διεργασία:** εξειδικευμένα μηχανήματα χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις όπως μείωση μεγέθους ή θραύση διαφόρων υλικών καθώς επίσης και στην διαλογή υλικών σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες ανακύκλωσης κ.α.
- **Χημική διεργασία:** αποσκοπεί κυρίως στον διαχωρισμό υλικών ή περιτυλιγμάτων (πολλές φορές σε συνδυασμό με την μηχανική διεργασία). Το κόστος της χημικής διεργασίας είναι υψηλό. Μια χαρακτηριστική μέθοδος χημικής διεργασίας είναι η λιθογραφία (etching) για την απομάκρυνση περιτυλιγμάτων.
- **Θερμική διεργασία:** ο ρόλος της είναι η ρευστοποίηση και σε κάποιες περιπτώσεις εφαρμόζεται σαν μια προεργασία για τον διαχωρισμό υλικών ή και απομάκρυνση περιτυλιγμάτων, χαρακτηριστική μέθοδος είναι η πυρόλυση .
- **Διεργασία μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια:** χρησιμοποιούμε τα απόβλητα για ενέργεια με την βοήθεια τις καύσης. Κάτι τέτοιο μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα θερμικό αντιδραστήρα.

Αυτές οι βασικές τεχνικές χρησιμοποιούνται μόνες τους ή συνδυασμό αυτών προκειμένου να πάρουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν παραπάνω από μια φορές και σε διάφορα χρονικά διαστήματα.

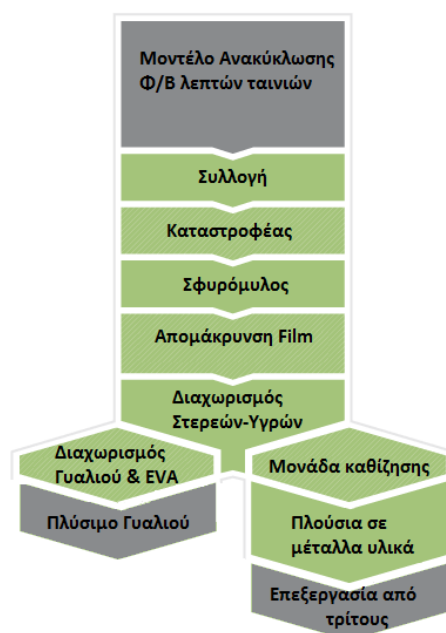
Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι πολύ αποδοτικές και τα ανακυκλώσιμα προϊόντα έχουν πολύ μικρές απώλειες και πολλές από τις απώλειες αυτές μετατρέπονται σε ενέργεια.[9]

2.3.2.2.1 Διαδικασία Ανακύκλωσης Φ/Β λεπτών ταινιών

Για την ανακύκλωση Φ/Β λεπτών ταινιών ακολουθούνται τα παρακάτω στάδια:

- Συλλογή και μεταφορά των φωτοβολταϊκών πάνελ στον **καταστροφέα** (shredder).Ο καταστροφέας σπάει τα φωτοβολταϊκά πάνελ σε μεγάλα κομμάτια και έπειτα αυτά τοποθετούνται στον σφυρόμυλο.
- Ο **σφυρόμυλος** (hammer mill) συνθλίβει τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Τα θραύσματα έχουν μέγεθος 45mm, πράγμα που σημαίνει ότι το μέγεθός τους είναι αρκετά μικρό για να εξασφαλιστεί η αποκόλληση των πλαστικών.
- Μεταφορά των θραυσμάτων σε ένα βραδέος **περιστρεφόμενο τύμπανο** ανοξείδωτου χάλυβα και στην συνέχεια γίνεται προσθήκη οξέος και υπεροξειδίου, για την απομάκρυνση των μεμβρανών.
- Άδειασμα μείγματος σε ταξινομητή όπου ξεχωρίζει το γυαλί και το πλαστικό από τα υπόλοιπα υλικά, καθώς είναι τα μόνα υλικά που παραμένουν στερεά μετά την χημική διεργασία.
- Άντληση υγρών πλούσια σε μέταλλα από μια **μονάδα καθίζησης**, αυτή η μονάδα αντλεί τα μέταλλα σε τρία στάδια με την αύξηση του PH. Στην συνέχεια τα υλικά που έχουν αντληθεί συγκεντρώνονται σε μια δεξαμενή πάχυνσης. Τα πλούσια σε μέταλλα υλικά που προκύπτουν από την διαδικασία, είναι έτοιμα για επεξεργασία από τρίτους.
- Ακολουθεί το πλύσιμο του γυαλιού ώστε να απομακρυνθούν τυχόν υπολείμματα ημιαγωγών ή ταινιών, που είναι πολύ φυσικό να έχουν παραμείνει πάνω του. Το γυαλί μετά το ξέπλυμα είναι καθαρό και είναι έτοιμο για ανακύκλωση Το αποτέλεσμα είναι 94% ανακύκλωση γυαλιού το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε νέα γυάλινα προϊόντα.

Με αυτήν τη διαδικασία επιτυγχάνεται 95% ανακύκλωση των ημιαγωγών υλικών για να χρησιμοποιηθούν σε νέες λειτουργικές μονάδες.[9]-[27]



Εικόνα 2.22: Διαδικασία ανακύκλωσης Φ/Β λεπτών ταινιών

2.3.2.2.2 Διαδικασία Ανακύκλωσης Φ/Β κρυσταλλικού πυριτίου

Για την ανακύκλωση Φ/Β κρυσταλλικού πυριτίου ακολουθούνται τα παρακάτω στάδια:

- Τοποθέτηση Φωτοβολταϊκών σε αντιδραστήρα ρευστοποιημένης κλίνης του οποίου η θερμοκρασία φτάνει τους 600 °C για να γίνει αφαίρεση των πλαστικών εξαρτημάτων του πάνελ με **θερμική επεξεργασία**. Ο EVA (πολύ λεπτό κομμάτι πλαστικού) και η ρητίνη που περικλείουν τα ηλιακά κελιά εξατμίζονται. Το 80% των ηλιακών κυττάρων βγαίνουν μηχανικά άθικτα από αυτήν την διαδικασία και αφού έχει καεί το EVA και η ρητίνη τα κελιά μπορούν να διαχωριστούν φυσικά.
- Αυτόματος διαχωρισμός των ηλιακών κυττάρων (solar cells) από το περιεχόμενο τους που είναι πολύ λεπτά κομμάτια ημιαγωγών πυριτίου(Wafers). Τα σπασμένα κομμάτια ημιαγωγών(Wafers) είναι έτοιμα για την διεργασία κρυσταλλοποίησης. Όσο αφορά όμως τα ηλιακά κελιά χρειάζονται ακόμη ένα στάδιο επεξεργασίας.
- Τα ηλιακά κύτταρα περνούν από **χημική διεργασία** για να αφαιρεθεί το περιτύλιγμα τους, η χημική αυτή διεργασία ονομάζεται λιθογραφία «*etching*». Το «*etching*» είναι μια διαδικασία που επαναλαμβάνεται παραπάνω από μια φορές, μέχρι να απομακρυνθούν τα περιτυλίγματα. Αφού απομακρυνθεί το περιτύλιγμά τους, το αποτέλεσμα των ηλιακών κυττάρων είναι πυρίτιο και είναι έτοιμο για την κρυσταλλοποίηση.
- Τα σπασμένα κομμάτια ημιαγωγών καθώς και τα ηλιακά κελιά θρυμματίζονται, με χρήση βιομηχανικού θρυμματιστή, και τοποθετούνται σε ένα ειδικό δοχείο που αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα υλικά αρχικά τήκονται και τοποθετείτε στο κέντρο της επιφάνειας του δοχείου, ένας κρύσταλλος πυριτίου ο οποίος είναι στην μύτη μιας πολύ λεπτής βέργας(διαδικασία **Κρυσταλλοποίησης**). Με τη πάροδο του χρόνου η θερμοκρασία μειώνεται και αρχίζει να κολλάει το τηγμένο πυρίτιο δημιουργώντας μια ράβδο (ingot) πυριτίου. Η διαδικασία μπορεί να ανακτήσει περισσότερο από το 84% του βάρους της μονάδας εισόδου με καθαρότητα πυριτίου έως 6N των κλασμάτων.[3]-[7]-[9]-[18]



Εικόνα 2.23: Διαδικασία ανακύκλωσης Φ/Β πολυκρυσταλλικού πυριτίου

3. Συστήματα Επιθεώρησης με Ακτίνες X (Σ.Ε.Α.Χ)

3.1 Ακτίνες X & Φασματοσκοπία Φθορισμού (XRF)

Ιστορική Αναδρομή & Περιγραφή Τεχνικής XRF

Οι ακτίνες X μελετήθηκαν και ανακαλύφθηκαν από τον φυσικό *Wilhelm K. Rontgen* (1898). Η φασματοφωτομετρία των ακτίνων X ήταν γνωστή από το 1909 από τον *Charles G. Barkla* αλλά χρησιμοποιήθηκε για τη στοιχειακή ανάλυση μετά το 1950. Ο *Barkla* μελέτησε τη φύση των ακτίνων X σε σχέση με την ατομική δομή του δείγματος. Μετέπειτα, ο *Henry G.J. Moseley* συσχέτισε τη χαρακτηριστική ενέργεια με τον ατομικό αριθμό του στοιχείου και κατέταξε τα στοιχεία στον περιοδικό πίνακα με την αύξηση του ατομικού αριθμού και όχι με το ατομικό βάρος τους. Ο νόμος του *Moseley* αποτέλεσε τη βάση για τη φασματοσκοπία ακτίνων X. Η μεγάλη σημασία της φασματοσκοπίας αναγνωρίστηκε γρήγορα, με αποτέλεσμα τα μισά βραβεία *Nobel* Φυσικής από το 1914-1924 να απονεμηθούν σε επιστήμονες που ασχολήθηκαν με την ανάπτυξη των ακτίνων X. Η πρώτη διάταξη που χρησιμοποιήθηκε ήταν από τους *Friedman* και *Birk* (1947).

Στα πρώτα στάδια μελέτης, η φασματοσκοπία ακτίνων X χρησιμοποίησε ηλεκτρόνια ως πηγή διέγερσης, αλλά οι απαιτήσεις υψηλού κενού, τα ηλεκτρικά αγωγίμα δείγματα και το πρόβλημα της πτητικότητας αποτέλεσαν εμπόδια. Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα, το δείγμα τοποθετήθηκε έξω από τη λυχνία παραγωγής ακτίνων X υπό κενό και σε συνθήκες ψύξης. Η διέγερση του δείγματος οδήγησε στην παραγωγή δευτερογενών ακτίνων X (φθορισμός). Τα πρώτα εμπορικά φασματοφωτόμετρα ήταν διασποράς μήκους κύματος (*Wavelength Dispersive, WD*). Τα φασματοφωτόμετρα αποτελούνταν από μια **λυχνία ακτίνων X** με κάθοδο βολφραμίου, έναν κρύσταλλο που διαχώριζε τα μήκη κύματος του φθορισμού από το δείγμα μέσω της περίθλασης και έναν μετρητή *Geiger* ως **ανιχνευτή**. Στις αρχές της δεκαετίας του '70, τα φασματοφωτόμετρα διασποράς ενέργειας (*Energy Dispersive, ED*) ήταν διαθέσιμα. Τα τελευταία χρόνια, η *XRF* έχει κερδίσει σημαντικό έδαφος με τη χρήση των ημιαγωγών ως ανιχνευτών και την ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων.[10]

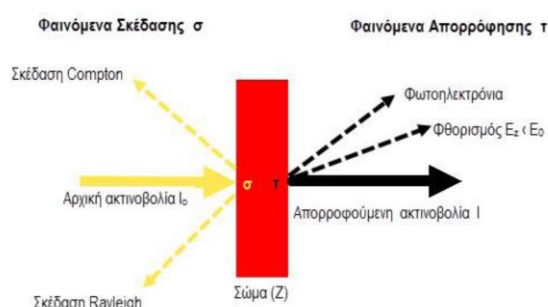
Επεξήγηση Τεχνικής Φασματοσκοπίας Φθορισμού

Εκπέμπεται δέσμη από τη λυχνία που αποτελείται από μικρά μήκη κύματος, που είναι της τάξης των ατομικών αποστάσεων στα στερεά και υγρά υλικά, και σε συνδυασμό με την υψηλή διεισδυτικότητα, καθιστά διαφορετικές τις δυνατότητες ανάλυσης των υλικών. Οι ακτίνες X βρίσκονται ανάμεσα στις ακτίνες -γ και στην υπεριώδη ακτινοβολία στην περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Υπάρχουν διαφορετικές αλληλεπιδράσεις των ακτίνων X με την ύλη όπως η *σκέδαση*, η *απορρόφηση*, η *περίθλαση*, η *εκπομπή* και η *διάθλαση*. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.1.

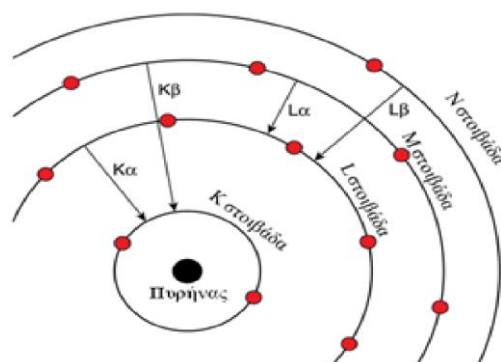
Η ανάλυση των κύριων και δευτερευόντων στοιχείων βασίζεται στην αλληλεπίδραση της χαρακτηριστικής ακτινοβολίας με το υλικό. Στην ακτινοβολήση, τα ηλεκτρόνια απομακρύνονται από το άτομο και παράγουν ιόντα. Οι στιβάδες του ατόμου χαρακτηρίζονται από τα γράμματα K, L, M, N, O. Όταν απομακρύνεται ένα ηλεκτρόνιο από τη στιβάδα K, μεταπίπτει ένα ηλεκτρόνιο από τη στιβάδα L και καλύπτει το κενό (Εικόνα 3.2). Οι K και L γραμμές μετρούνται συνήθως με τη μη καταστρεπτική τεχνική *XRF*, γιατί έχουν τη μεγαλύτερη ενέρ-

γεια. Οι ακτίνες X με τη μεγαλύτερη ενέργεια ονομάζονται άλφα μεταπτώσεις (*alpha transitions*).

Μετάπτωση από τη στιβάδα L καλύπτει το κενό στην K στιβάδα και εκπέμπει $K_{\alpha 1}/K_{\alpha 2}$ ακτινοβολία. Οι L_{α} γραμμές μετρώνται στην περίπτωση των στοιχείων με μεγάλο ατομικό αριθμό και έχουν προκύψει από τη μετάπτωση ενός ηλεκτρονίου από τη M στιβάδα. Από τα φάσματα *XRF* εξάγονται πληροφορίες για την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των δειγμάτων. Γενικά, για τα στοιχεία με μεγάλο ατομικό αριθμό, η τάση ρυθμίζεται από 35 έως 40 kV και η ένταση του ρεύματος από 1 έως 4 mA για την άνοδο Ροδίου ή Ρηνίου. Για τα στοιχεία με μικρό ατομικό αριθμό, τα δεδομένα συλλέγονται με απομάκρυνση των φίλτρων και χαμηλές τιμές δυναμικού (π.χ. 15 kV).[10]



Εικόνα 3.1: Αλληλεπίδραση ακτίνων X με την ύλη[10]



Εικόνα 3.2: Σχηματική αναπαράσταση των μεταπτώσεων λόγω φθορισμού ακτίνων X[10]

Κύρια Μέρη Φασματοφωτόμετρου

▪ Πηγή ακτίνων X

Η παραγωγή ακτίνων X μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ραδιενεργών ισοτόπων διατάξεων σύγχροτρου και λυχνίας παραγωγής. Στα φορητά συστήματα χρησιμοποιείται κυρίως λυχνία παραγωγής ακτίνων X για λόγους ασφαλείας. Η λυχνία παραγωγής ακτίνων X περιλαμβάνει την επιτάχυνση μιας δέσμης ηλεκτρονίων και την πρόσπτωση σε ένα συγκεκριμένο μέταλλο.

▪ Ανιχνευτής

Ο ανιχνευτής μετατρέπει τις ακτίνες X που εκπέμπονται από το δείγμα σε ηλεκτρονικά σήματα, από τα οποία προσδιορίζεται η ενέργεια και η ένταση (αριθμός ακτίνων X). Η βασική κατηγορία ανιχνευτών είναι οι ανιχνευτές στερεάς κατάστασης (*Solid State Detectors, SSD*).[10]

Πλεονεκτήματα Μεθόδου

Η ανάπτυξη της μεθόδου βασίστηκε στην οπτική των ακτίνων Χ, που επιτρέπει την αποτελεσματική διέγερση μικρής περιοχής του δείγματος, αποδίδοντας μια σημαντική ένταση φθορισμού. Ακολουθούν μερικά από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της μεθόδου:

- **Μη καταστροφική.** Τα δείγματα δεν καταστρέφονται και δεν αλλάζουν κατά την έκθεση στις ακτίνες Χ, οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον ως πρότυπα ή να εξεταστούν με άλλες καταστροφικές μεθόδους.
- **Ελάχιστη προετοιμασία.** Σχεδόν όλα τα δείγματα αναλύονται με ελάχιστη ή καθόλου προετοιμασία. Άλλες μέθοδοι απαιτούν διαδικασίες διαλυτοποίησης οι οποίες είναι χρονοβόρες και ακριβές εξαιτίας των αντιδραστηρίων. Σε αρχαιολογικά αντικείμενα δεν απαιτείται εκτενής καθαρισμός, αφού η διεύδυση των ακτίνων Χ δεν εξαρτάται από τα υπολείμματα χρώματος της επιφάνειας. Ο όγκος που αναλύεται είναι μεγαλύτερος από οποιοδήποτε επιφανειακό ρύπο, εκτός από την πατίνα των περισσότερων μετάλλων που μπορεί να αλλάξει τη σύσταση της επιφάνειας και να έχει εσφαλμένα αποτελέσματα.
- **Γρήγορη.** Σε μερικά δευτερόλεπτα η φασματοσκοπία των ακτίνων Χ επιτρέπει τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης.
- **Εύκολος χειρισμός.** Με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή λειτουργούν τα περισσότερα σύγχρονα όργανα, με ένα εύχρηστο λογισμικό για τη λήψη των μετρήσεων και τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων.
- **Οικονομική.** Το κόστος μιας ανάλυσης σε XRF είναι πολύ χαμηλό.

Πολλές είναι οι εφαρμογές της φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων Χ και απαντώνται στην ανάλυση πολλών υλικών όπως πλαστικών, περιβαλλοντικών δειγμάτων, τροφίμων, φαρμάκων, ορυκτών, μετάλλων, κεραμικών, χρωστικών, γυαλιού κ.ά. Πιο συγκεκριμένα τεχνική XRF χρησιμοποιείται ευρέως στις παρακάτω εφαρμογές:

- Ανάλυση εδαφών, ειδικότερα σε αγροτικές και ρυπασμένες περιοχές,
- Παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών σε σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση,
- Έλεγχος των βιομηχανικών διεργασιών για την παραγωγή πρώτων υλών,
- Γεωχημική χαρτογράφηση και έρευνα για τον εντοπισμό ορυκτών αποθεμάτων,
- **Διαχωρισμός των μεταλλικών απορριμμάτων (*scrap*) και πλαστικών με σκοπό να αυξήσουν την αξία των ανακυκλώσιμων υλικών.**[10]

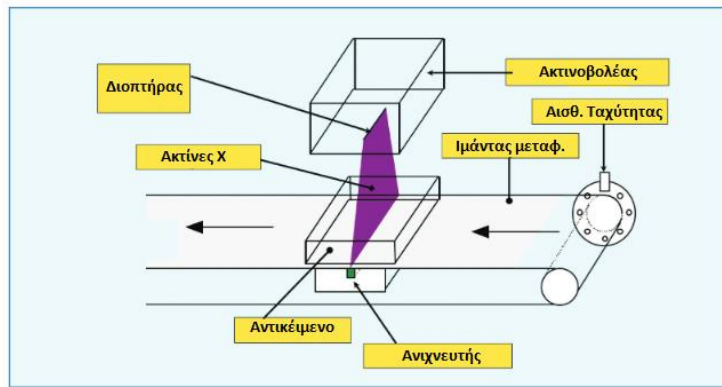
3.2 Σ.Ε.Α.Χ

3.2.1 Εισαγωγή στα Συστήματα Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ

Με την Πάροδο του χρόνου και την ανάπτυξη της τεχνολογίας, οι απαιτήσεις στο σύγχρονο κόσμο για ασφάλεια και η ανάγκη για καλύτερο Έλεγχο ποιότητας προϊόντων οδήγησαν στην κατασκευή συστημάτων Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ. Υπάρχουν μελέτες είδη από το 1970 Συστημάτων επιθεώρησης σε αεροδρόμια για λόγους ασφαλείας και από εκεί εξαπλώθηκαν και σε πολλούς άλλους τομείς με διαφορετική χρήση των Ακτίνων Χ. Όπως αναφέρεται και στην ονοματολογία του, το μηχάνημα χρησιμοποιεί Ακτίνες Χ για τον εντοπισμό είτε αστοχίας υλικού είτε ανεπιθύμητων αντικειμένων καθώς και για την εύρεση χημικών στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα εντοπίζει ασυνέπειες στα υλικά σε μια συσκευασία ή σε μια ροή προϊόντος που διέρχεται από ένα δεδομένο σημείο. Μπορεί να ανιχνεύσει κόκκαλα, πέτρες, γυαλί διάφορα μέταλλα καθώς και πολλά πλαστικά, όπως το νάιλον, το PVC και το Teflon. Το ελάχιστο μέγεθος σωματιδίων που μπορεί να ανιχνεύσει ποικίλλει από το ένα υλικό σε ένα άλλο, και επίσης εξαρτάται από την ευαισθησία του συστήματος. Το Σύστημα πέρα από τα ξένα σώματα μπορεί να εντοπίσει κενές συσκευασίες, σπασμένα ή ελλιπή προϊόντα. Τα προς επιθεώρηση αντικείμενα εμφανίζονται με σαφήνεια, ανοίγοντας ολόκληρους τομείς στην ποιότητα ελέγχου και στην ασφάλεια. Η επιθεώρηση ακτίνων Χ μπορεί επίσης να πραγματοποιήσει μια σειρά άλλων ελέγχων, από την εκτίμηση βάρους του τεμαχίου μέχρι και στη μέτρηση περιεκτικότητας λίπους σε κρέατα. [28]

Λειτουργία

Ένα σύστημα επιθεώρησης ακτίνων Χ έχει τρία βασικά μέρη: μια πηγή ακτίνων Χ (**ακτινοβολέας**), έναν αισθητήρα που προσδιορίζει την ενέργεια και την ένταση της ακτινοβολίας (**ανιχνευτής**) και έναν **υπολογιστή** υψηλής ταχύτητας για την επεξεργασία των δεδομένων. Το προς επιθεώρηση αντικείμενο εισέρχεται εντός του συστήματος και μεταφέρεται με ιμάντα μεταφοράς στο σημείο πρόσπτωσης των ακτίνων Χ με συνεχόμενη λειτουργία. Οι ακτίνες Χ δημιουργούνται από ένα ειδικό γυάλινο σωλήνα που ψύχεται. Όταν εφαρμόζεται υψηλή τάση στο σωλήνα, δημιουργούνται ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια χτυπούν το προς επιθεώρηση αντικείμενο και ανάλογα το πάχος και το υλικό του, το διαπερνά διαφορετική ποσότητα ηλεκτρονίων καθώς η απορροφητικότητα αλλάζει. Στη συνέχεια ο ανιχνευτής μετατρέπει τη δέσμη ακτίνων Χ σε ηλεκτρονική μορφή όπου μπορεί να μεταφερθεί σε έναν υπολογιστή για επεξεργασία. Τέλος το αντικείμενο μεταφέρεται στην έξοδο μέσω του ιμάντα. Για τη μείωση θορύβου από άλλες φωτεινές πηγές καθώς και για την ομοιόμορφη διάχυση των ακτίνων Χ, στο χώρο επιθεώρησης πραγματοποιούνται μέθοδοι διόρθωσης τις φωτεινότητας. Ανάλογα το είδος του Σ.Ε.Α.Χ που χρησιμοποιείται, πέρα από την επιθεώρηση, το σύστημα μπορεί να πραγματοποιήσει διάφορες άλλες εργασίες, όπως απόρριψη ακατάλληλου προϊόντος σε γραμμή παραγωγής, αναφορά ανάλυσης σύστασης αντικειμένου και στην παρούσα εργασία προτείνεται ο διαχωρισμός θρυμμάτων από ΑΗΗΕ.[11]-[19]



Εικόνα 3.3: Βασική διάταξη Σ.Ε.Α.Χ

3.2.2 Κατηγορίες Συστημάτων Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ

Το βασικότερο χαρακτηριστικό που διαμορφώνει ένα Σ.Ε.Α.Χ κατά τη διάρκεια σχεδίασης του, είναι το είδος αντικειμένου προς επιθεώρηση. Πιο συγκεκριμένα, δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μηχάνημα για να ελέγξει συσκευασμένο φαγητό (π.χ. δημητριακά) αλλά και ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα (π.χ. Ολοκληρωμένο κύκλωμα) αφού στο τελευταίο απαιτείται υψηλότερη ευκρίνεια και λεπτομερέστερη αναπαράσταση του αντικειμένου για τυχόν αστοχίες υλικού. Έτσι με έρευνα στα συστήματα επιθεώρησης που υπάρχουν, μπορούμε να τα χωρίσουμε σε 3 μεγάλες κατηγορίες:

- Σ.Ε.Α.Χ Αυτόματου εφοδιασμού
- Σ.Ε.Α.Χ Μη αυτόματου εφοδιασμού
- Φορητά & Κινητά Σ.Ε.Α.Χ

3.2.2.1 Σ.Ε.Α.Χ Αυτόματου εφοδιασμού

Όπως προαναφέρθηκε και πιο πάνω, πέρα από τα βασικά μέρη των Σ.Ε.Α.Χ που είναι ο ακτινοβολέας, ανιχνευτής και ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής για τη επεξεργασία των δεδομένων, τα συστήματα αυτά αποτελούνται και από **ιμάντες μεταφοράς**. Έτσι επιτυγχάνεται αυτοματοποιημένη είσοδος και έξοδος του προς επιθεώρηση αντικειμένου και παράλληλα υψηλή απόδοση. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα:

Σ.Ε.Α.Χ Μεταλλικών Δοχείων & Μπουκαλιών

Διαθέτει υψηλής ταχύτητας οριζόντιας δέσμης ακτίνων Χ και έχει τη δυνατότητα ελέγχου ψηλών και όρθιων συσκευασιών όπως μπουκάλια και μεταλλικά δοχεία. Το λογισμικό του είναι προγραμματισμένο να ανιχνεύει αντικείμενα σε όλες τις δυνατές περιοχές τις συσκευασίας, γρήγορα ώστε να απορρίπτει τα ακατάλληλα.[21]



Εικόνες 3.4-3.5: Σ.Ε.Α.Χ Μεταλλικών Δοχείων & Μπουκαλιών της εταιρίας Thermofisher

Σ.Ε.Α.Χ Συσκευασμένων προϊόντων

Το σύστημα έχει μεγάλο άνοιγμα εισόδου και περισσότερο χώρο εντός του, για μεγάλα προϊόντα, όπως, σακίδια (ζωοτροφές), τσάντες και δίσκους. Είναι ιδανικό για επιθεώρηση στο τέλος της παραγωγικής διαδικασίας και το σύστημα μπορεί επίσης να αναλύσει μια εικόνα ακτίνων Χ για να εκτιμήσει το βάρος ή την πλήρωση της συσκευασίας, καθώς και να μετρήσει ή να ανιχνεύσει αν η συσκευασία περιέχει το επιθυμητό προϊόν. Ο ανιχνευτής του συστήματος λειτουργεί σε διαφορετικές αναλύσεις (0,8 / 0,4mm) και σε ένα εύρος τιμών θερμοκρασίας από 5 ° C έως 40 ° C.[21]



Εικόνες 3.6-3.7: Σ.Ε.Α.Χ Συσκευασμένων προϊόντων της εταιρίας Thermofisher

Σ.Ε.Α.Χ Μη συσκευασμένων προϊόντων

Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να επιθεωρεί τα προσχηματισμένα μη συσκευασμένα τρόφιμα όπως χάμπουργκερ, κομμάτια κοτόπουλου και αρτοσκευάσματα από μολυσματικά ξένα σώματα όπως οστά, γυαλί και μέταλλα. Σαρώνουν και εντοπίζουν οποιεσδήποτε ανωμαλίες στη μάζα ή το σχήμα. Η δυνατότητα επιθεώρησης ακτίνων Χ ελαχιστοποιεί τα απόβλητα και μεγιστοποιεί την παραγωγικότητα.[23]



Εικόνες 3.8-3.9: Σ.Ε.Α.Χ Μη συσκευασμένων προϊόντων της εταιρίας Mettler Toledo

Σ.Ε.Α.Χ Χύμα προϊόντων

Υλικά όπως σπόροι, καρύδια, φρούτα και λαχανικά επιθεωρούνται με αυτό του είδος Σ.Ε.Α.Χ. Το σύστημα διαχωρίζει τα ανεπιθύμητα ξένα αντικείμενα όπως μέταλλα, πέτρες, πλαστικά και γυαλί παρέχοντας άμεση εξοικονόμηση κόστους. Χαρακτηρίζονται ως ευέλικτα αφού μπορούν να επιθεωρήσουν οποιοδήποτε βρώσιμο προϊόν με το ισχυρό λογισμικό που διαθέτουν.[21]



Εικόνες 3.10-3.11: Σ.Ε.Α.Χ Χύμα προϊόντων της εταιρίας Thermofisher

Σ.Ε.Α.Χ Πακέτων και Αποσκευών (Ασφάλεια)

Είναι ένα εξελιγμένο σύστημα επιθεώρησης ακτίνων Χ με διπλή δέσμη για αυτόματη ανίχνευση στερεών και υγρών εκρηκτικών σε προσωπικά αντικείμενα και χειραποσκευές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο των εισερχόμενων αποσκευών κυρίως σε αεροδρόμια αλλά και σε κτήρια που απαιτείται υψηλή ασφάλεια.[29]



Εικόνα 3.12: Σ.Ε.Α.Χ Πακέτων και Αποσκευών της εταιρίας Smiths Detection

Σ.Ε.Α.Χ Μεγάλων Φορτίων (Ασφάλεια)

Το σύστημα έχει σχεδιαστεί ειδικά για να ικανοποιεί τις ανάγκες και τις εφαρμογές των αποθηκών, των μεταφορέων και των ταχυμεταφορών για αεροδρόμια (παλέτες με φορτία). Χρησιμοποιεί διπλή δέσμη ακτίνων Χ και μειώνει τους χρόνους επιθεώρησης. Χαρακτηρίζεται από την ικανότητα διείσδυσης σε ατσάλι 37 χιλιοστών (mm) αλλά και προηγμένου λογισμικού για διακρίσεις υλικών.[29]



Εικόνα 3.13: Σ.Ε.Α.Χ Μεγάλων Φορτίων της εταιρίας Smiths Detection

3.2.2.2 Σ.Ε.Α.Χ Μη αυτόματου εφοδιασμού

Σε αυτή την κατηγορία Συστημάτων Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ γίνεται μεμονωμένος έλεγχος του αντικειμένου με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια διαστάσεων και μορφολογίας για τυχών αστοχίες στην κατασκευή και στην σύνθεση του προς επιθεώρηση αντικειμένου. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει ιμάντας τροφοδοσίας αλλά το αντικείμενο τοποθετείται ένα ένα στο χώρο ελέγχου. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων.

Σ.Ε.Α.Χ Αυτοκινητοβιομηχανίας

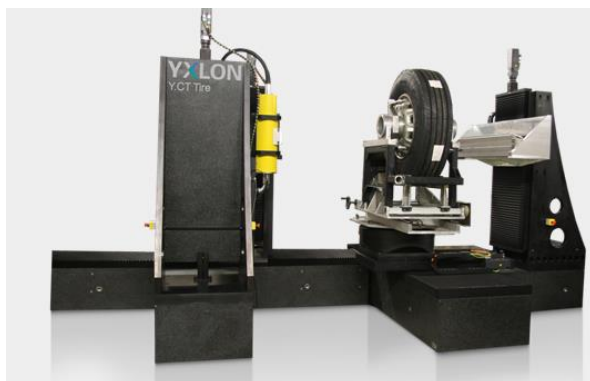
Η επιθεώρηση με Ακτίνες Χ παίζει ζωτικό ρόλο στην αυτοκινητοβιομηχανία. Τα συστήματα επιθεώρησης χρησιμοποιούνται ευρέως σε διαδικασίες διασφάλισης ποιότητας και ανάπτυξης στο τομέα αυτό. Τα εξαρτήματα ελέγχονται σύμφωνα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις και τους κανονισμούς ασφαλείας για να διασφαλιστεί η ποιότητα και η πληρότητα των προδιαγραφών. Ακολουθούν ονομαστικά οι τομείς που χρησιμοποιούνται Σ.Ε.Α.Χ:

- Τομέας Ελαστικών
- Τομέας Ζαντών
- Τομέας Ηλεκτρομηχανικών εξαρτημάτων
- Τομέας εξαρτημάτων Αμαξώματος

Σ.Ε.Α.Χ Παραγώγων Χυτηρίου

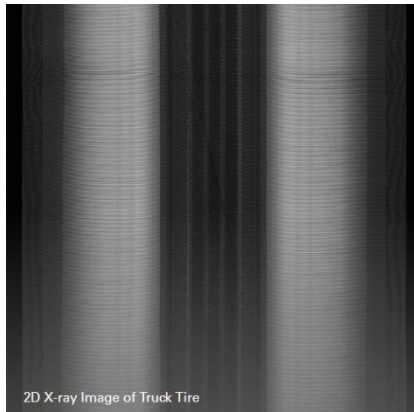
Συχνά παρατηρούνται αστοχίες κατά τη χύτευση υλικών όπως σίδηρο, αλουμίνιο, μαγνήσιο ή ψευδάργυρο. Αυτά τα ελαττώματα περιλαμβάνουν σχηματισμό πόρων και κυψελών, θερμική πυρόλυση, μεταβολές διαστάσεων και εγκλείσματα. Έτσι χρησιμοποιούνται Σ.Ε.Α.Χ που προσφέρουν εξακρίβωση τυχών φυσαλίδων ή πόρων, γεωμετρική μέτρηση της δομής καθώς και ανάλυση πάχους του παραγόμενου προϊόντος από χυτήρια. Πιο συγκεκριμένα μερικά από τα προϊόντα που επιθεωρούνται είναι:

- Έμβολα Μηχανών
- Δισκόπλακες φρένων
- Κινητήρες εσωτερικής καύσης
- Εξαρτήματα αναρτήσεων

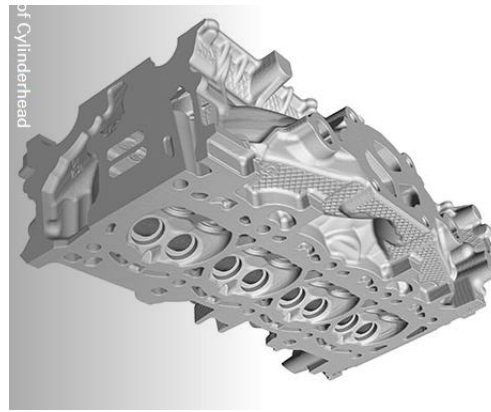


Εικόνες 3.14-3.15: Σ.Ε.Α.Χ Αυτοκινητοβιομηχανίας & Παραγώγων Χυτηρίου της εταιρίας YXLON

Όπως αναφέρθηκε τα Σ.Ε.Α.Χ χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό κατασκευαστικών σφαλμάτων μέσω της ακτινοβολίας του προς επιθεώρηση αντικειμένου με Ακτίνες Χ. Για την καλύτερη κατανόηση ακολουθούν 2 εικόνες του πώς αποτυπώνεται το προϊόν.[22]



Εικόνα 3.16: αποτύπωση Ελαστικού



Εικόνα 3.17: αποτύπωση Κινητήρα εσωτερικής καύσης

Σ.Ε.Α.Χ Επιστήμης και Έρευνας

Τα συστήματα σε αυτό το κλάδο είναι ιδιαίτερως απαιτητικά, εξειδικευμένα και ευπροσάρμοστα αφού πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να καλύπτουν μεγάλο εύρος ως προς το μέγεθος αλλά και το υλικό του αντικειμένου που επιθεωρείται. Ακολουθούν ονομαστικά οι τομείς χρήσης των Σ.Ε.Α.Χ:

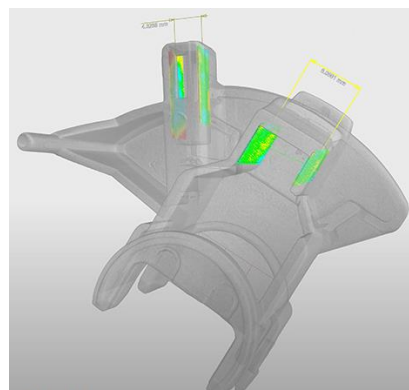
- Πολιτιστικός & Αρχαιολογικός (π.χ. Αναπαλαίωση)
- Τομέας Υλικών
- Τομέας Γεωλογίας
- Τομέας Βιολογίας

Σ.Ε.Α.Χ Μετρολογίας

Η Μετρολογία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τις μετρήσεις, τα όργανα μέτρησης, την αξιοπιστία των οργάνων και των μετρήσεων, τις μονάδες μέτρησης και γενικότερα με ότι αφορά στον ακριβή και αποδεκτό προσδιορισμό των τιμών των μεγεθών που προσδιορίζουν τις ιδιότητες των σωμάτων ή των συστημάτων. Τα συστήματα επιθεώρησης επιτυγχάνουν μέτρηση διαστάσεων, παρέχουν ακριβή δεδομένα για τη χαρτογράφηση της επιφάνειας και την απεικόνιση της σε 3D μορφή. Χαρακτηρίζονται για τα έγκυρα αποτελέσματα και την αύξηση της παραγωγικότητας για την εξασφάλιση της μελλοντικής ποιότητας των προϊόντων σε μια βιομηχανία.[22]



Εικόνα 3.18: Σ.Ε.Α.Χ Επιστήμης, Έρευνας και Μετρολογίας της εταιρίας YXLON



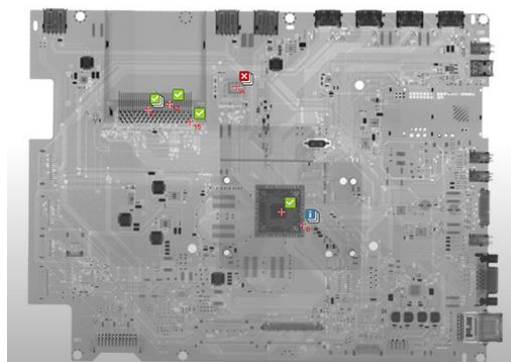
Εικόνα 3.19: Μετρολογική επιθεώρηση αντικειμένου χύτευσης με έγχυση

Σ.Ε.Α.Χ Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων

Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα καθίστανται ολοένα και πιο μικροσκοπικά. Νέες και καινοτόμες τεχνικές τοποθέτησης χρησιμοποιούνται στη τεχνολογία ημιαγωγικών υλικών. Τα συστήματα επιθεώρησης ακτίνων Χ σχεδιάζονται για να πληρούν τις απαιτήσεις για ασφαλή, αξιόπιστη και μη καταστρεπτική δοκιμή ηλεκτρονικών, μικροηλεκτρονικών και ηλεκτρομηχανικών προϊόντων.



Εικόνα 3.20: Σ.Ε.Α.Χ Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων της εταιρίας YXLON



Εικόνα 3.21: Απεικόνιση Ηλεκτρονικής πλακέτας

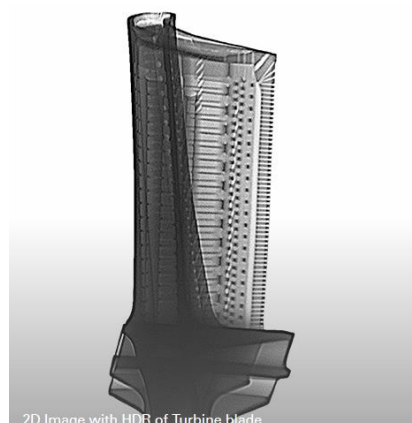
Σ.Ε.Α.Χ Αεροδιαστημικής & Αεροναυπηγικής Βιομηχανίας

Τα συστήματα επιθεώρησης ακτίνων Χ βιομηχανίας με μη καταστρεπτικούς ελέγχους σχεδιάζονται για να ανταποκρίνονται στα πιο κρίσιμα πρότυπα αεροδιαστημικής & αεροναυπηγικής και να εξασφαλίζουν την ασφαλή και αξιόπιστη επιθεώρηση των εξαρτημάτων και υλικών του αεροσκάφους[22]. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα:

- Πτερύγια στροβλοκινητήρα
- Χυτά Μέρη
- Σύνθετα Υλικά
- Αγωγοί & Σωλήνες



Εικόνα 3.22: Σ.Ε.Α.Χ Αεροδιαστημικής & Αεροναυπηγικής Βιομηχανίας της εταιρίας YXLON



Εικόνα 3.23: Απεικόνιση Πτερύγια στροβλοκινητήρα

Φορητό Σ.Ε.Α.Χ Ηλεκτροκόλλησης

Κατασκευασμένα σύμφωνα με τα υψηλότερα διεθνή πρότυπα ασφαλείας, κάθε μονάδα δοκιμάζεται ξεχωριστά ως προς την ασφάλεια και την ακρίβεια. Η πανοραμική δέσμη ακτίνων βοηθάει την επιθεώρηση συγκόλλησης κυλινδρικών δοχείων και σωλήνων. Λόγω της μεγάλης ισχύς του έχει υψηλή διεισδυτικότητα στο προς επιθεώρηση αντικείμενο κάτι που επιτυγχάνει αυξημένες επιδόσεις.[22]



Εικόνα 3.26: Σ.Ε.Α.Χ Ηλεκτροκόλλησης της εταιρίας YXLON



Εικόνα 3.27:Αγωγοί επιθεώρησης ηλεκτροκόλλησης

Κινητό Σ.Ε.Α.Χ Αποσκευών και φορτίων

Ένα κινητό Σ.Ε.Α.Χ Αποσκευών και φορτίων αποτελείται από ένα σύστημα επιθεώρησης ενσωματωμένο σε ένα όχημα με προσαρμοσμένο αμάξωμα. Έχει σχεδιαστεί για φόρτωση και εκφόρτωση αποσκευών, φορτίων και δεμάτων για τελωνειακούς ελέγχους ή λόγους ασφαλείας. Κύριο χαρακτηριστικό είναι ένας ιμάντας μεταφοράς για τη διευκόλυνση στη μετακίνηση του προς επιθεώρηση αντικειμένου.[29]



Εικόνα 3.28:Κινητό Σ.Ε.Α.Χ Αποσκευών και φορτίων της εταιρίας Smiths Detection

3.2.3 Πλεονεκτήματα και Ασφάλεια Σ.Ε.Α.Χ

Πλεονεκτήματα Συστημάτων Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ

Τα Συστήματα Επιθεώρησης παρουσιάζουν πολλά θετικά χαρακτηριστικά και για αυτό χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα. Τα κυριότερα είναι:

- Εύκολα στη χρήση και οικονομικά προσιτά σε σύγκριση με παλιότερους ακτινοβολείς οι οποίοι ήταν δαπανηροί και πολύπλοκοι στη λειτουργία. Αυτό επιτεύχθηκε με την αύξηση ευαισθησίας στους ανιχνευτές και μείωση της ισχύος της πηγής.
- Αποτέλεσμα της μείωσης ισχύος της πηγής, οι απαιτήσεις θωράκισης του συστήματος είναι λιγότερες, οι μηχανές είναι πιο ασφαλείς και η θερμοκρασία στον ακτινοβολέα είναι χαμηλότερη.
- Δυνατότητα καταμέτρησής επιθεωρημένων προϊόντων, υπολογισμός μάζας, μεγάλη απόδοση σε υψηλές ταχύτητες καθώς και σύνδεσης με κεντρικό σύστημα για αυτόματη προσαρμογή λειτουργίας του μηχανήματος.
- Παράγουν εικόνες όπου η ένταση είναι ανάλογη με την πυκνότητα του υπό επιθεώρηση αντικειμένου. Με αλγόριθμους σύγχρονης όρασης, είναι δυνατό να αναλυθούν αυτές οι εικόνες με μεγάλη ταχύτητα.
- Τα Σ.Ε.Α.Χ που βρίσκονται σε γραμμή παραγωγής έχουν τη δυνατότητα ελέγχου ελλατωματικής συσκευασίας και ακεραιότητας των προϊόντων με στόχο την απόρριψη όσων απαιτείται.
- Τα Σ.Ε.Α.Χ για χύμα προϊόντα προς επιθεώρηση έχουν άριστα αποτελέσματα εντοπισμού ανεπιθύμητων αντικειμένων είτε μεταλλικών είτε μη μεταλλικών, ειδικά αν συγκριθούν με παλαιότερες τεχνικές π.χ. κόσκινα, μαγνήτες και ανιχνευτές μετάλλων.
- Τα Σ.Ε.Α.Χ ελέγχου μεμονωμένων αντικειμένων έχουν τη δυνατότητα 3D αναπαράστασης για τυχόν αστοχίες στο εσωτερικό τους.
- Σ.Ε.Α.Χ τύπου XRF προσφέρουν μείωση του αριθμού των δειγμάτων που αποστέλλονται για εργαστηριακή ανάλυση αφού αναλύουν ταχύτατα μεγάλο εύρος χημικών στοιχείων.[21]-[25]

Ασφάλεια Σ.Ε.Α.Χ ως προς Ακτινοβολία

Τα συστήματα επιθεώρησης δεν χρησιμοποιούν μη ασφαλή ραδιενεργά υλικά για τη δημιουργία δέσμης ακτίνων Χ. Αντίθετα, βασίζονται σε σωλήνες που τη παράγουν ηλεκτρικά. Η δέσμη κατευθύνεται στο αντικείμενο που επιθεωρείται και ένας ψηφιακός ανιχνευτής στην άλλη πλευρά του αντικειμένου δέχεται και μετατρέπει την ακτινοβολία σε ηλεκτρονικά σήματα, όπως προαναφέρθηκε πιο πάνω. Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος, σε αντίθεση με ένα που χρησιμοποιεί ραδιενεργά υλικά για πηγή, είναι ότι η ενέργεια των ακτίνων Χ σταματά αμέσως μόλις απενεργοποιηθεί ο σωλήνας.

Αν και παράγεται ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της κανονικής χρήσης τους, ένας εργαζόμενος που στέκεται στην οθόνη ελέγχου του μηχανήματος πιθανότατα δεν θα λάβει καμία ακτινοβολία λόγω της θωράκισης. Στην πραγματικότητα, τα μηχανήματα εκπέμπουν 0,1 mrem ανά ώρα ή λιγότερο και αυτό συνήθως στην είσοδο ή στην έξοδο, του αντικειμένου προς επιθεώρηση, όπου δεν παρευρίσκονται οι εργαζόμενοι. Πολλαπλασιάζοντας την εκ-

πεμπόμενη ακτινοβολία των 0,1 mrem/s ανά ώρα, με τη διάρκεια εργασίας μιας εβδομάδας (40 ώρες) και στη συνέχεια με το σύνολο των εβδομάδων ετησίως (50 εβδομάδες), συνεπάγεται ότι στη χειρότερη δυνατή περίπτωση ένας εργαζόμενος θα εκτεθεί σε 200 επιπλέον mrem/s ετησίως. Εσθήτα χαμηλότερη τιμή απορροφημένης ακτινοβολίας από τα 5000 mrem/s που έχει δηλωθεί από τη Διεθνή επιτροπή Ακτινοπροστασίας.

Παρακάτω παρατίθενται ορισμένες από τις πιο σημαντικές **οδηγίες σχεδίασης** και **κατασκευής** που ακολουθούνται στα Σ.Ε.Α.Χ για να επιτευχθεί υψηλή ασφάλεια[21]:

- Δεν επιτρέπεται να διαφεύγουν από το σύστημα περισσότερο από 1,0 microsieverts ακτινοβολίας σε απόσταση μικρότερη των 5 εκατοστών από το μηχάνημα. Σημειώνεται ότι το όριο της FDA στις ΗΠΑ είναι 5 microsieverts (.5 Mrem / ώρα) στα 5 εκατοστά, και το όριο της UK IRR 1999 είναι 1 microsievert στα 10 εκατοστά, οπότε αυτές οι τιμές είναι τα χειρότερα δυνατά αποδεκτά σενάρια ως προς τη διαφυγούσα ακτινοβολία.
- Κατασκευή λαμαρινών κάλυψης εξωτερικά του Σ.Ε.Α.Χ και παράλληλα επένδυση του εσωτερικού με ανοξείδωτο χάλυβα ή μολυβδο.
- Χρήση πολλαπλών στρωμάτων από κουρτίνες, στην είσοδο και στην έξοδο, για δέσμευση της ακτινοβολίας σε Σ.Ε.Α.Χ γραμμής παραγωγής προϊόντων.
- Για πρόσβαση στο λειτουργικό σύστημα και παράλληλα στην ενεργοποίηση του μηχανήματος απαιτείται χρήση ειδικού κλειδιού. Επιπλέον σε τυχόν άνοιγμα κάποιου καλύμματος για καθαρισμό και συντήρηση, το σύστημα απενεργοποιείται αυτόματα.
- Περιέχεται κλειδί απενεργοποίησης όπου σε περίπτωση που εντοπιστεί κάποιο πρόβλημα το σύστημα δεν ενεργοποιείται πριν την επισκευή.
- Προειδοποιητική Σήμανση στην είσοδο και έξοδο του συστήματος επιθεώρησης για εκπεμπόμενη ακτινοβολία.
- Κάθε μηχανή δοκιμάζεται λειτουργικά και ελέγχονται τα επίπεδα διαφυγούσας ακτινοβολίας μετά την κατασκευή και πριν από την αποστολή στον πελάτη.



Εικόνα 3.29: 1.Κλειδί απομάκρυνσης λαμαρινών για συντήρηση
2. Κλειδί ενεργοποίησης Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 3.30: 3.Πολλαπλά στρώματα
κουρτινών

Επεξήγηση Ορολογίας

Έκθεση ακτινοβολίας

Η έκθεση είναι ένας όρος που ορίζει την ποσότητα της ιονίζουσας ακτινοβολίας που πλήττει ζωντανό ή άψυχο υλικό. (Πρόκειται για γενικό ορισμό. Στη Ιατρική φυσική, η έκθεση ορίζεται συγκεκριμένα ως μέτρο ιοντισμού στον αέρα που προκαλείται μόνο από ακτινοβολία ακτίνων Χ ή ακτινοβολία γάμμα.)

Δόση

Ως δόση ορίζεται η ποσότητα της απορροφημένης ακτινοβολίας ή ενέργειας. Η δόση μπορεί να αναφέρεται στα ακόλουθα:

- απορροφημένη δόση, η ποσότητα ενέργειας που κατατέθηκε ανά μονάδα μάζας. ισοδύναμη δόση,
- η απορροφημένη δόση προσαρμοσμένη για τη σχετική βιολογική επίδραση του τύπου της ακτινοβολίας που μετράτε.

Roentgen

Roentgen (R) είναι μια μονάδα μέτρησης έκθεσης της ιονίζουσας ακτινοβολίας και δείχνει την ισχύ της ιονίζουσας ακτινοβολίας. Ένα Roentgen είναι η ποσότητα ακτίνων Χ που απαιτείται για την παραγωγή ιόντων που φέρουν 1 ηλεκτροστατική μονάδα ηλεκτρικού φορτίου σε 1 κυβικό εκατοστό ξηρού αέρα υπό κανονικές συνθήκες.

Απορροφημένη δόση Roentgen (rad)

Η απορροφημένη δόση Roentgen (rad) είναι η βασική μονάδα απορροφημένης ακτινοβολίας. Μια δόση 1 rad σε ένα αντικείμενο σημαίνει ότι κάθε γραμμάριο του αντικειμένου έλαβε 100 ergs ενέργειας ή $1 \text{ rad} = 100 \text{ ergs} / \text{γραμμάριο}$.

Roentgen Equivalent Man (rem)

Roentgen Equivalent Man (rem) είναι η βασική μονάδα ισοδύναμης δόσης και συνδέει την απορροφημένη δόση στον ανθρώπινο ιστό με το βιολογικό αποτέλεσμα της ακτινοβολίας. Δεν έχουν όλες οι ακτινοβολίες την ίδια βιολογική επίδραση, ακόμη και για την ίδια ποσότητα απορροφημένης δόσης.[30]

4. 3D Σχεδιασμός Σ.Ε.Α.Χ για Ανακύκλωση ΗΗΕ

Στα πλαίσια του Εργαστηρίου Μελέτης Σχεδίασης με χρήση Η/Υ (CAD) του Πολυτεχνείου Κρήτης (CADLab) προτάθηκε ο σχεδιασμός Συστήματος Επιθεώρησης με Ακτίνες Χ για το διαχωρισμό Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού και συνάμα Φωτοβολταϊκών πάνελ. Όπως παρατηρήσαμε στο Κεφάλαιο 3.2 τα Σ.Ε.Α.Χ χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας αλλά και των μεταφορών. Λαμβάνοντας υπόψη και τις σημερινές Τεχνικές Ανακύκλωσης ΑΗΗΕ όπως αναφέρονται στο Κεφάλαιο 2.3, **αντίστοιχο Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού για ΑΗΗΕ δεν υπάρχει, κάτι που αποτελεί καινοτόμος ιδέα**. Ένα τέτοιο σύστημα έχει τα πλεονεκτήματα συγκρίνοντάς το με άλλες διαδικασίες διαχωρισμού υλικών αποβλήτων, το χαμηλό κόστος, το μικρό χρόνο διεργασίας καθώς και τη **βέλτιστη οικονομική διαχείριση, επεξεργάζοντας μειωμένες και συγκεκριμένες ποσότητες μετάλλων** αντί για ένα μείγμα πλούσιο σε μέταλλα όπως υπάρχει σε σημερινές διαδικασίες ανακύκλωσης. Έτσι επιτυγχάνεται εξειδικευμένη ανακύκλωση π.χ. καδμίου, χαλκού κ.α.

Μελετώντας τρόπους ανακύκλωσης Φ/Β, παρατηρήθηκε ότι ανάλογα τη διαδικασία Ανακύκλωσης ενδείκνυται η χρήση διαφορετικού Σ.Ε.Α.Χ. Το πρώτο σύστημα (**Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ**) προτείνεται για γραμμή ανακύκλωσης που χρησιμοποιεί καταστροφέα (shredder) όπου το ΑΗΗΕ και στην συγκεκριμένη περίπτωση το πάνελ θρυμματίζεται. Στην περίπτωση όπου θέλουμε να εντοπίσουμε τα υλικά κατασκευής του Φ/Β και σε δεύτερη φάση την ανακύκλωση του, ένα δεύτερο σύστημα (**Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών**) σκανάρει ολόκληρα πάνελ πριν την διαδικασία της θρυμματοποίησης με σκοπό την κατηγοριοποίησή τους.

4.1 Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ

4.1.1 Πρότυπο Σχεδιασμού και Λειτουργίας

Λαμβάνοντας υπόψη το είδος του προς επιθεώρηση αντικειμένου (θρύμματα) και παρατηρώντας ότι αυτό καθορίζει το τρόπο λειτουργίας και σχεδιασμού ενός Συστήματος Επιθεώρησης, το πιο κοντινό λειτουργικά σύστημα είναι το Σ.Ε.Α.Χ *Χύμα προϊόντων* της κατηγορίας αυτόματου εφοδιασμού. Το Thermo Scientific Xpert B600 X-Ray Inspection System (Εικόνα: 3.10) αποτέλεσε πιλοτικό μοντέλο για τη κατανόηση των μηχανισμών και το σχεδιασμό του Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ[21]. Τα βασικά χαρακτηριστικά του Xpert B600 είναι:

- **Είσοδος** χύμα προϊόντων για τροφοδοσία του συστήματος
- **Σύστημα μέτρησης** για διασφάλιση επιθυμητού ύψους προϊόντων
- **Οδηγοί** προϊόντων για ομαλή ροή
- **Η/Υ και Λογισμικό** για ανίχνευση ανεπιθύμητων υλικών
- **Μηχανισμός απόρριψης** ανεπιθύμητων υλικών από τη γραμμή παραγωγής

4.1.2 Παρουσίαση & Περιγραφή Λειτουργίας

Το Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού αποτελεί μια καινοτόμο πρόταση στο τομέα της Ανακύκλωσης ΑΗΗΕ και παράλληλα των Φωτοβολταϊκών Πάνελ. Η θέση του στη γραμμή ανακύκλωσης είναι μετά τη διαδικασία θρυμματοποίησης αποσκοπώντας στο καλύτερο και γρηγορότερο διαχωρισμό των αποβλήτων σε 3 Κατηγορίες. Αυτές προέκυψαν από τα Νομοθετικά πλαίσια όσο αφορά τα επικίνδυνα και μη χημικά στοιχεία που ευρίσκονται σε απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Οι κατηγορίες διαχωρισμού είναι:

- **Επικίνδυνα Ανακυκλώσιμα**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν Χημικά Στοιχεία όπως Ίνδιο, Κάδμιο, Γάλλιο, Σελένιο. Με τη διαδικασία του διαχωρισμού τα στοιχεία αυτά αντί να διαφύγουν στο περιβάλλον μέσω της υγειονομικής ταφής, συλλέγονται και επαναχρησιμοποιούνται για νέο Ηλεκτρικό και Ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

- **Μη επικίνδυνα Ανακυκλώσιμα**

Εδώ ταξινομούνται στοιχεία όπως Αλουμίνιο, Χαλκός, Χρυσός, Πυρίτιο και γενικότερα στοιχεία, μη τοξικά, σπάνια και μη, με στόχο την επαναχρησιμοποίησή τους.

- **Μη Ανακυκλώσιμα**

Σε αυτήν την κατηγορία κατατάσσονται υλικά τα οποία δεν ανακυκλώνονται όπως πολλά είδη πλαστικού, είτε από καλύμματα είτε από συνδετικά υλικά, και οδηγούνται στη ελεγχόμενη καύση για την παραγωγή ενέργειας.

Το σύστημα αποτελείται από 7 βασικά μέρη:

- Είσοδος Θρυμμάτων
- Ιμάντας Μεταφοράς
- Οδηγοί Ιμάντα Μεταφοράς
- Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
- Ακτινοβολέας
- Ανιχνευτής
- Διαχωριστήρας

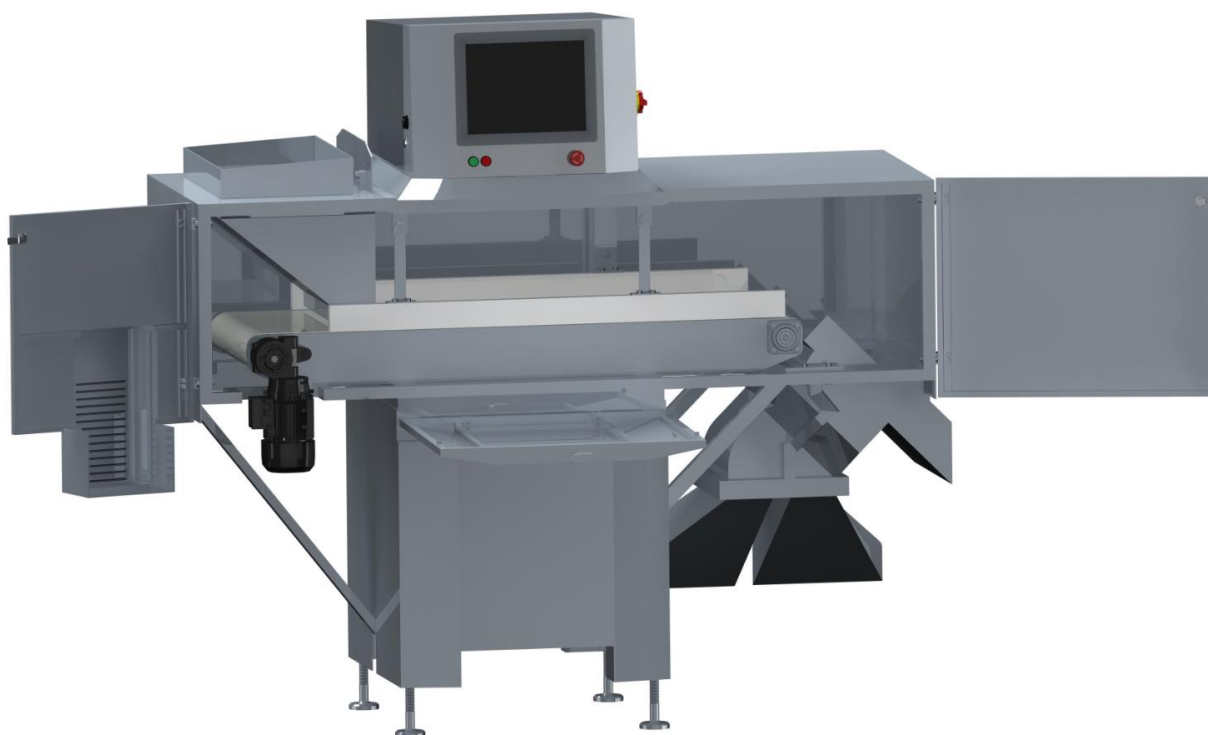
Περιγραφή Λειτουργίας

Τα θρύμματα από ΑΗΗΕ εισέρχονται στο σύστημα με συνεχόμενη ροή (χρήση Αναβατόριου) από το καταστροφέα στην *Είσοδο Θρυμμάτων*. Από εκεί ρυθμίζεται το ύψος της προς επιθεώρηση στάθμης θρυμμάτων, με στόχο την καλύτερη και αποδοτικότερη αναγνώριση του υλικού από το Σύστημα. Στη συνέχεια ο *Ιμάντας μεταφοράς* οδηγεί τα θρύμματα στη περιοχή επιθεώρησης όπου ο *Ακτινοβολέας* εκπέμπει κάθετα στον Ιμάντα Ακτίνες Χ. Κάτω από το πλαστικό υλικό του Ιμάντα βρίσκεται ο *Ανιχνευτής* που μετατρέπει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία που δέχεται σε Ηλεκτρονική μορφή και την αποστέλλει στον *Η/Υ*. Με χρήση κατάλληλου λογισμικού και της μεθοδολογίας ΧRF, ανιχνεύονται τα υλικά των θρυμμάτων. Στην συνέχεια αυτά οδηγούνται στο *Διαχωριστήρα*, επεξήγηση του τρόπου λειτουργίας του γίνεται σε επόμενη ενότητα. Σε αυτόν ανάλογα τη κατηγορία που προκύπτει από τον έλεγχο τα διαχωρίζει και τα οδηγεί σε 3 διαφορετικές εξόδους για τη συλλογή και την αποθήκευσή τους.

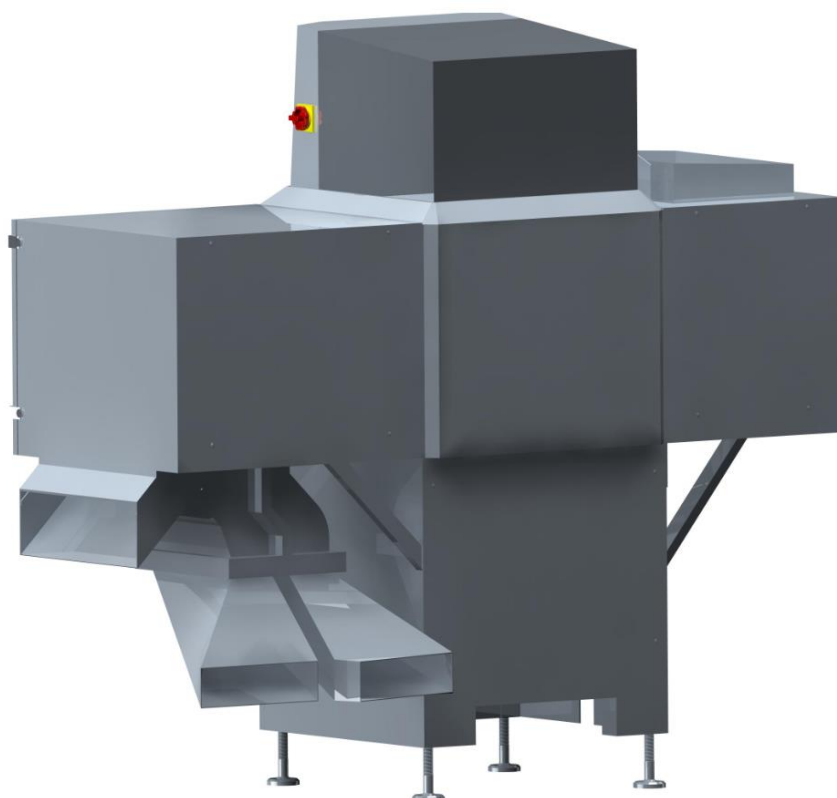
Φωτορεαλιστική Παρουσίαση Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ



Εικόνα 4.1: Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ



Εικόνα 4.2: Εσωτερικό Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ



Εικόνα 4.3: Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ

Το παρών Σύστημα αποτελείται από 120 διαφορετικά εξαρτήματα σχεδιασμένα στο PTC Creo Parametric 3.0. Τα βασικότερα από αυτά θα παρουσιαστούν στην επόμενη ενότητα.

4.1.3 3D Σχεδιασμός Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται περιληπτικά ο σχεδιασμός των κομματιών και η συναρμολόγηση του Συστήματος με τη σειρά που πραγματοποιήθηκε, έχοντας συμπεριλάβει τα βασικά χαρακτηριστικά που θα αποτελείται.

Βάση Σ.Ε.Α.Χ

Αποτελεί το σκελετό του Συστήματος όπου συνδέονται όλα τα επιμέρους εξαρτήματα με χρήση κοχλίων, περικόχλιων και ροδελών.



Εικόνα 4.4: Σχεδιασμός κύριου κορμού



Εικόνα 4.5: Σχεδιασμός στήριξης Διαχωριστήρα



Εικόνα 4.6: Σχεδιασμός Στήριξης Εισόδου Θρυμμάτων



Εικόνα 4.7: Σχεδιασμός Σκελετού Κεφαλής



Εικόνα 4.8: Σχεδιασμός βάσης ακτινοβολία & Η/Υ



Εικόνα 4.9: Συναρμολόγηση Ποδιών

Ιμάντας Μεταφοράς

Όπως αναφέρει και το όνομα του, μεταφέρει τα θρύμματα από την είσοδο στη περιοχή επιθεώρησης με ακτίνες Χ και στη συνέχεια στο διαχωριστήρα και συνάμα στη έξοδο του συστήματος.



Εικόνα 4.10: Σχεδιασμός βάσης Ιμάντα μεταφοράς



Εικόνα 4.11: Τοποθέτηση Εδράνων κύλισης, αξόνων, κυλίνδρων, κοχλιών και περικόχλιων



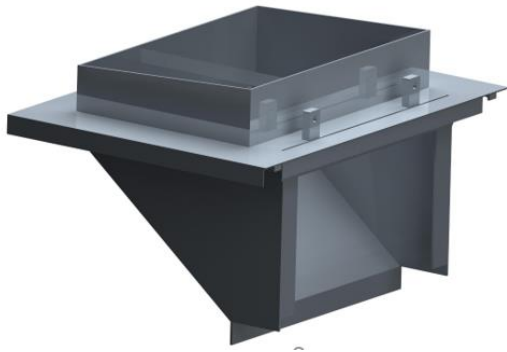
Εικόνα 4.12: Τοποθέτηση Ηλεκτροκινητήρα και πλαστικού Ιμάντα



Εικόνα 4.13: Τοποθέτηση Ιμάντα Μεταφοράς στη Βάση Σ.Ε.Α.Χ

Είσοδος Θρυμμάτων

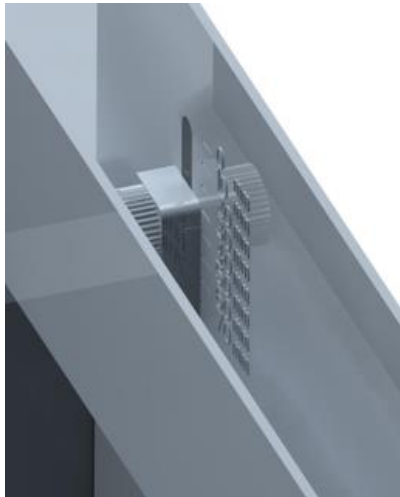
Από εδώ εισάγονται στο Σύστημα τα προς επιθεώρηση αντικείμενα. Το χαρακτηριστικό του είναι η ρύθμιση ύψους των χύμα αντικειμένων, διευκολύνοντας την επιθεώρηση με ακτίνες Χ.



Εικόνα 4.14: Βάση Εισόδου Θρυμμάτων



Εικόνα 4.15: Τοποθέτηση ρυθμιζόμενου τοιχώματος



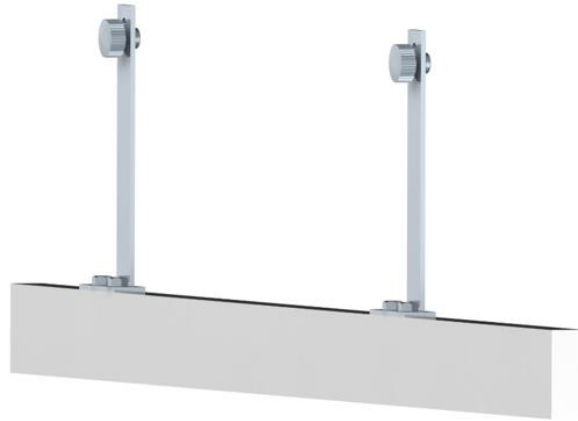
Εικόνα 4.16: Ρύθμιση ύψους τοιχώματος σε mm



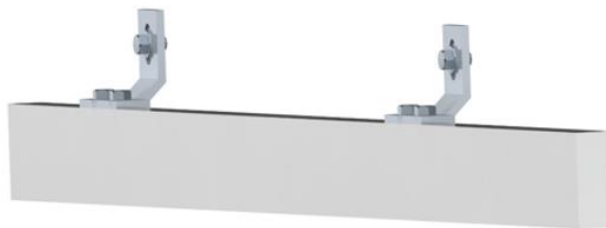
Εικόνα 4.17: Τοποθέτηση Εισόδου Θρ. στη Βάση Σ.Ε.Α.Χ

Οδηγοί Ιμάντα

Καθορίζουν την διαδρομή των θρυμμάτων, αποφεύγοντας τη διαρροή τους και γενικότερα διασφαλίζουν μια ομαλή ροή και λειτουργία του συστήματος. Έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης ύψους για μείωση τριβής με ιμάντα μεταφοράς.



Εικόνα 4.18: Εμπρόσθιος Οδηγός Ιμάντα



Εικόνα 4.19: Πίσω Οδηγός Ιμάντα



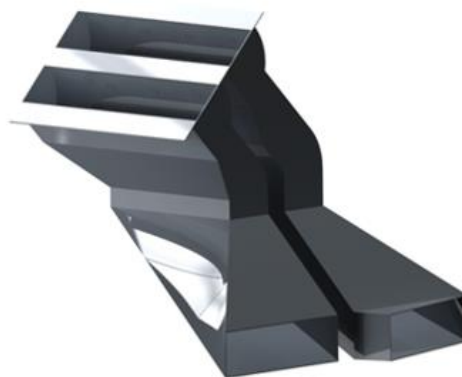
Εικόνα 4.20: Τοποθέτηση Οδηγών Ιμάντα στη Βάση Σ.Ε.Α.Χ

Διαχωριστήρας

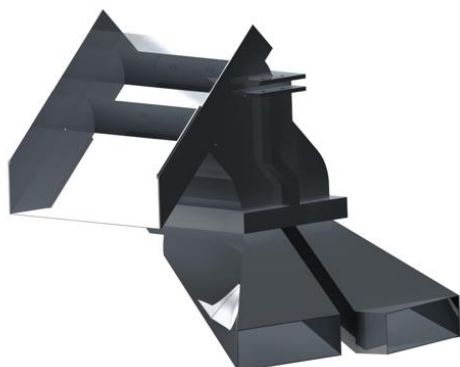
Αποτελεί το βασικό μέρος του Σ.Ε.Α.Χ αφού έχει τη δυνατότητα να διαχωρίζει σε 3 κατηγορίες τα προς επιθεώρηση θρύμματα. Περιλαμβάνει 3 εξόδους, στις 2 από αυτές υπάρχουν 4 εξαρτήματα κινούμενα από Ηλεκτρομηχανικά έμβολα, επιτυγχάνοντας καλύτερη και ποιοτικότερη διαχώριση των θρυμμάτων. Και οι 3 εξοδοι είναι σχεδιασμένες για να συνδεθούν με ιμάντες μεταφοράς για την αυτόματη αποθήκευση των διαχωρισμένων θρυμμάτων.



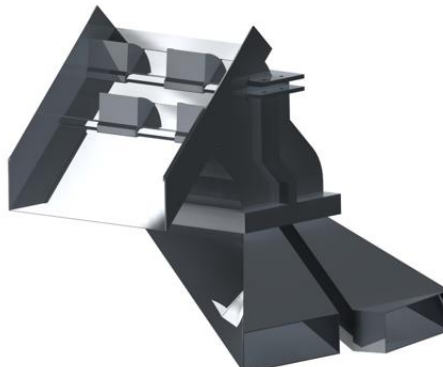
Εικόνα 4.21: Αρχικό στάδιο σχεδίασης Διαχωριστήρα



Εικόνα 4.22: Σχεδιασμός Αγωγών



Εικόνα 4.23: Ολοκληρωμένη Βάση Διαχωριστήρα



Εικόνα 4.24: Συναρμολόγηση Κινούμενων μερών, ηλεκτρομηχανικών εμβόλων & αξόνων περιστροφής



4.25: Διαχωριστήρας με ανοιγμένα κινούμενα μέρη

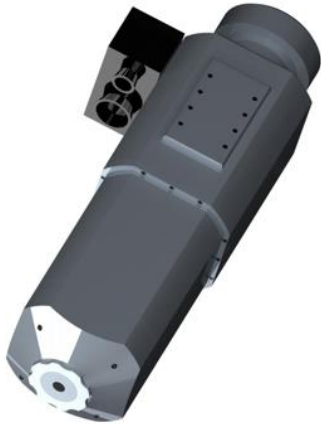


Εικόνα 4.26: Τοποθέτηση Διαχωριστήρα στη Βάση Σ.Ε.Α.Χ τα 8

Εικόνα

Ακτινοβολέας -Ανιχνευτής

Κυλινδρικός ακτινοβολέας εκπέμπει ακτίνες Χ με κατεύθυνση κάθετα στο Ιμάντα μεταφοράς όπου και βρίσκεται ένας ανιχνευτής. Χρησιμοποιούν την μέθοδο XRF για τον προσδιορισμό του υλικού και τις θέσης που βρίσκεται το κάθε θραύσμα.



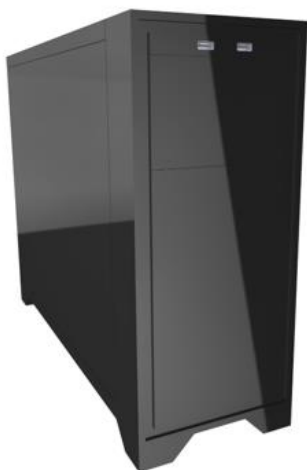
Εικόνα 4.27: Ακτινοβολέας



Εικόνα 4.28: Ανιχνευτής

Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

Συνδέεται με ακτινοβολέα, ανιχνευτή, αισθητήρα ταχύτητας Ιμάντα μεταφοράς καθώς και με τα ηλεκτρομηχανικά έμβολα στο Διαχωριστήρα και με κατάλληλο λογισμικό καθορίζει τη λειτουργία του Σ.Ε.Α.Χ.



Εικόνα 4.29: Ηλεκτρονικός Υπολογιστής



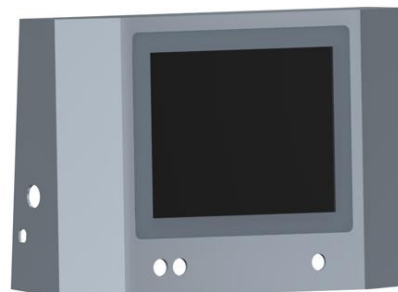
Εικόνα 4.30: Τοποθέτηση Ακτινοβολέα, Ανιχνευτή & Η/Υ στη Βάση Σ.Ε.Α.Χ

Πίνακας Ελέγχου Σ.Ε.Α.Χ

Περιλαμβάνει Οθόνη αφής για ρύθμιση παραμέτρων, προβολής στιγμιαίων αποτελεσμάτων και πληθώρα άλλων εφαρμογών. Επιπλέον υπάρχουν κουμπιά έναρξης και λήξης λειτουργίας, διακόπτης ρεύματος, υποδοχή USB, STOP έκτακτης ανάγκης και τέλος κλειδαριά ασφαλείας.



Εικόνα 4.31: Αρχικό Στάδιο Σχεδιασμού Οθόνης



Εικόνα 4.32 Σχεδιασμός Οθόνης και οπών



Εικόνα 4.33: Συναρμολόγηση Περιφερειακών



Εικόνα 4.34: : Τοποθέτηση Πίνακα Ελέγχου στη Βάση

Λαμαρίνες Κάλυψης

Χωρίζονται σε 3 κατηγορίες, οπίσθιες, πλαϊνές και εμπρόσθιες. Διαμορφώνουν τη τελική μορφή του Συστήματος, καλύπτουν τα κενά μειώνοντας τη διαφυγούσα ακτινοβολία, προστατεύοντας το χρήστη. Επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση στο εσωτερικό χώρο καθώς υπάρχουν περιστρεφόμενες πόρτες με χρήση μεντεσέδων. Για τη συναρμολόγηση τους χρησιμοποιήθηκαν κοχλίες, περικόχλια και ροδέλες.

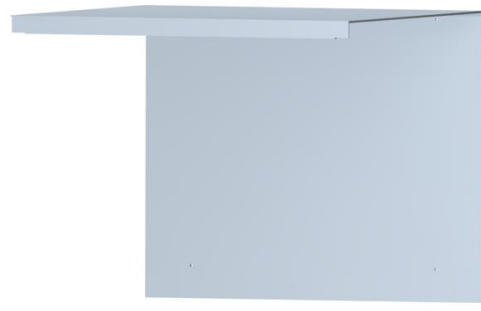
Οπίσθιες Λαμαρίνες Κάλυψης



Εικόνα 4.35
Αριστερή Λαμαρίνα Καλ.



Εικόνα 4.36
Μεσαία Λαμαρίνα Καλ.



Εικόνα 4.37
Δεξιά Λαμαρίνα Κάλυψης

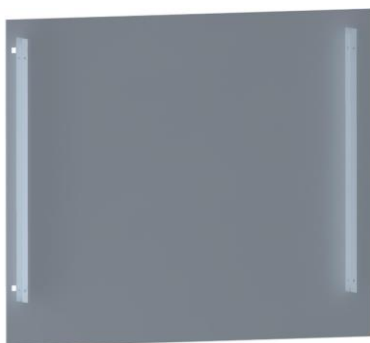


Εικόνα 4.38: Λαμαρίνα Καλ. Ποδιών



Εικόνα 4.39: Τοποθέτηση Οπίσθιων Λαμαρινών Καλ. Στη Βάση

Πλαϊνές Λαμαρίνες Κάλυψης



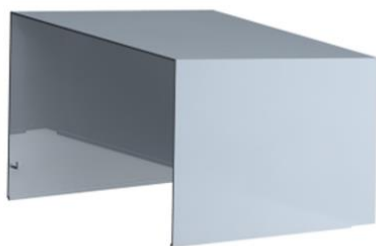
Εικόνα 4.40
Αριστερή & Δεξιά Λαμαρίνα Καλ.



Εικόνα 4.41
Κάτω Αριστερή Λαμαρίνα Καλ.



Εικόνα 4.42
Κάτω Δεξιά Λαμαρίνα Κάλ.



Εικόνα 4.43: Λαμαρίνα Καλ. Κεφαλής



Εικόνα 4.44: Τοποθέτηση Πλαϊνών Λαμαρινών Καλ. Στη Βάση

Εμπρόσθιες Λαμαρίνες Κάλυψης & Μεντεσέδες

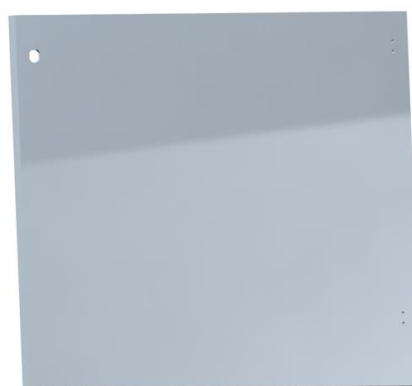
Τα συγκεκριμένα κομμάτια είναι πτυσσόμενα με τη χρήση 2 διαφορετικών μεντεσέδων. Επιπλέον διαθέτουν κλειδαριές ασφαλείας για προστασία και σωστή λειτουργία. Το αριστερό φύλλο πόρτας διαθέτει σπές για την ψύξη ηλεκτροκινητήρα του ιμάντα μεταφοράς.



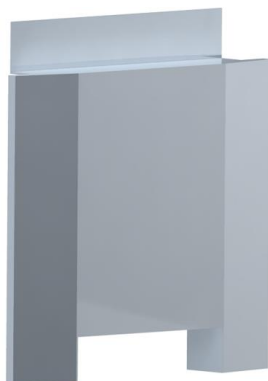
Εικόνα 4.45
Αριστερό Φύλλο πόρτας



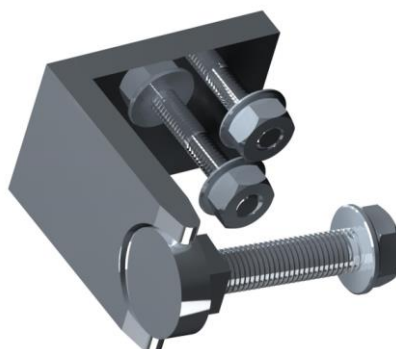
Εικόνα 4.46
Κεντρικό Φύλλο Πόρτας



Εικόνα 4.47
Δεξί Φύλλο Πόρτας



Εικόνα 4.48:Κεντρικό Κάτω Καλ.



Εικόνα 4.49:Περιστροφικός Μεντεσές



Εικόνα 4.50 Μεντεσές Ανάκλησης

4.2 Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών

4.2.1 Παρουσίαση & Περιγραφή Λειτουργίας

Για τις ανάγκες διαφορετικής διαδικασίας ανακύκλωσης Φωτοβολταϊκών πάνελ αλλά και λεπτών με μεγάλη επιφάνεια Α.Η.Η.Ε, όπως Ηλεκτρονικές πλακέτες, Οθόνες-Τηλεοράσεις κ.α., σχεδιάστηκε το Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών. Σε αυτή τη διαδικασία ανακύκλωσης απαιτείται η ταξινόμηση των Α.Η.Η.Ε ανάλογα τα υλικά κατασκευής τους πριν τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης. Αποτελεί διασταύρωση των κατηγοριών Σ.Ε.Α.Χ αυτόματου εφοδιασμού και φορητού Σ.Ε.Α.Χ. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η επιθεώρηση και ο υπολογισμός των χημικών στοιχείων που αποτελούν το Α.Η.Η.Ε, όχι σε μια μικρή περιοχή όπως συμβαίνει με τα Φορητά Σ.Ε.Α.Χ αλλά **σε όλο το μήκος και το πλάτος του**.

Το Σύστημα αποτελείται από 4 βασικά μέρη:

- Ιμάντας Μεταφοράς
- Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
- Ακτινοβολέας
- Ανιχνευτής

Περιγραφή Λειτουργίας

Το Α.Η.Η.Ε καθώς και το Φωτοβολταϊκό πάνελ τοποθετείται είτε χειροκίνητα είτε με αυτοματοποιημένο σύστημα τροφοδοσίας στην είσοδο του Σ.Ε.Α.Χ. Από εκεί ο *Ιμάντας μεταφοράς* οδηγεί το πάνελ στο χώρο επιθεώρηση όπου ο *Ακτινοβολέας* εκπέμπει κάθετα στον Ιμάντα Ακτίνες Χ. Κάτω από το πλαστικό υλικό του Ιμάντα βρίσκεται ο *Ανιχνευτής* που μετατρέπει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία που δέχεται σε Ηλεκτρονική μορφή και την αποστέλλει στον *Η/Υ*. Σχεδόν ταυτόχρονα τα αποτελέσματα από τη σάρωση προβάλλονται στην Οθόνη του Πίνακα Ελέγχου του Σ.Ε.Α.Χ. Το Φ/Β οδηγείται στη έξοδο, από όπου παραλαμβάνεται και αποθηκεύεται ανάλογα τα υλικά κατασκευής του, όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το σύστημα έχει τη δυνατότητα λειτουργίας είτε αυτόματης είτε μη αυτόματης τροφοδοσίας, ανάλογα τις απαιτήσεις της κάθε επιχείρησης. Επιπλέον μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα όχημα με προσαρμοσμένο αμάξωμα για **Κινητό Σύστημα Επιθεώρησης**, μιας και οι απαιτήσεις, το υψηλό κόστος εγκαταστάσεων ανακύκλωσης για μικρές γεωγραφικές περιοχές όπως το Νησί της Κρήτης, καθώς και η κατεύθυνση που έχει πάρει η τεχνολογία και ο τομέας ανακύκλωσης Φ/Β οδηγούν σε Κινητές Μονάδες.[4]

Φωτορεαλιστική Παρουσίαση Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών



Εικόνα 4.51: Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών



Εικόνα 4.52 Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών Πλάγια Όψη

4.2.2 3D Σχεδιασμός Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών

Και σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται περιληπτικά ο σχεδιασμός των κομματιών και η συναρμολόγηση του Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών με τη σειρά που πραγματοποιήθηκε, έχοντας συμπεριλάβει τα βασικά χαρακτηριστικά που θα αποτελείται. Το σύστημα σχεδιαστικά είναι κοντά με το προηγούμενο απλά με διαφορετικές δυνατότητες το κάθε ένα και θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι της “ίδιας εταιρίας” αφού παρατηρούμε ότι προϊόντα στη βιομηχανία μιας εταιρίας μοιάζουν πολύ μεταξύ τους διατηρώντας τα βασικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά.

Βάση Σ.Ε.Α.Χ

Όμοια με το προηγούμενο Σύστημα η βάση, με αρκετές αλλαγές στις διαστάσεις και στη γεωμετρία, αποτελεί το σκελετό του Συστήματος όπου συνδέονται όλα τα επιμέρους εξαρτήματα με χρήση κοχλίων, περικόχλιων και ροδελών.



Εικόνα 4.53: Σχεδιασμός κύριου κορμού



Εικόνα 4.54: Σχεδιασμός Σκελετού Κεφαλής



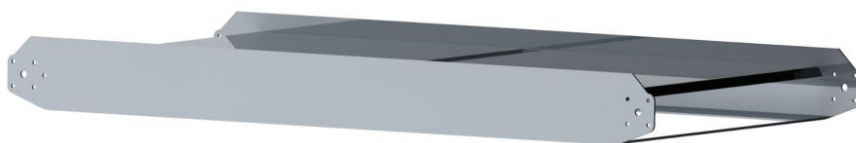
Εικόνα 4.55: Σχεδιασμός Πλάγιας Στήριξης



Εικόνα 4.56: Σχεδιασμός Στήριξης Ιμάντα μεταφοράς

Ιμάντας Μεταφοράς

Μεταφέρει τα ΑΗΗΕ από την είσοδο στη περιοχή επιθεώρησης με ακτίνες Χ και στη συνέχεια στην έξοδο του συστήματος για την παραλαβή και αποθήκευση του σε κατάλληλη αποθήκη. Το εξάρτημα περιέχει ενσωματωμένους οδηγούς μεταφοράς και σχεδιάστηκε ώστε να παραλαμβάνει ΑΗΗΕ και Φ/Β πάνελ διαστάσεων έως 2m x 1m.



Εικόνα 4.57: Σχεδιασμός βάσης Ιμάντα μεταφοράς



Εικόνα 4.58: Τοποθέτηση Εδράνων κύλισης, αξόνων, κυλίνδρων, κοχλιών και περικόχλιων



Εικόνα 4.59: Τοποθέτηση Ηλεκτροκινητήρα πλαγίως και πλαστικού Ιμάντα



Εικόνα 4.60: Τοποθέτηση Ιμάντα Μεταφοράς στη Βάση Σ.Ε.Α.Χ

Ακτινοβολέας -Ανιχνευτής-Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

Όμοια με το Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ, περιλαμβάνει κυλινδρικό ακτινοβολέα, ανιχνευτή και Ηλεκτρονικό Υπολογιστή της προηγούμενης διάταξης. Χρησιμοποιούν την μέθοδο XRF για τον υπολογισμό του κάθε χημικού στοιχείου που αποτελεί το ΑΗΗΕ καθώς και την ποσότητα σε βάρος και σε ποσοστό επί της συνολικής μάζας.



Εικόνα 4.61: Τοποθέτηση Ακτινοβολέα, Ανιχνευτή & Η/Υ στη Βάση Σ.Ε.Α.Χ

Πίνακας Ελέγχου Σ.Ε.Α.Χ

Αντίστοιχα με το Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ περιλαμβάνει Οθόνη αφής για ρύθμιση παραμέτρων, προβολής στιγμιαίων αποτελεσμάτων της σύστασης του προς επιθεώρηση ΑΗΗΕ και πληθώρα άλλων εφαρμογών όμοιων με την προηγούμενη διάταξη.



Εικόνα 4.62: Τοποθέτηση Πίνακα Ελέγχου στη Βάση

Λαμαρίνες Κάλυψης

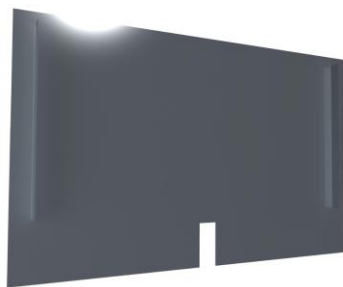
Χωρίζονται και εδώ σε 3 κατηγορίες, οπίσθιες, πλαϊνές και εμπρόσθιες. Διαμορφώνουν τη τελική μορφή του Συστήματος, καλύπτουν τα κενά μειώνοντας τη διαφυγούσα ακτινοβολία σε συνδυασμό με τις κουρτίνες προστασίας, προστατεύοντας το χρήστη. Επιτρέπεται η εύκολη πρόσβαση στο εσωτερικό χώρο καθώς υπάρχει περιστρεφόμενη πόρτα με χρήση μεντεσέδων.

Οπίσθιες Λαμαρίνες Κάλυψης

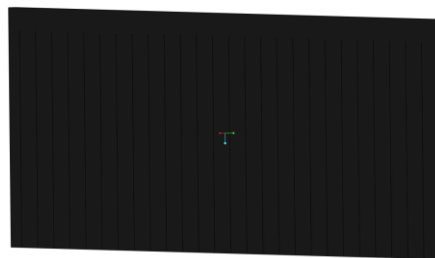


Εικόνα 4.63: Τοποθέτηση Οπίσθιων Λαμαρινών Καλ. Στη Βάση

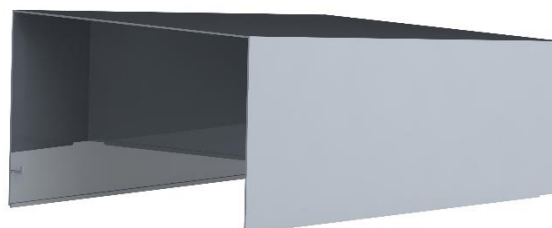
Πλαϊνές Λαμαρίνες Κάλυψης-Κάλυμμα Κεφαλής



Εικόνα 4.64: Κάτω Αριστερή & Δεξιά Λαμαρίνα Καλ.



Εικόνα 4.65: Κουρτίνα προστασίας



Εικόνα 4.66: Λαμαρίνα Καλ. Κεφαλής



Εικόνα 4.67: Τοποθέτηση Πλαϊνών Λαμαρινών, Κουρτινών & Κάλυμμα Κεφαλής Στη Βάση

Εμπρόσθιες Λαμαρίνες Κάλυψης & Μεντεσές



Εικόνα 4.68: Τοποθέτηση Εμπρόσθιων Λαμαρινών Καλ. Στη Βάση

Συμπεράσματα

Παρατηρούμε ότι υπάρχει επιτακτική ανάγκη ανακύκλωσης Αποβλήτων Ηλεκτρικού & Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού από μελέτες αλλά και βάση Νομοθετικού πλαισίου, οδηγίας Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, καθώς απαιτείται να διαχωριστούν και απομονωθούν τα επικίνδυνα συστατικά τους. Για το λόγω αυτό προτείνεται η χρήση των 2 Συστημάτων Επιθεώρησης Ακτίνων Χ ανάλογα με τη γραμμή ανακύκλωσης.

Και τα 2 Σ.Ε.Α.Χ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων ΗΗΕ. Το Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού Υλικών τοποθετείται μετά τη διαδικασία της μείωσης όγκου αποβλήτων, σαρώνει τα θρύμματα ΗΗΕ και ανάλογα από τα στοιχεία που είναι κατασκευασμένα τα διαχωρίζει στις 3 κατηγορίες που έχουν αναλυθεί. Αποτελεί ένα **καινοτόμο σύστημα** που αποσκοπεί στη **βέλτιστη οικονομική διαχείριση** και **την εξειδικευμένη ανακύκλωση μετάλλων**, αφού πλέον δεν θα υπάρχει ένα χαώδες μείγμα με μεταλλικά στοιχεία προς ανακύκλωση. Το Σ.Ε.Α.Χ Ανάλυσης Υλικών τοποθετείται πριν τη διαδικασία μείωσης όγκου (θρυμματοποίησης), σαρώνει μεγάλου μεγέθους ΑΗΗΕ και στην συνέχεια μπορούν να ταξινομηθούν χειροκίνητα στις σωστές αποθήκες με βάση την σύστασή τους που υπολογίσθηκε από το Μηχάνημα.

Τα 2 Σ.Ε.Α.Χ έχουν σχεδιαστεί με ακριβείς διαστάσεις για σωστή λειτουργία καθώς παράλληλα μπορούν να προσφέρουν γρήγορα και ακριβή αποτελέσματα, με μεγάλη απόδοση. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησής τους σε προσαρμοσμένο όχημα για ανάγκες κινητού συστήματος Ανακύκλωσης, που όπως παρατηρείται είναι ένας ανερχόμενος κλάδος.

Βιβλιογραφία

- [1] Νικόλαος Μπιλάλης, Μελέτη & Σχεδίαση με Χρήση Η/Υ, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2006
- [2] Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης, Συστήματα CAD/CAM & Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση 2^η έκδοση, 2014
- [3] Μελέτιος Γ. Ρεντούμης, Ανάπτυξη Βιομηχανικής Γραμμής Παραγωγής Ανακύκλωσης Φωτοβολταϊκών Πινάκων Κρυσταλλικού Πυριτίου, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2015
- [4] Μύρων Μαλλιαράκης, Συλλογή και Ανακύκλωση Κατεστραμμένων Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών στο Νησί της Κρήτης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2016
- [5] Yiannis Katsigiannis, Anastasia Katsamaki, Meletios Rentoumis, Pavlos Koulouridakis, Ilias Athanailidis, Nikolaos Bilalis, Evaluation of photovoltaic recycling methods using environmental indicators, 4th International Symposium & 26th National Conference on Operational Research, Chania 2015
- [6] Meletios Rentoumis, Ilias Athanailidis, Pavlos Koulouridakis, Yiannis Katsigiannis, Nikolaos Bilalis, Development of a three dimensional industrial production linesimulation for crystalline silicon photovoltaic panel recycling, 4th International Symposium & 26th National Conference on Operational Research, Chania 2015
- [7] Yiannis A. Katsigiannis, Anastasia Katsamaki, Meletios Rentoumis, Pavlos Koulouridakis, Ilias Athanailidis, Nikolaos Bilalis, Use of Proper Environmental Performance Indicators for Evaluation of Various Photovoltaic Recycling Procedures, 9th International Conference “New Horizons in Industry, Business and Education” (NHIBE 2015), Skiathos 2015
- [8] Αναστασοπούλου Άννα, Διαχείριση Αποβλήτων Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού σε Ελλάδα και Ευρώπη, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2014
- [9] Δασκάλογλου Γρηγορίου, Κινάλη Αναστάσιου, Μελέτη καινοτόμων προτάσεων για την Ανακύκλωση των Φωτοβολταϊκών, Τ.Ε.Ι. Καβάλας, 2012
- [10] Κουή Μαρία, Αβδελίδης Νικόλαος, Θεοδωρακέας Παναγιώτης, Χειλάκου Ελένη, Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων Χ, Κεφάλαιο 6, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2015
- [11] Joe-Air Jianga, Hsiang-Yun Changa, Ke-Han Wua, Cheng-Shiou Ouyanga, Man-Miao Yangb, En-Cheng Yangb, Tse-Wei Chenc, Ta-Te Lina, An adaptive image segmentation algorithm for X-ray quarantine inspection of selected fruits, Elsevier journal, 2007
- [12] Introduction To Modeling D. Cheshire, Staffordshire University
- [13] m3.tuc.gr
- [14] cadlab.tuc.gr
- [15] electrocycle.gr
- [16] elinyae.gr
- [17] pvcycle.org
- [18] renewableenergyfocus.com
- [19] crystec.com
- [20] ewasteguide.info
- [21] thermofisher.com
- [22] yxlon.com
- [23] mt.com

- [24] mistrasgroup.gr
- [25] loma.com
- [26] eoan.gr
- [27] firstsolar.com
- [28] heatandcontrol.com
- [29] smithsdetection.com
- [30] fda.gov

Παράρτημα

Υποκατηγορίες Α.Η.Η.Ε

1. Μεγάλες οικιακές συσκευές ή λευκά αγαθά (*Large HH or white goods*)

- Μεγάλες συσκευές ψύξης
- Ψυγεία
- Καταψύκτες
- Άλλες μεγάλες συσκευές χρησιμοποιούμενες για ψύξη, διατήρηση και αποθήκευση τροφίμων
- Πλυντήρια ρούχων
- Στεγνωτήρια ρούχων
- Πλυντήρια πιάτων
- Συσκευές μαγειρικής
- Ηλεκτρικές κουζίνες
- Ηλεκτρικά μάτια
- Φούρνοι μικροκυμάτων
- Άλλες μεγάλες συσκευές χρησιμοποιούμενες για μαγείρεμα και άλλες επεξεργασίες τροφίμων
- Ηλεκτρικές θερμάστρες
- Ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα (ηλεκτρικά καλοριφέρ)
- Άλλες μεγάλες συσκευές χρησιμοποιούμενες για θέρμανση χώρων, κρεβατιών, καθισμάτων
- Ηλεκτρικοί ανεμιστήρες
- Συσκευές κλιματισμού
- Άλλα είδη εξοπλισμού αερισμού, απαγωγής αερίων και κλιματισμού

2. Μικρές οικιακές συσκευές (*Small HH*)

- Ηλεκτρικές σκούπες
- Σκούπες χαλιών
- Άλλες συσκευές καθαριότητας
- Συσκευές χρησιμοποιούμενες για ράψιμο, πλέξιμο, ύφανση και άλλες κλωστοϋφαντουργικές εργασίες
- Ηλεκτρικά σίδερα και άλλες συσκευές για το σιδέρωμα, το μαγνάνισμα και εν γένει τη φροντίδα των ρούχων
- Φρυγανιέρες
- Συσκευές τηγανίσματος (φριτέζες)
- Μύλοι, καφετιέρες και συσκευές ανοίγματος ή σφραγίσματος συσκευασιών
- Ηλεκτρικά μαχαίρια
- Συσκευές κοπής και στεγνώματος μαλλιών, βουρτσίσματος δοντιών, ξυρίσματος, μασάζ και άλλες συσκευές περιποίησης του σώματος
- Ρολόγια και εξοπλισμός μέτρησης, αναγραφής ή καταγραφής χρόνου
- Ζυγαριές

3. Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (*ICT*)

- Συγκεντρωτική επεξεργασία δεδομένων:
- Μεγάλοι υπολογιστές (mainframes)
- Μεσαίοι υπολογιστές (mini computers)
- Μονάδες εκτύπωσης
- Συστήματα προσωπικών υπολογιστών
- Προσωπικοί υπολογιστές (συμπεριλαμβανομένων των κεντρικών μονάδων επεξεργασίας (CPU), των ποντικών, των οθονών και των πληκτρολογίων)
- Φορητοί υπολογιστές (laptop) (συμπεριλαμβανομένων των CPU, των ποντικών, των οθονών και των

- ηλεκτρολογίων)
- Υπολογιστές τσέπης (notebook)
- Υπολογιστές χειρός (notepad)
- Εκτυπωτές
- Φωτοαντιγραφικά μηχανήματα
- Ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές γραφομηχανές
- Αριθμομηχανές τσέπης και επιτραπέζιες και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για τη συλλογή, από θήκευση, επεξεργασία, παρουσίαση ή διαβίβαση πληροφοριών με ηλεκτρονικά μέσα
- Τερματικά και συστήματα χρηστών
- Συσκευές τηλεομοιοτυπίας (φαξ)
- Τηλέτυπα
- Τηλέφωνα
- Τηλεφωνικές συσκευές επί πληρωμή
- Ασύρματα τηλέφωνα
- Κινητά τηλέφωνα
- Συστήματα τηλεφωνητών και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για τη μετάδοση ήχου, εικόνων ή άλλων πληροφοριών με τηλεπικοινωνιακά μέσα

4. Καταναλωτικά είδη ή καφέ αγαθά (CE or brown goods)

- Ραδιόφωνα
- Τηλεοράσεις
- Κάμερες μαγνητοσκόπησης (βιντεοκάμερες)
- Μαγνητοσκόπια (συσκευές αναπαραγωγής εικόνας)
- Συσκευές ηχογράφησης υψηλής πιστότητας
- Ενισχυτές ήχου
- Μουσικά όργανα και άλλα προϊόντα και είδη εξοπλισμού για την εγγραφή ή αναπαραγωγή ήχου ή εικόνων, συμπεριλαμβανομένων των σημάτων ή άλλων τεχνολογιών διανομής ήχου και εικόνας με άλλα πλην των τηλεπικοινωνιακών μέσων.

Τα απόβλητα από καταναλωτικά είδη (4^η κατηγορία) μαζί με τον απόβλητο εξοπλισμό πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (3^η κατηγορία) ονομάζονται και **e-waste** ή **e-junk**. Πολλές φορές στη διεθνή βιβλιογραφία με τους όρους αυτούς γίνεται αναφορά στο σύνολο των ΑΗΗΕ.

5. Φωτιστικά είδη (Lighting)

- Φωτιστικά για λαμπτήρες φθορισμού πλην των οικιακών φωτιστικών σωμάτων
- Ευθείς λαμπτήρες φθορισμού
- Λαμπτήρες φθορισμού μικρών διαστάσεων
- Λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής έντασης, συμπεριλαμβανομένων των λαμπτήρων νατρίου υψηλής πίεσης και των λαμπτήρων αλογονούχων μετάλλων
- Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης
- Άλλος φωτιστικός εξοπλισμός και εξοπλισμός προβολής ή ελέγχου του φωτός πλην των λαμπτήρων πυράκτωσης

6. Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά εργαλεία - εξαιρούμενων των μεγάλης κλίμακας σταθερών βιομηχανικών εργαλείων (E & E Tools)

- Τρυπάνια
- Πριόνια
- Ραπτομηχανές
- Εξοπλισμός για την τόννευση, τη λείανση, την επίστρωση, το τρόχισμα, το πριόνισμα, το κόψιμο, τον τεμαχισμό, τη διάτμηση, τη διάτρηση, τη διάνοιξη οπών, τη μορφοποίηση, την κύρτωση και άλλες παρόμοιες επεξεργασίες ξύλου, μετάλλου και άλλων υλικών
- Εργαλεία για τη στερέωση με βίδες, καρφιά και την αφαίρεσή τους και για παρόμοιες χρήσεις
- Εργαλεία για συγκολλήσεις εν γένει και παρόμοιες χρήσεις
- Εξοπλισμός ψεκασμού, επάλειψης, διασποράς ή άλλης επεξεργασίας υγρών ή αέριων ουσιών με άλλα μέσα
- Εργαλεία κοπής χόρτου ή άλλων εργασιών κηπουρικής

7. Παιχνίδια και εξοπλισμός ψυχαγωγίας και αθλητισμού (Toys)

- Ηλεκτρικά τρέινα ή αυτοκινητοδρόμια
- Φορητές κονσόλες βίντεο παιχνιδιών
- Βιντεοπαιχνίδια
- Υπολογιστές προσομοίωσης για ποδηλασία, καταδύσεις, τρέξιμο, κωπηλασία κ.λπ.
- Αθλητικός εξοπλισμός με ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά κατασκευαστικά στοιχεία
- Κερματοδέκτες τυχερών παιχνιδιών

8. Ιατροτεχνολογικά προϊόντα - εξαιρούμενων των εμφυτεύσιμων και μολυσμένων (Medical equipment)

- Ακτινοθεραπευτικός εξοπλισμός
- Καρδιολογικός εξοπλισμός
- Συσκευές αιμοκάθαρσης
- Συσκευές πνευμονικής οξυγόνωσης
- Εξοπλισμός πυρηνικής ιατρικής
- Ιατρικός εξοπλισμός για in-vitro διάγνωση
- Συσκευές ανάλυσης
- Καταψύκτες
- Τεστ γονιμοποίησης
- Άλλες συσκευές για την ανίχνευση, την πρόληψη, την παρακολούθηση, την αντιμετώπιση ή την ανακούφιση ασθενειών, σωματικών βλαβών και αναπηριών

9. Όργανα παρακολούθησης και ελέγχου (M & C)

- Ανιχνευτές καπνού
- Συσκευές θερμоруθμισμού
- Θερμοστάτες
- Συσκευές μέτρησης, ζύγισης ή προσαρμογής για οικιακή ή εργαστηριακή χρήση
- Άλλα όργανα παρακολούθησης και ελέγχου χρησιμοποιούμενα σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις (π.χ. σε ταμπλό ελέγχου)

10. Συσκευές αυτόματης διανομής (Dispensers)

- Συσκευές αυτόματης διανομής θερμών ποτών
- Συσκευές αυτόματης διανομής θερμών ή ψυχρών φιαλών ή μεταλλικών δοχείων
- Συσκευές αυτόματης διανομής στερεών προϊόντων
- Συσκευές αυτόματης διανομής χρημάτων
- Κάθε είδους συσκευές αυτόματης διανομής οποιουδήποτε προϊόντος

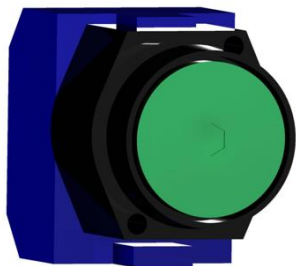
Μέταλλα κατασκευής Φ/Β

Μέταλλα	Τάξη	Χρήση σε Φωτοβολταϊκές τεχνολογίες
Αλουμίνιο (Al)	N	a-Si, CIS, CIGS, CdTe
Αντιμόνιο (Sb)	M, S	CdTe *, PV γυάλινο κάλυμμα **
Αρσενικό (As)	M, S	CdTe*, CPV
Βάριο (Ba)	S	CdTe*
Βόριο (B)	S	a-Si, CdTe
Κάδμιο (Cd)	S	CdTe, CIS*, CIGS*
Δημήτριο (Ce)	R, S	PV γυάλινο κάλυμμα **
Χρώμιο (Cr)	F	CdTe*
Κοβάλτιο (Co)	S	DSSC ηλεκτρολύτης
Χαλκός (Cu)	N	c-Si, CIS, CIGS, CdTe
Γάλλιο (Ga)	S	CIS/CIGS, CPV, CdTe
Γερμάνιο (Ge)	M, S	a-Si, CPV
Χρυσός (Au)	P	CIS**, OPV**
Ίνδιο (In)	S	a-Si, CIS, CIGS, CPV, CdTe, DSSC, ITO-γυαλί
Μόλυβδος (Pb)	N	c-Si*, CdTe*
Υδράργυρος (Hg)	S	CdTe*
μολυβδαίνιο (Mo)	F	CIS, CIGS, CdTe*
Νικέλιο (Ni)	F	CdTe*
Όσμιο (Os)	P	DSSC ευαισθητοποιητής
Πλατίνα (Pt)	P	DSSC επίστρωση νυαλιού
Ρουθένιο (Ru)	P	DSSC ευαισθητοποιητής
Πυρίτιο (Si)	M	c-Si, a-Si, CIGS
Ασήμι (Ag)	P	c-Si, CIS, CIGS, CdTe, DSSC
Σελήνιο (Se)	Nm, S	CIS, CIGS
Τελλούριο (Te)	M, S	CdTe
Κασσίτερος (Sn)	N	c-Si, a-Si, CdTe, Ito-νυαλί
Τιτάνιο (Ti)	N	DSSC
Ψευδάργυρος (Zn)	N	CdTe, CIGS

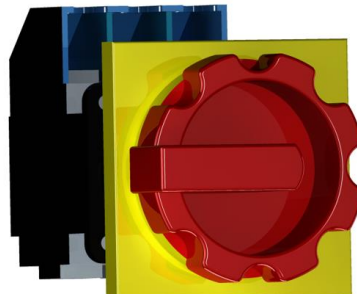
Πίνακας 6 .Ταξινόμηση μετάλλων από το UNEP (2011): F - «σιδηρούχα μέταλλα», N - «μη σιδηρούχα μέταλλα», P - «πολύτιμα μέταλλα», S - "μέταλλο ειδικότητας". M ή Nm

Παρουσίαση Περαιτέρω Εξαρτημάτων

Ηλεκτρονικά Εξαρτήματα



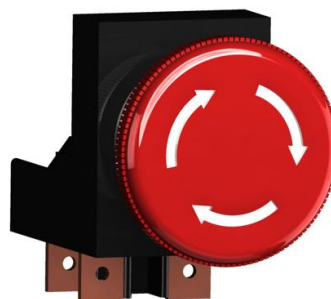
Εικόνα 1: Κουμπί έναρξης



Εικόνα 2: Διακόπτης Ρεύματος



Εικόνα 3: Υποδοχή USB



Εικόνα 4: STOP έκτακτης ανάγκης

Περιφερειακά



Εικόνα 5: Κλειδαριά Ασφαλείας



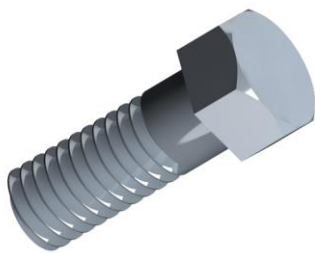
Εικόνα 6: Πόδι στήριξης



Εικόνα 7: Κοχλίας Εισ. Θρυμμάτων- Οδηγών Ιμ.



Εικόνα 8: Περικόχλιο Εισ. Θρυμμάτων - Οδηγών Ιμ.



Εικόνα 9: Κοχλίας



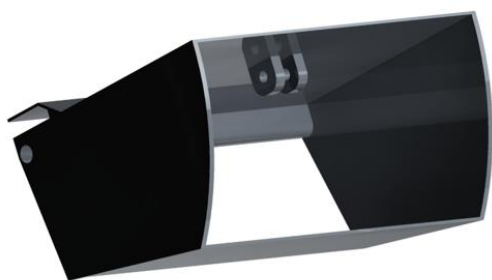
Εικόνα 10: Περικόχλιο



Εικόνα 11: Ροδέλα

*Αποτελούν δείγμα από 8 διαφορετικές κοχλιοσυνδέσεις που πραγματοποιήθηκαν στα Σ.Ε.Α.Χ

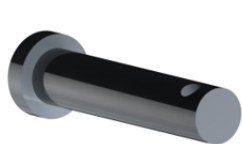
Εξαρτήματα Διαχωριστήρα



Εικόνα 12: Κινούμενο μέρος Διαχωριστήρα



Εικόνα 13: Ηλεκτρομηχανικό Έμβολο



Εικόνα 14: Άξονας Ηλεκ. Εμβόλου



Εικόνα 15: Ασφάλεια Ηλεκ. Εμβόλου

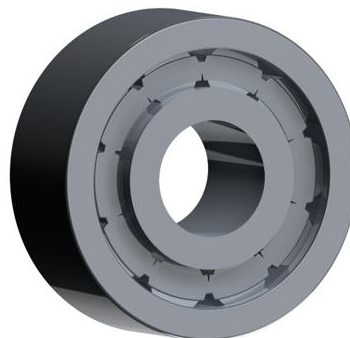


Εικόνα 16: Άξονας Διαχωριστήρα

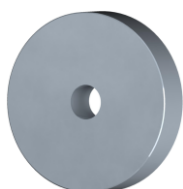
Εξαρτήματα Ιμάντα Μεταφοράς



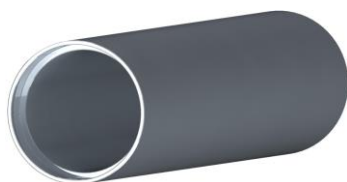
Εικόνα 17: Βάση Εδράνου



Εικόνα 18: Έδρανο Κύλισης



Εικόνα 19:
Δίσκος Ιμ. Μεταφοράς



Εικόνα 20:
Κυλινδρος Ιμ. Μεταφοράς



Εικόνα 21:
Άξονας Ιμ. Μεταφοράς

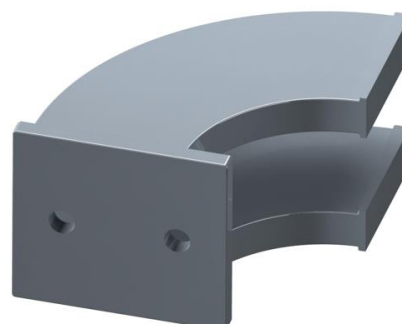


Εικόνα 22: Ηλεκτροκινητήρας

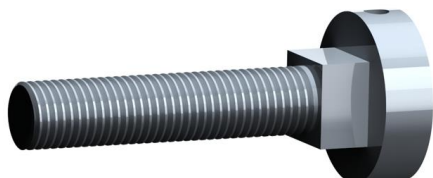
Μεντεσέδες



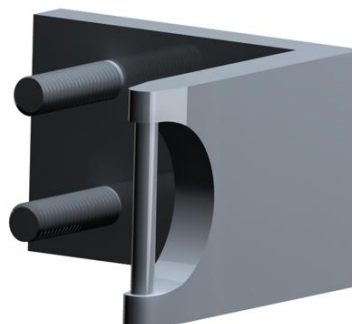
Εικόνα 23: Βάση Μεντεσέ Ανάκλησης



Εικόνα 24:Κινούμενο μέρος Μεντεσέ Ανάκλησης



Εικόνα 25: Βάση Περιστροφικού Μεντεσέ

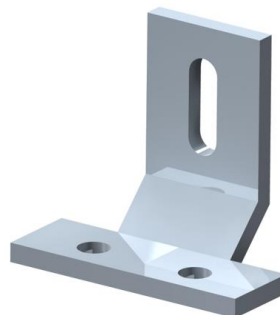


Εικόνα 26:Κινούμενο μέρος Περιστροφικού Μεντεσέ

Οδηγοί Ιμάντα



Εικόνα 27: Στήριγμα Εμπρόσθιου Οδηγού Ιμ.



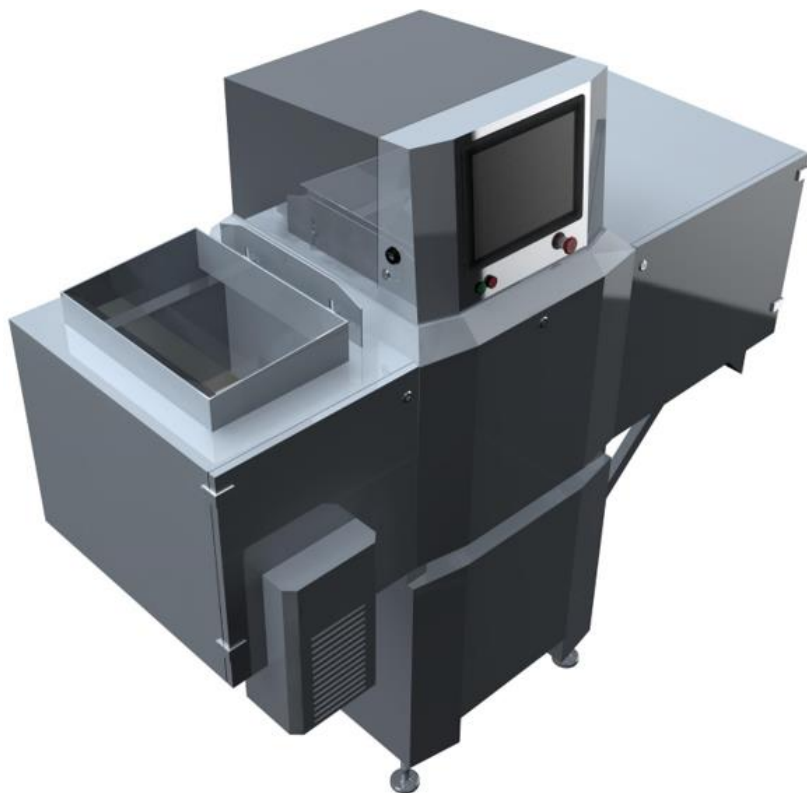
Εικόνα 28: Στήριγμα Οπίσθιου Οδηγού Ιμ.



Εικόνα 29: Οδηγός Ιμάντα Μεταφοράς

Επιπλέον Οπτικό Υλικό Σ.Ε.Α.Χ

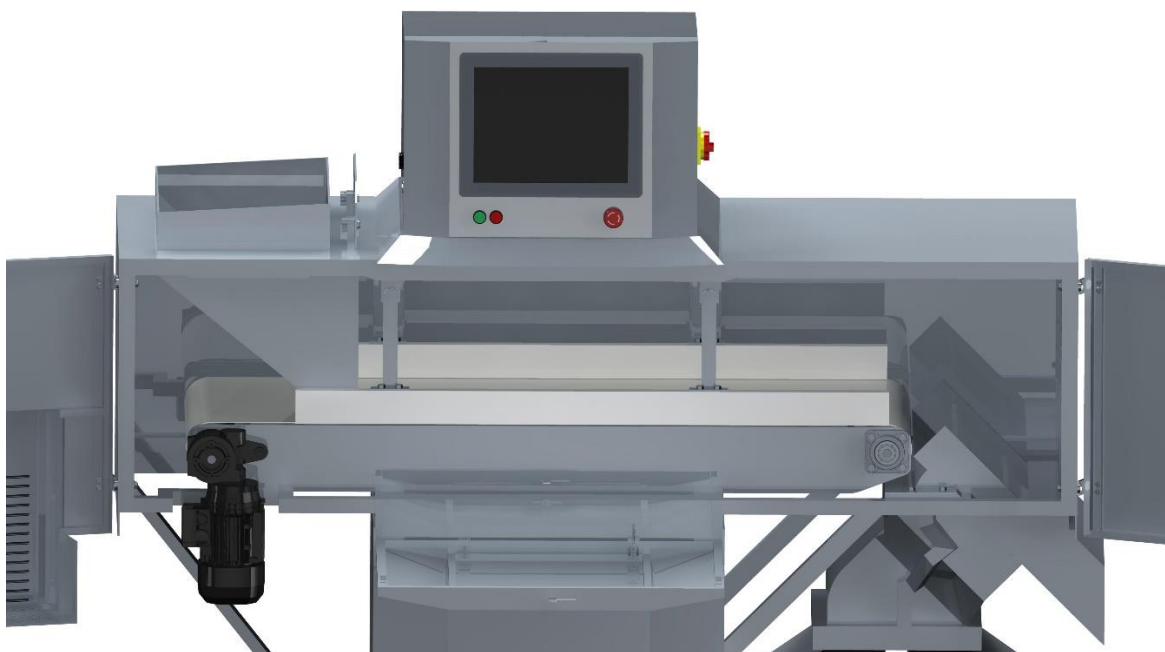
Σ.Ε.Α.Χ Διαχωρισμού ΑΗΗΕ



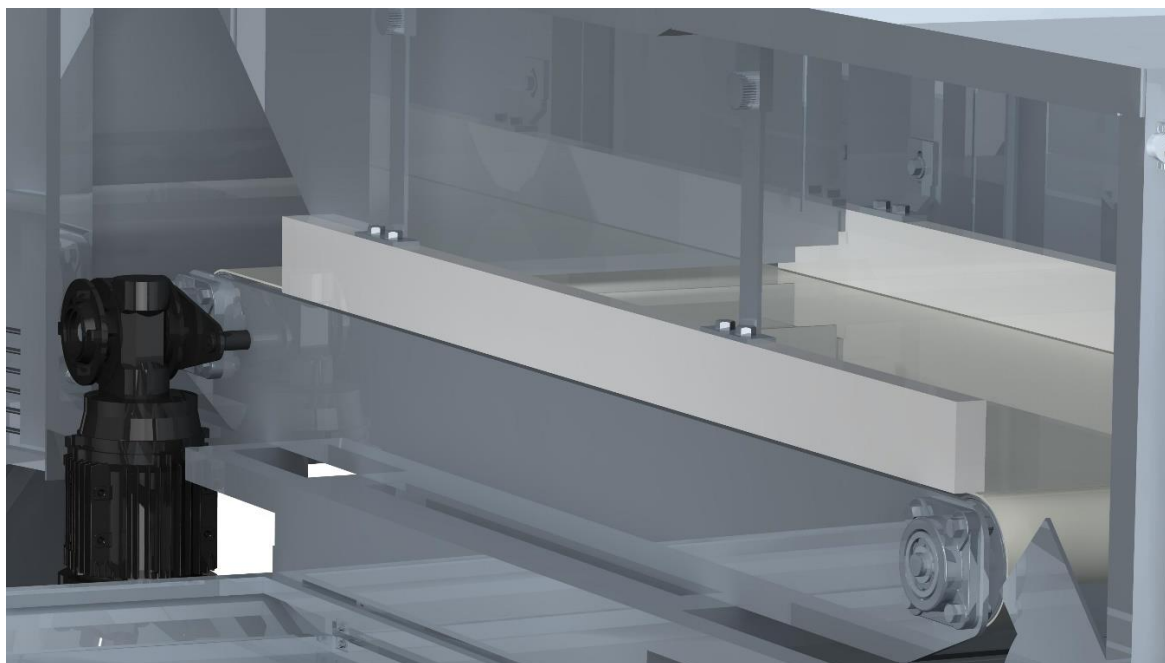
Εικόνα 30: Πλάγια Προβολή Σ.Ε.Α.Χ



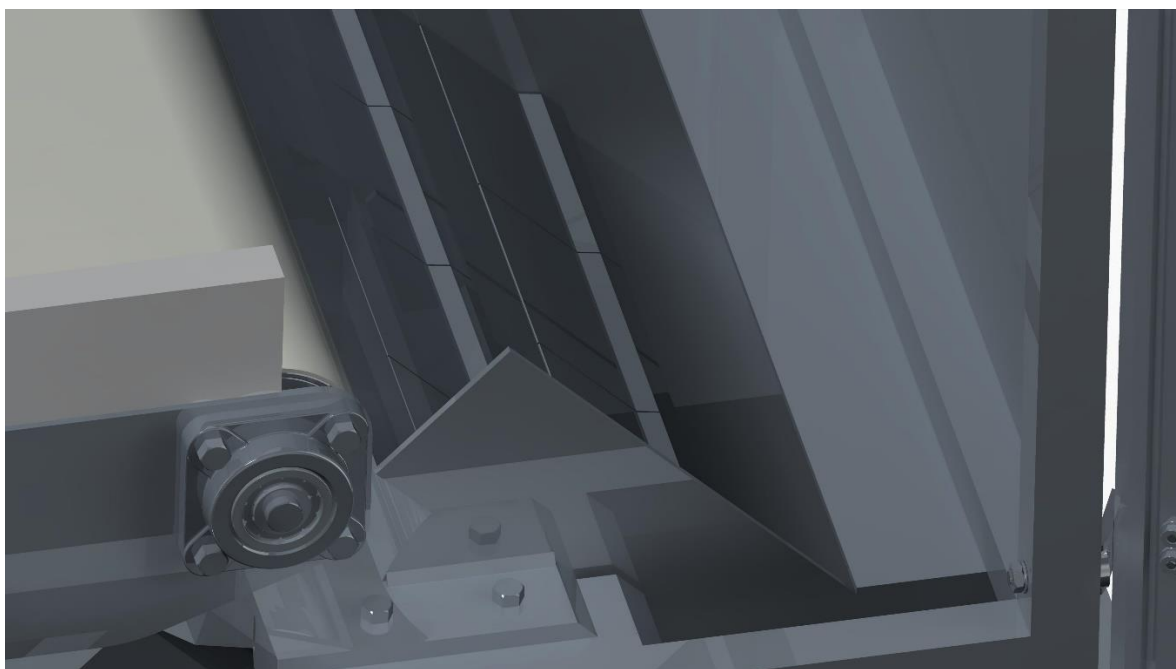
Εικόνα 31: Πλάγια Προβολή Σ.Ε.Α.Χ προς χώρο επιθεώρησης



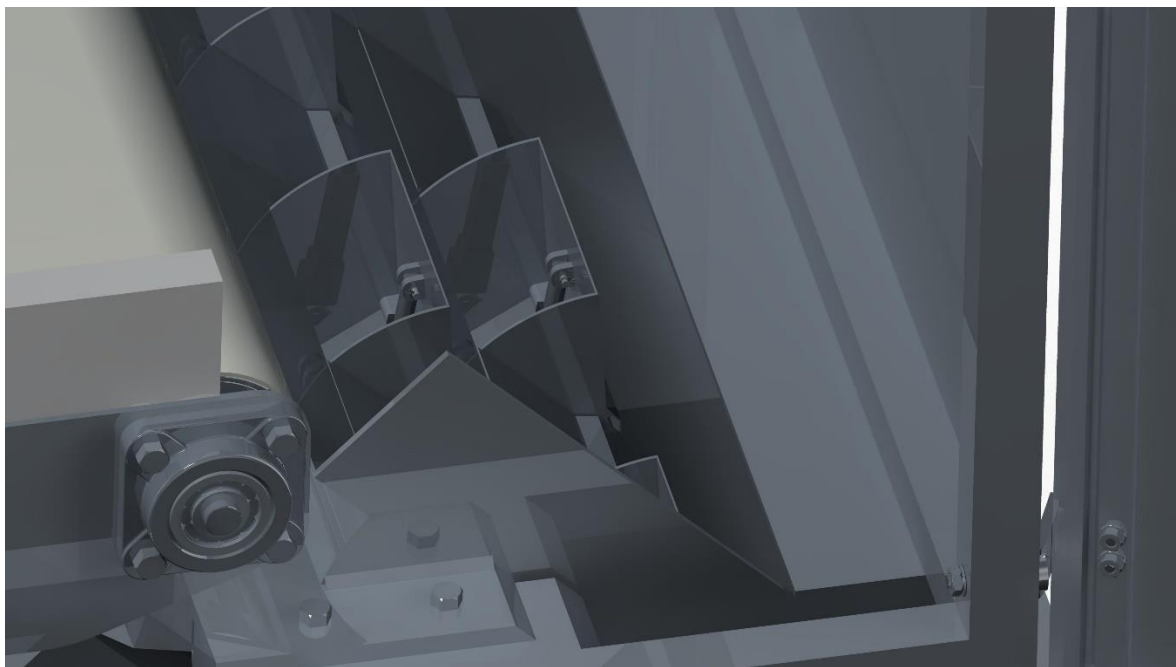
Εικόνα 32: Προβολή Σ.Ε.Α.Χ προς χώρο επιθεώρησης



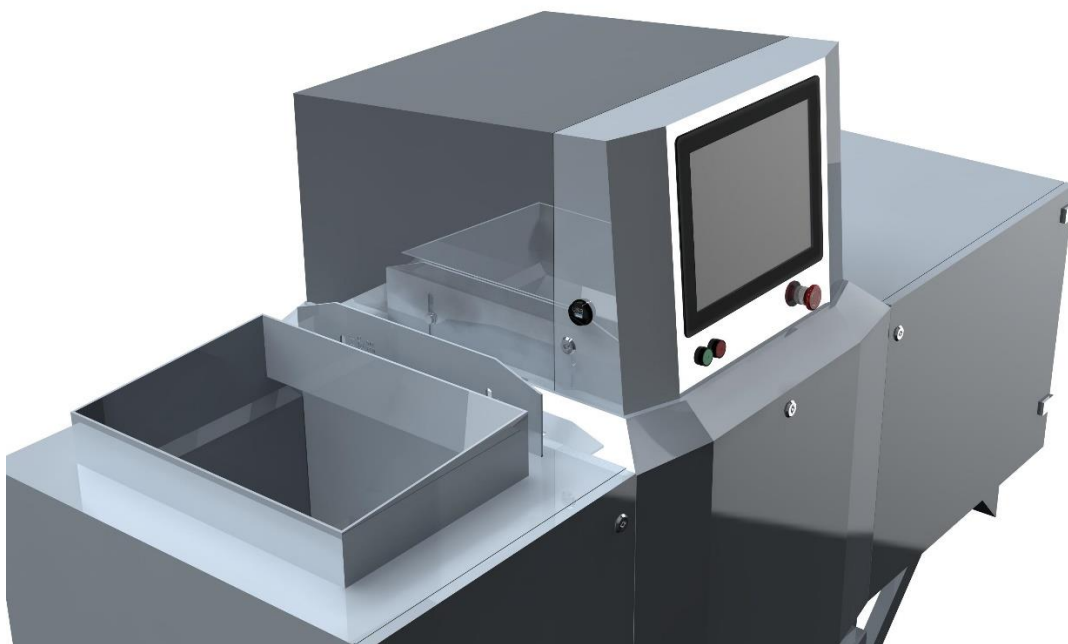
Εικόνα 33: Προβολή χώρου επιθεώρησης Σ.Ε.Α.Χ (Ιμάντα Μεταφοράς-Οδηγών-Είσοδος Θρυμμάτων)



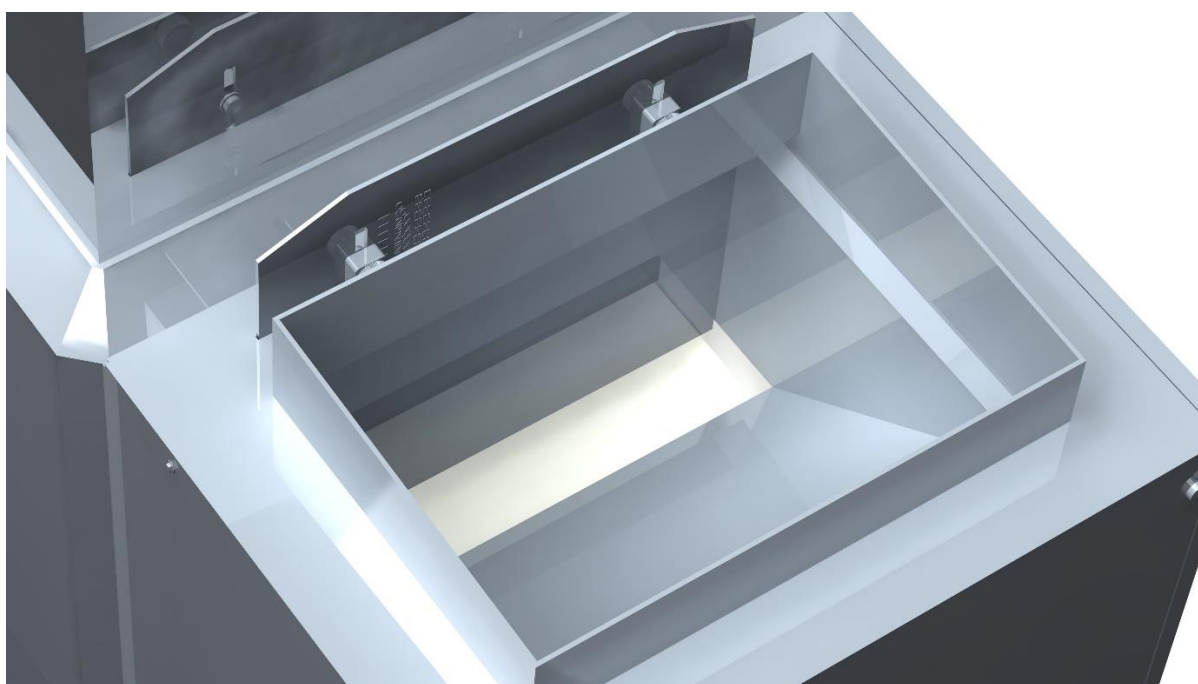
Εικόνα 34:Πλάγια προβολή Διαχωριστήρα με κλειστά τα κινούμενα μέρη



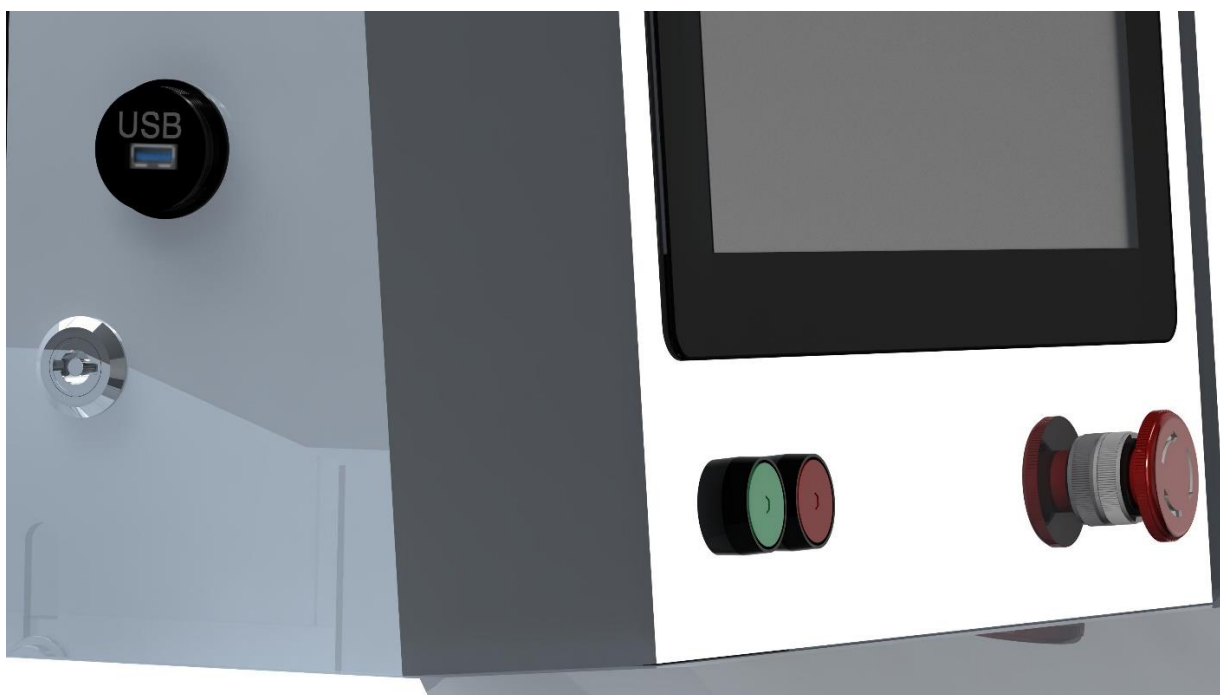
Εικόνα 35:Πλάγια προβολή Διαχωριστήρα με ανοικτά 4 από τα 8 κινούμενα μέρη



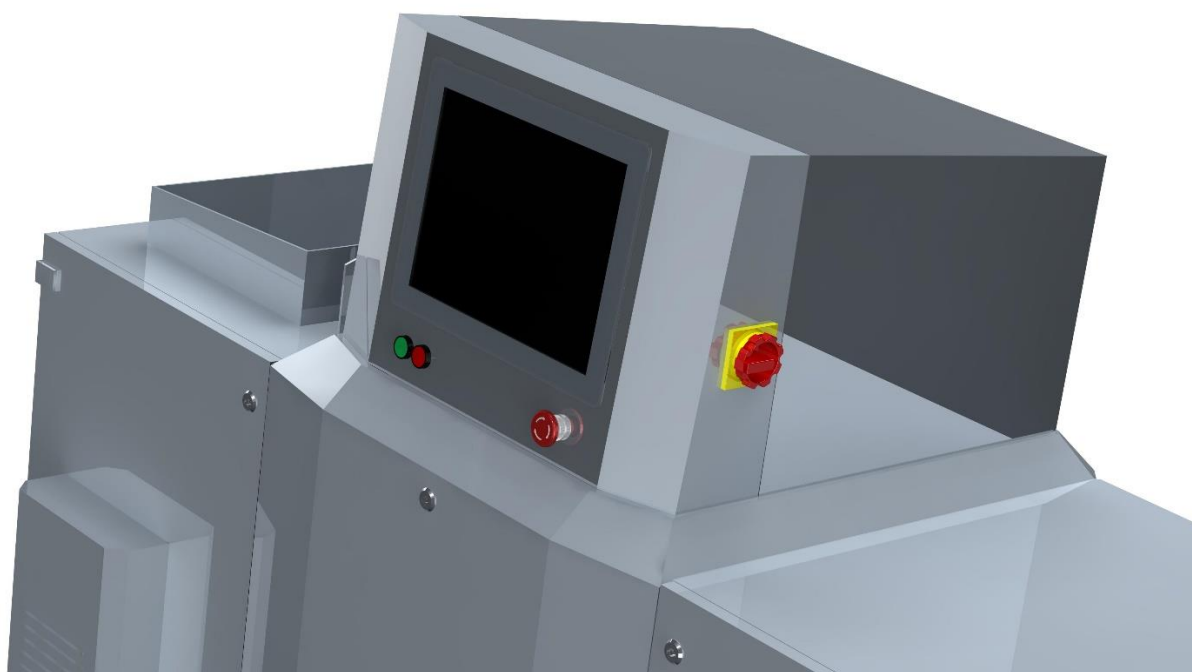
Εικόνα 36:Πλάγια προβολή άνω μέρους Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 37:Πλάγια προβολή Εισόδου Θρυμμάτων



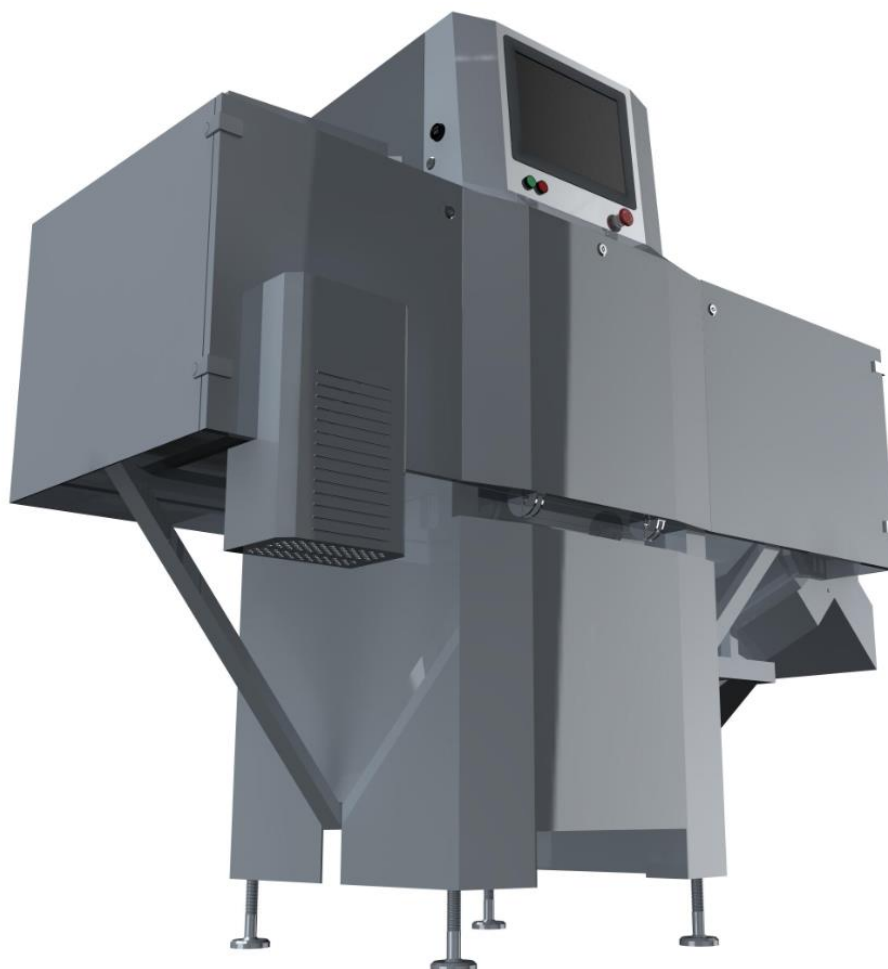
Εικόνα 38:Πλάγια προβολή Πίνακα Ελέγχου



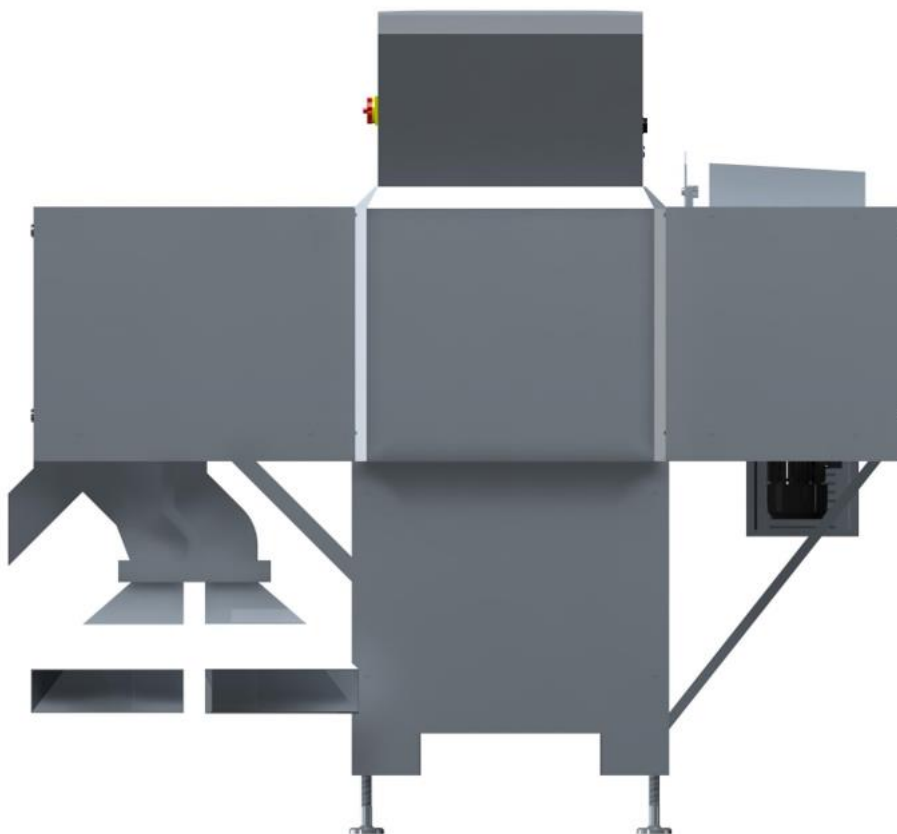
Εικόνα 39:Πλάγια προβολή άνω μέρους Σ.Ε.Α.Χ



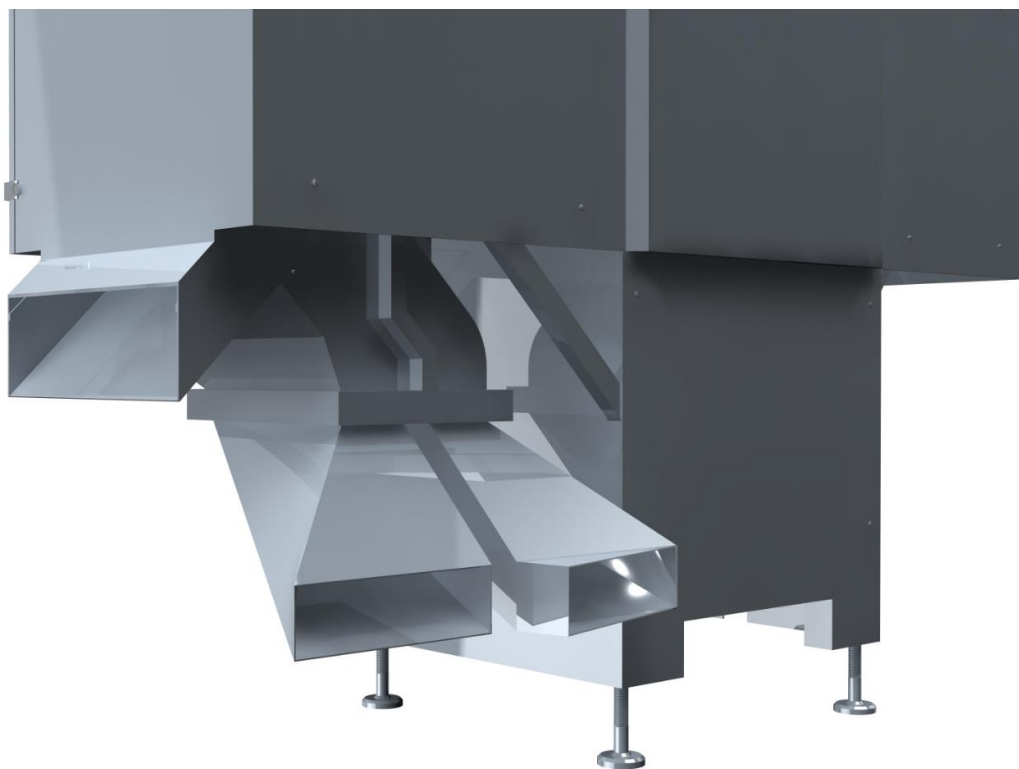
Εικόνα 40: Πλάγια προβολή εσωτερικού θαλάμου κεφαλής Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 41: Πλάγια προβολή Σ.Ε.Α.Χ



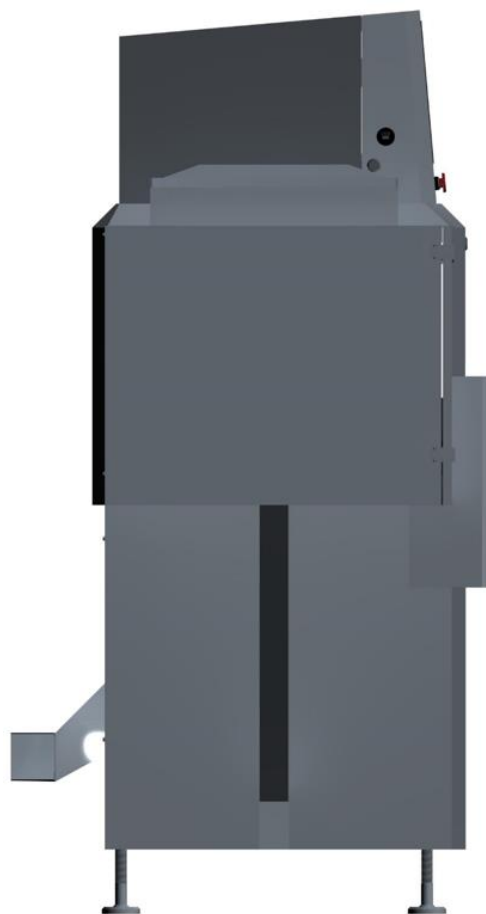
Εικόνα 42:Πίσω όψη Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 43:Πλάγια προβολή 3 εξόδων Διαχωριστήρα Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 44:Δεξιά Πλάγια όψη Σ.Ε.Α.Χ



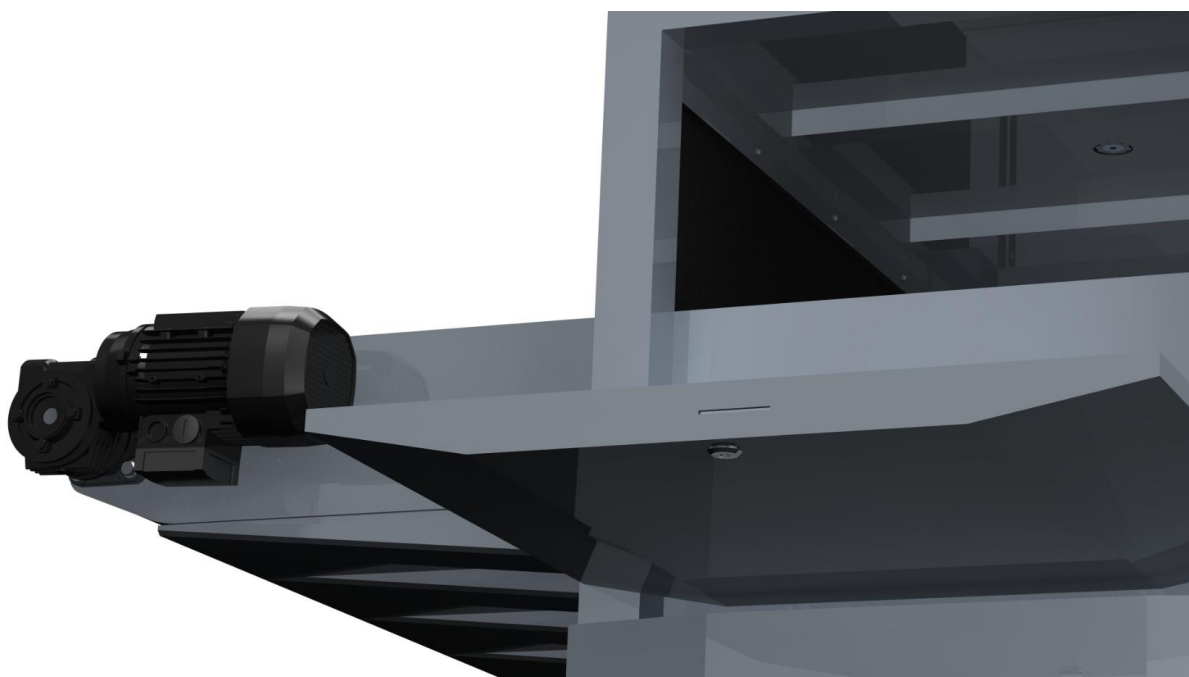
Εικόνα 45:Αριστερή Πλάγια όψη Σ.Ε.Α.Χ



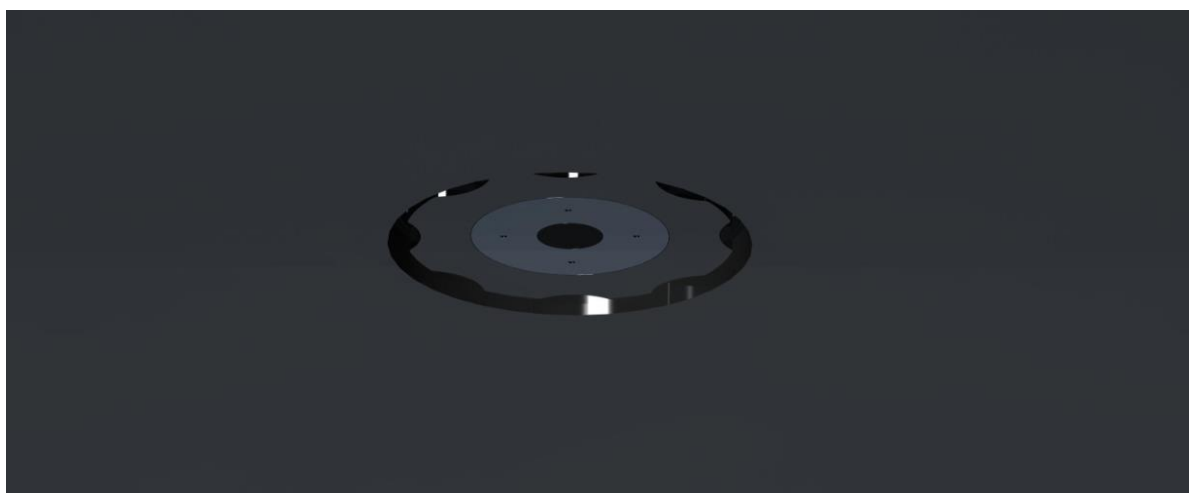
Εικόνα 46: Πλάγια προβολή Σ.Ε.Α.Χ



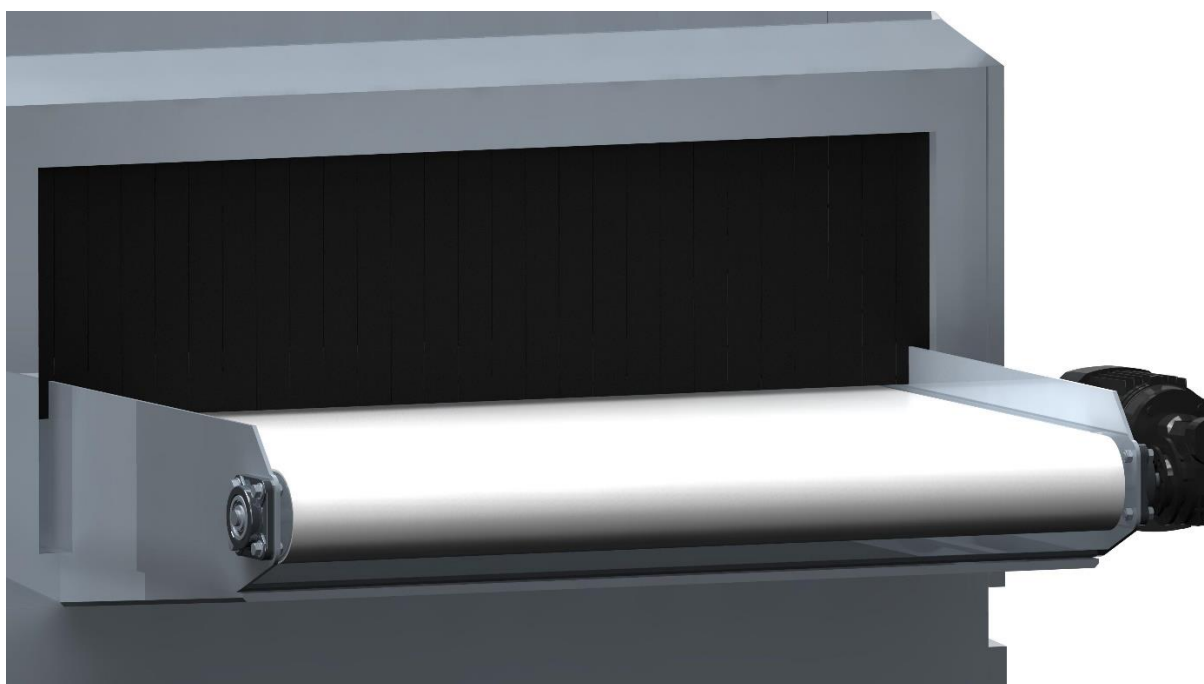
Εικόνα 47: Πλάγια προβολή Σ.Ε.Α.Χ προς χώρο επιθεώρησης



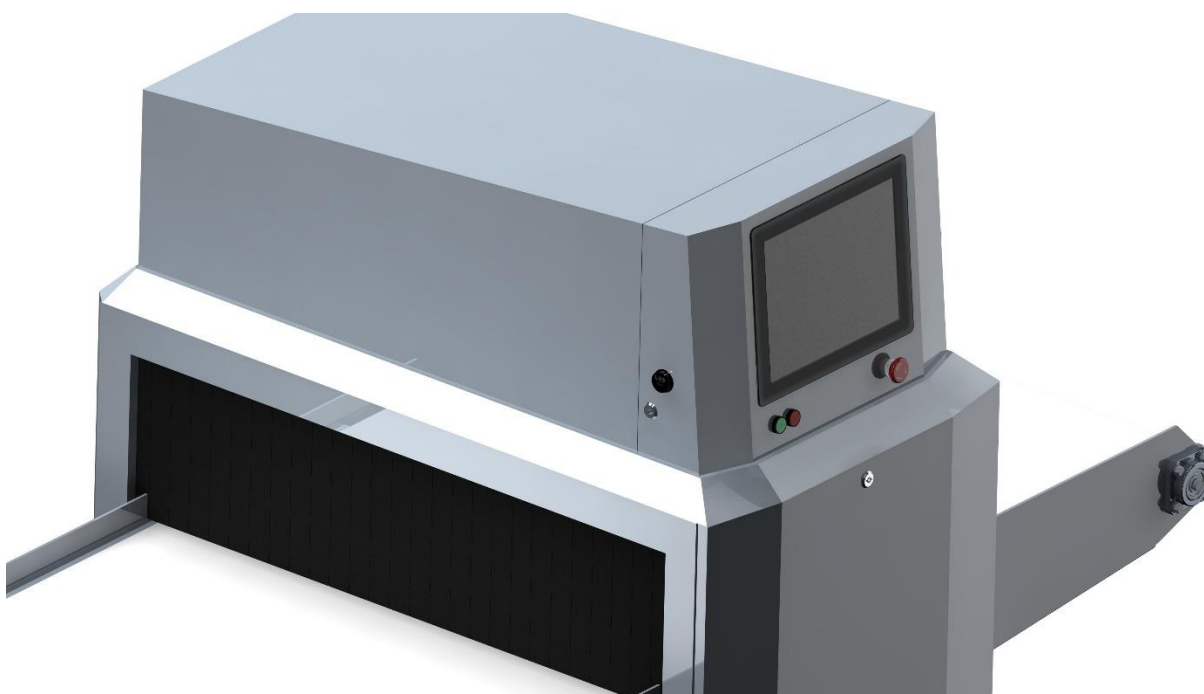
Εικόνα 48: Πλάγια Προβολή Θαλάμου Επιθεώρησης & Ηλεκτροκινητήρα



Εικόνα 49: Προβολή Ακτινοβολέα στο Θαλάμου Επιθεώρησης



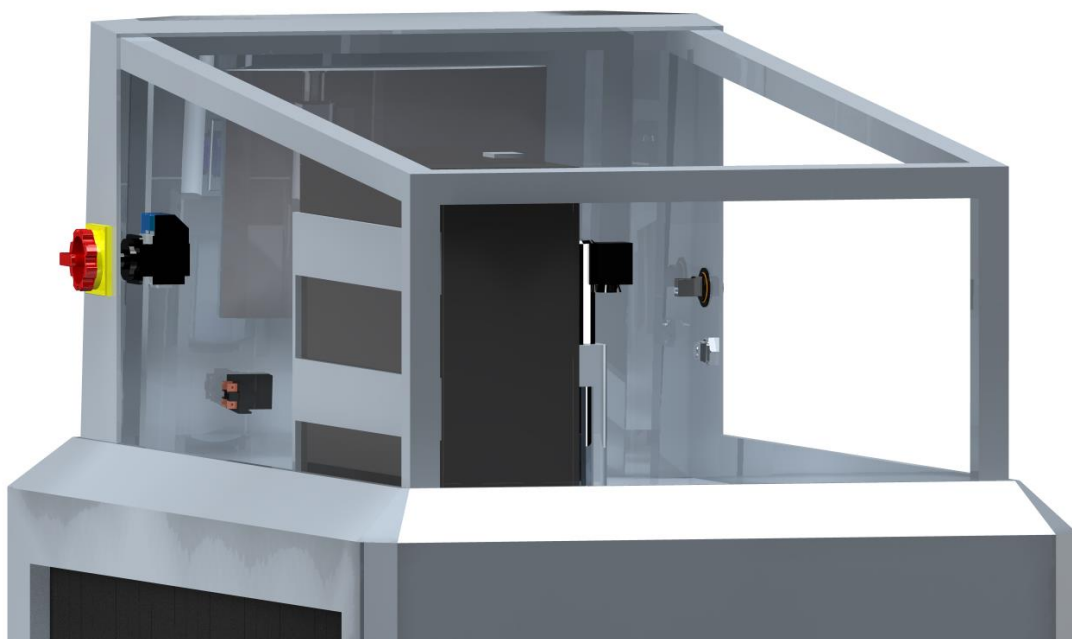
Εικόνα 50: Πλάγια Προβολή Εισόδου Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 51: Πλάγια Προβολή Εισόδου Σ.Ε.Α.Χ



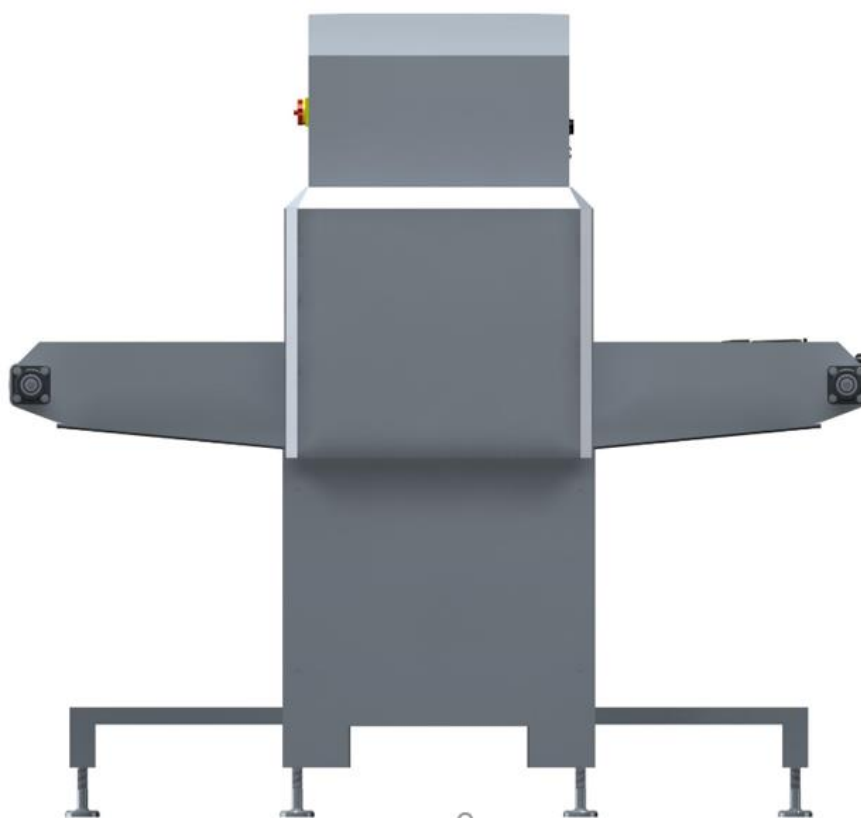
Εικόνα 52:Πλάγια προβολή άνω μέρους Σ.Ε.Α.Χ



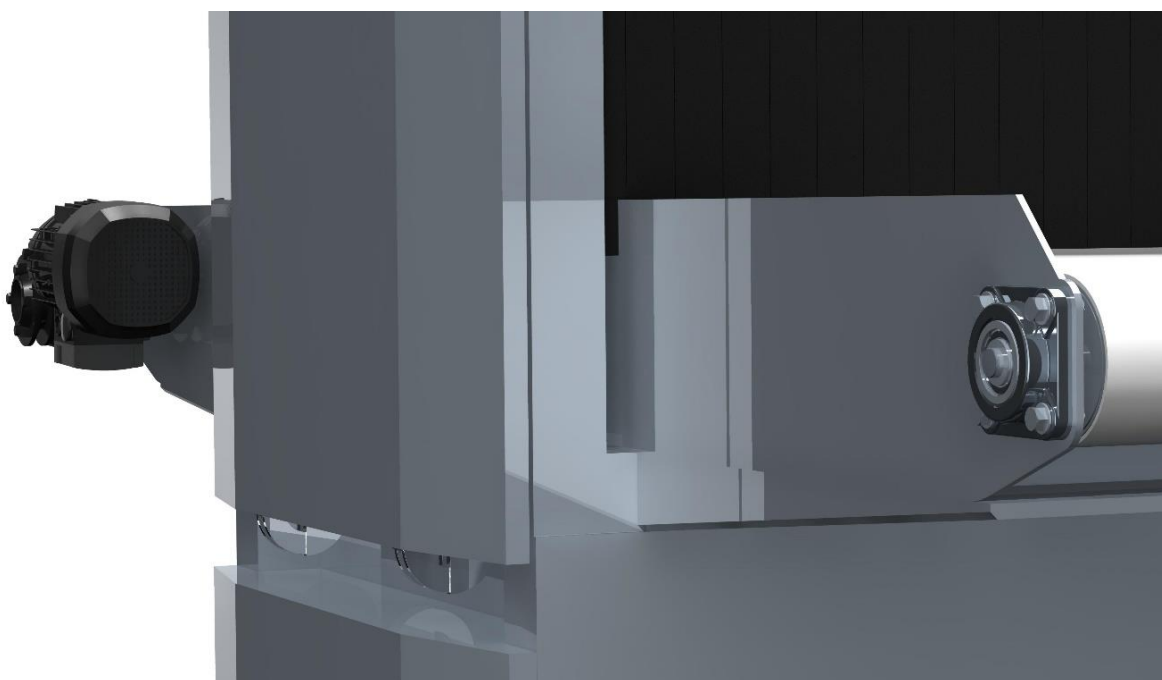
Εικόνα 53:Πλάγια προβολή εσωτερικού θαλάμου κεφαλής Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 54: Πλάγια προβολή Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 55: Πίσω όψη Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 56: Πλάγια προβολή Εξόδου Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 57: Πλάγια προβολή Ηλεκτροκινητήρα Ιμάντα Μεταφοράς



Εικόνα 58:Δεξιά Πλάγια όψη Σ.Ε.Α.Χ



Εικόνα 59:Αριστερή Πλάγια όψη Σ.Ε.Α.Χ