

Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Η ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Προσέγγιση στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη

Χρ. Κορωναίος, Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) του Ε.Μ.Π. “ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ”

Περίληψη

Η οικονομία η κοινωνία και το περιβάλλον αποτελούν τους τρεις πυλώνες της ολοκληρωμένης ανάπτυξης. Η λήψη αποφάσεων στο επίπεδο του κεντρικού σχεδιασμού για την ανάπτυξη και στο επίπεδο της τοπικής αυτοδιοίκησης, πολύ σπάνια ή και καθόλου λαμβάνει υπόψην θέματα που αφορούν την Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη. Οι περισσότερες των αποφάσεων είναι βασισμένες σε παράγοντες που καμιά σχέση δεν έχουν με τις βασικές αρχές που διέπουν την ολοκληρωμένη ανάπτυξη. Το μήνυμα που αυτή η εργασία θέλει να μεταφέρει είναι ότι με βασικό εργαλείο την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) μπορούν να αναπτυχθούν δείκτες βάση των οποίων μπορεί να γίνει αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης (ανάλυση περιβαλλοντικών επιπτώσεων), της οικονομικής αποδοτικότητας (κόστος κύκλου ζωής), με την προϋπόθεση ότι αυτοί οι δείκτες είναι πολύ συγκεκριμένοι, χρήσιμοι και αρκετοί για να συμπεριλάβουν τα ποιά ζωτικά θέματα. Ένα πλαίσιο εργασίας σχετικό με τα θέματα ανάπτυξης είναι πολύ σπουδαίο για την ανάπτυξη τέτοιων δεικτών. Στόχος της εργασίας είναι να περιγράψει το πώς η Ανάλυση Κύκλου Ζωής μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη δεικτών ολοκληρωμένης ανάπτυξης και να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί το κατά πόσο συγκεκριμένες δράσεις συμβάλουν στην ολοκληρωμένη ανάπτυξη.

Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι ένα σύνολο συστηματικών διεργασιών με σκοπό την συλλογή και εξέταση των στοιχείων εισόδου και εξόδου των ενεργειακών ισοζυγίων και ισοζυγίων μάζας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με αυτά και προσδιορίζονται απευθείας μέσω της λειτουργίας προϊόντων ή συστημάτων κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής.

1. Εισαγωγή

Με την όλο και περισσότερο ευαισθητοποίηση μεγάλου μέρους του πληθυσμού για τα θέματα που αφορούν το περιβάλλον, η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παραγωγική διαδικασία έχει γίνει μέρος της προσπάθειας πολλών κρατών και οργανισμών. Ενώ μέχρι τώρα η αύξηση του κέρδους και η βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος αποτελούσαν τον μοναδικό στόχο κάθε παραγωγικής διαδικασίας, παράγοντες όπως η ελάττωση των ρύπων και η διαχείριση των αποβλήτων αρχίζουν να παίζουν καθοριστικό ρόλο στην λειτουργία των παραγωγικών μονάδων. Η δραστική ελάττωση της παραγωγής βιομηχανικών αποβλήτων, τοξικών ουσιών και καθ' επέκταση αστικών αποβλήτων μπορεί να γίνει μόνο με τον ανασχεδιασμό των προϊόντων και των φυσικών και χημικών διεργασιών. Για την ενσωμάτωση όλων των περιβαλλοντικών περιορισμών στον σχεδιασμό μιας παραγωγικής διαδικασίας ή κάποιας υπηρεσίας απαιτείται νέα προσέγγιση σχεδιασμού με κύριο στοιχείο την αναγνώριση και την κατάταξη των ρυπογόνων ροών από τις διεργασίες.

Η μελέτη Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι ένα σύνολο συστηματικών διεργασιών με σκοπό την συλλογή και εξέταση των στοιχείων εισόδου και εξόδου των ενεργειακών ισοζυγίων και ισοζυγίων μάζας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με αυτά και προσδιορίζονται απευθείας μέσω της λειτουργίας του προϊόντος ή του συστήματος εξυπηρέτησης κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής (Σχήμα 1).

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι ταυτόχρονα μια συλλογιστική, μια νέα σκέψη, ένα εργαλείο για την παρακολούθηση και αποτίμηση της περιβαλλοντικής επίδοσης ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας ή μιας δράσης καθ' όλη την διάρκεια της ύπαρξής του από το σημείο της ανάκτησης της πρώτης ύλης μέχρι της τελικής διάθεσης είτε μέσω ανακύκλωσης ή καύσης ή απόρριψης ή παρασκευής λιπάσματος

Το πολύ ισχυρό αυτό εργαλείο μπορεί να συμβάλει στη διαμόρφωση περιβαλλοντικών νόμων για την κατεύθυνση της ανάπτυξης και την χρήση προϊόντων, να βοηθήσει τους κατασκευαστές να αναλύσουν τις διεργασίες τους και να βελτιώσουν τα προϊόντα τους καθώς επίσης και να διευκολύνει τους καταναλωτές παρέχοντάς τους τις πληροφορίες που χρειάζονται όταν πρόκειται να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών προϊόντων.

Η SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry, 1991) έχει ορίσει την *Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ)* σαν “μια τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, εκτιμώντας τις επιπτώσεις από την χρήση της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων και αναγνωρίζοντας και εκτιμώντας τις δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων”.

2. Μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η AKZ είναι ένα νέο εργαλείο ανάλυσης που βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη γι' αυτό δεν είναι δυνατό να καθοριστούν αυστηροί κανόνες μεθοδολογίας. Η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων για την εισαγωγή απλοποιήσεων ή του κατάλληλου επιπέδου ανάλυσης, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον σκοπό κάθε μιας μελέτης ξεχωριστά.

Το πλαίσιο μεθοδολογίας της AKZ που προτείνεται από τον SETAC (1991, 1992, και 1993) αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια: 1) τον προσδιορισμό του στόχου και της έκτασης της μελέτης, 2) την αναλυτική απογραφή δεδομένων, 3) την εκτίμηση επιπτώσεων και 4) την εκτίμηση βελτιώσεων (βλ. σχήμα 2).

Ο προσδιορισμός του στόχου και της έκτασης της μελέτης καθορίζεται από τον σκοπό, το αντικείμενο, και τη μελλοντική εφαρμογή της μελέτης που επηρεάζουν την κατεύθυνση, το βάθος της, και τις απαιτήσεις της τελικής αναφοράς και της επανεξέτασής της.

Κατά την *αναλυτική απογραφή* του κύκλου ζωής, συλλέγονται και παρουσιάζονται δεδομένα στοιχείων εισόδου και εξόδου του υπό εξέταση συστήματος. Η ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στις αναλυτικές απογραφές, αποτελεί υπόθεση υψίστης σημασίας λόγω της μεγάλης ανομοιομορφίας των πηγών προέλευσης και της ευρύτητας του αντικειμένου.

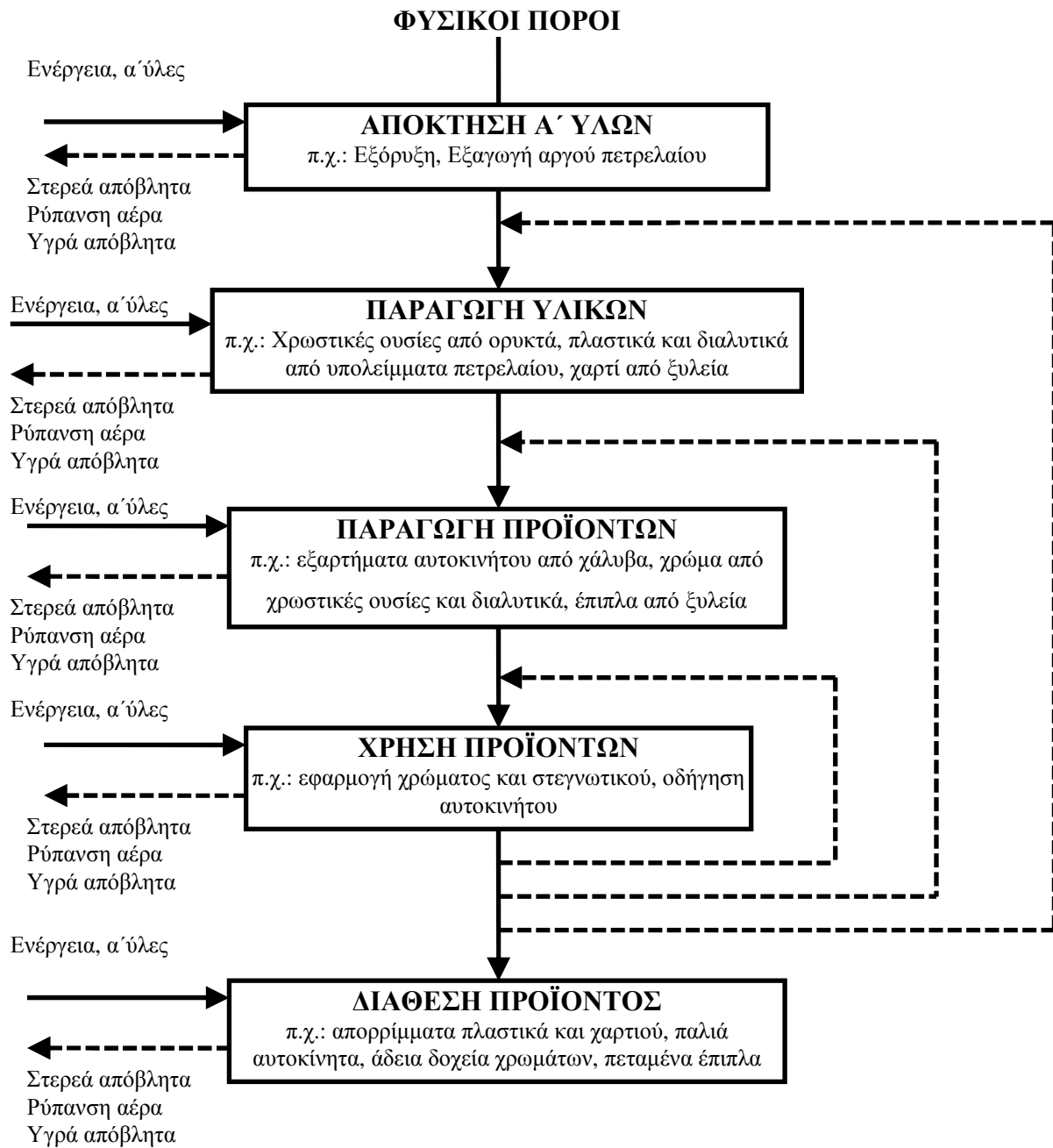
Η *εκτίμηση των επιπτώσεων* δίνει μία προοπτική στα δεδομένα και στις πληροφορίες εισόδου και εξόδου. Χωρίς την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αποβλήτων, και της ελάττωσης των αποθεμάτων, είναι δύσκολο να γίνει κατανοητή η σχέση των δεδομένων εισόδου και εξόδου του συστήματος με το περιβάλλον, ή το όφελος από την επίτευξη βελτιώσεων στο σύστημα.

Η *εκτίμηση βελτιώσεων* βοηθά στο να εξασφαλιστούν οι βέλτιστες δυνατές στρατηγικές μείωσης και τα προγράμματα βελτίωσης που δεν θα δημιουργούν επιπρόσθετες απρόβλεπτες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και την υγεία του περιβάλλοντος.

Λειτουργική μονάδα

Ο καθορισμός της λειτουργικής μονάδας αποτελεί ένα θεμελιώδες βήμα για την αποφυγή ασαφειών κατά τη διατύπωση του σκοπού. Η λειτουργική μονάδα συντελεί στη δημιουργία μιας βάσης σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών κύκλων ζωής προϊόντος, και μεταξύ διαφόρων σεναρίων ή υποθέσεων. Επίσης είναι ένα μέτρο απόδοσης του συστήματος. Θα πρέπει να

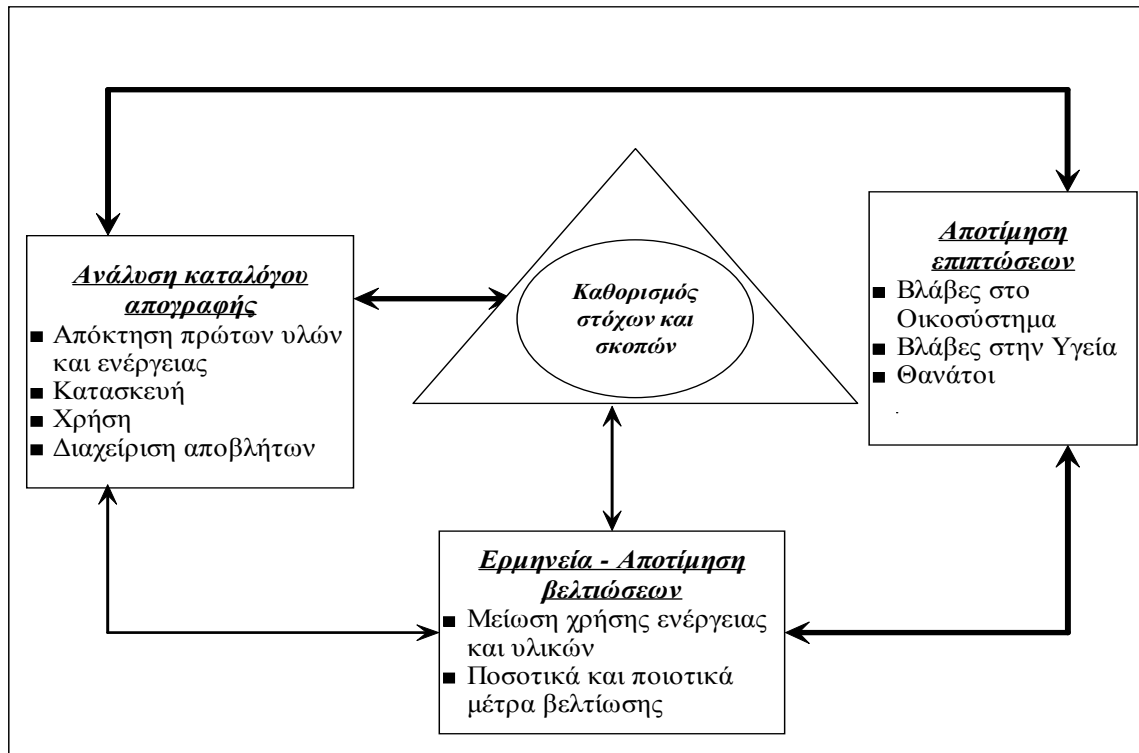
είναι πλήρως καθορισμένη, μετρήσιμη και σχετική με τα δεδομένα εισόδου και εξόδου (Σχήμα 3)



Σχήμα 1. Πλαίσιο Απογραφής στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής

Ένας εύκολος διαχωρισμός του συστήματος σε υποσυστήματα μπορεί να γίνει με βάση τα στάδια του κύκλου ζωής. Κάθε στάδιο ή διεργασία μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα υποσύστημα του συνολικού συστήματος. Αντιμετωπίζοντας τα στάδια ως υποσυστήματα, διευκολύνεται η συγκέντρωση των δεδομένων για την αναλυτική απογραφή του όλου συστήματος.

Σε μια αναλυτική απογραφή κύκλου ζωής που γίνεται με στόχο τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για μελλοντική αξιοποίηση ή βελτίωση του προϊόντος, η μονάδα πάνω στην οποία πραγματοποιείται η ανάλυση μπορεί να είναι σχεδόν οτιδήποτε ανταποκρίνεται με συνέπεια στην παραγωγική διαδικασία. Εάν για παράδειγμα θελήσουμε να κάνουμε ΑΚΖ στο σαπούνι, μια δυνατή μονάδα χρήσης (λειτουργική μονάδα) θα μπορούσε να είναι μια μεμονωμένη πλάκα. Εντούτοις, εάν ταυτόχρονα αναλυόταν και η συσκευασία του προϊόντος, θα ήταν σημαντικό για λόγους συνέπειας, να εξεταζόταν η συσκευασία διαφόρων ποσοτήτων όπως ενός τεμαχίου, τριών πακέτων, κλπ.



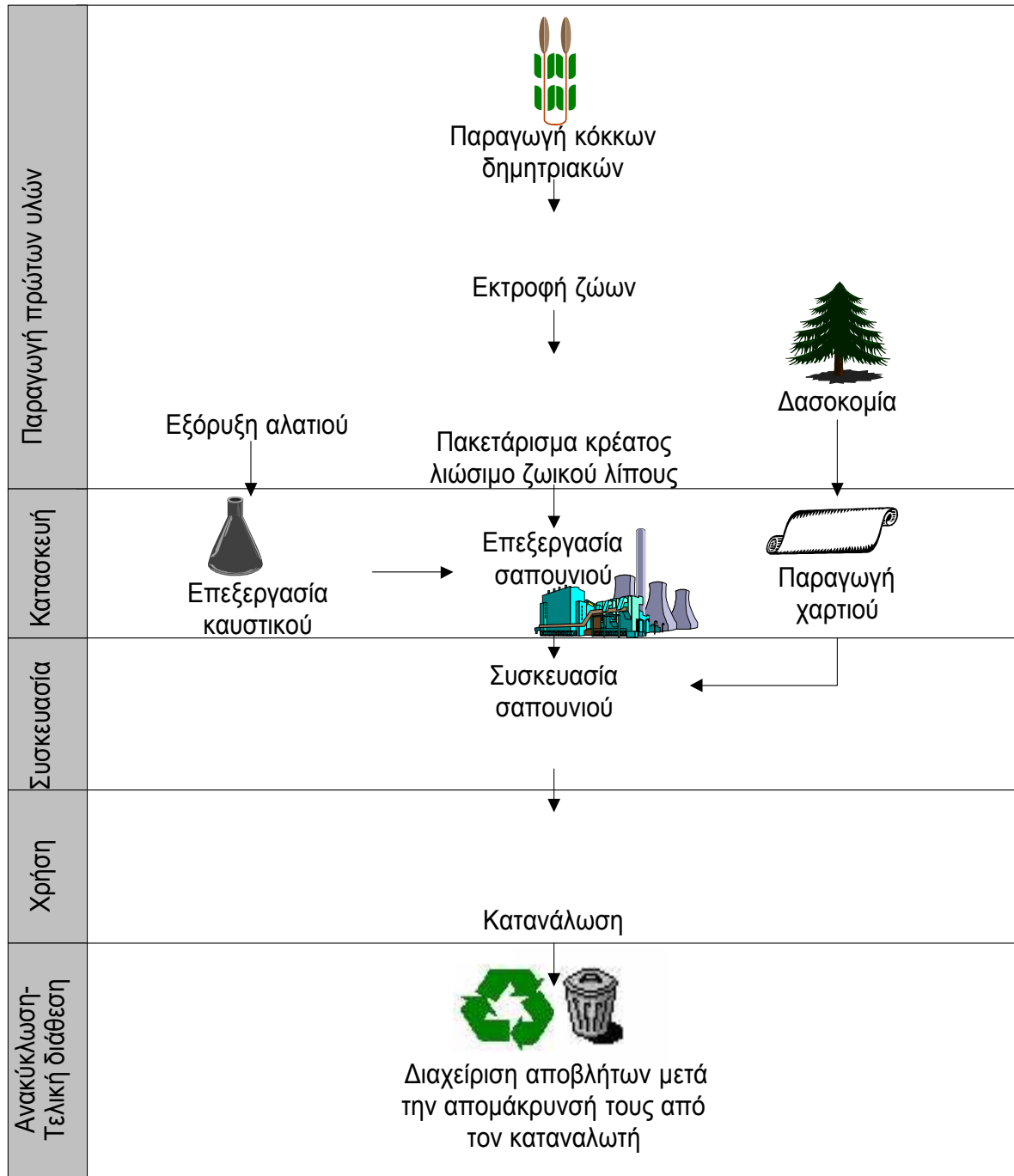
Σχήμα 2. Στάδια ΑΚΖ (Πηγή: ISO, 1997)



Σχήμα 3. Σχηματική αναπαράσταση ενός απλού συστήματος

Στην περίπτωση που η αναλυτική απογραφή κύκλου ζωής είχε την πρόθεση να αναλύσει εάν το σαπούνι θα έπρεπε να παρασκευαζόταν χρησιμοποιώντας σαν πρώτη ύλη ζωικό ή φυτικό παράγωγο, τα όρια του συστήματος και οι μονάδες της ανάλυσης θα ήταν πιο πολύπλοκα. Πρώτα, το διάγραμμα ροής θα έπρεπε να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει την καλλιέργεια, τη συγκομιδή και τα στάδια επεξεργασίας για τις εναλλακτικές πρώτες ύλες τροφοδοσίας. Κατόπιν, θα έπρεπε να εξεταστεί η απόδοση του τελικού προϊόντος. Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται συνοπτικά ο κύκλος ζωής μιας πλάκας σαπουνιού και ο διαχωρισμός του σε στάδια, περιλαμβάνοντας τις βασικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στο καθένα. Έτσι,

στο στάδιο της παραγωγής πρώτων υλών περιλαμβάνονται οι διεργασίες παραγωγής όλων των υλικών (αλάτι, λίπος, ξύλο) που απαιτούνται για την παραγωγή της πλάκας σαπουνιού. Στο στάδιο της κατασκευής περιλαμβάνονται οι επεξεργασίες των υλικών για την παραγωγή των βοηθητικών υλών και του προϊόντος. Ακολουθεί το στάδιο της συσκευασίας του, το στάδιο της χρήσης του από τον καταναλωτή και τέλος το στάδιο της τελικής διάθεσής του, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των αποβλήτων μετά την απομάκρυνσή τους από τον καταναλωτή.

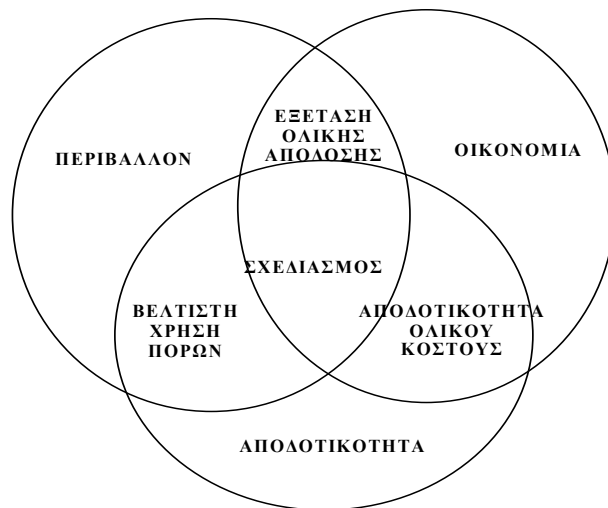


Σχήμα 4. Παράδειγμα κύκλου ζωής μιας πλάκας σαπουνιού

3. Χρήσεις της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής παίζει καθοριστικό ρόλο σε όλο το φάσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Σχήμα 5).

Η χρήση της ΑΚΖ στην δημόσια διοίκηση μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο στην λήψη αποφάσεων που θα περιορίσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η επιλογή μεθόδων εκτέλεσης δημόσιων έργων, η επιλογή υλικών απαραίτητων για την λειτουργία των δημόσιων οργανισμών, η λειτουργία δημόσιων επιχειρήσεων κλπ., αποτελούν παραδείγματα όπου η εφαρμογή του εργαλείου της ΑΚΖ μπορεί να οδηγήσει σε πολύ θετικά αποτελέσματα.



Σχήμα 5. Διαχείριση του κύκλου Ζωής

Η ΑΚΖ στην δημιουργία δεικτών

Η χρήση των δεικτών ολοκληρωμένης ανάπτυξης (ΔΟΑ) είναι εργαλεία που αποσκοπούν στο να καταστήσουν την έννοια της ολοκληρωμένης ανάπτυξης μετρήσιμη με την ποσοτικοποίηση τάσεων στην κοινωνία και να προσπαθήσουμε να αντιμετωπίσουμε το βασικό ερώτημα: Είμαστε σε τροχιά προς την ολοκληρωμένη ανάπτυξη ή όχι; Ο κύριος σκοπός των ΔΟΑ είναι να αποτελέσουν ενίσχυση στη λήψη αποφάσεων με την παροχή πληροφοριών σχετικά με την αειφορία σε μια ολοκληρωμένη και ποσοτική μορφή. Επιπλέον, οι ΔΟΑ μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία και για παρακολούθηση των διεθνών, εθνικών και περιφερειακών στόχων. Η ΑΚΖ μπορεί να αποτελέσει το κύριο εργαλείο στην ανάπτυξη περιβαλλοντικών ΔΟΑ που θα αφορούν όλη την διαδικασία παραγωγής και αποφάσεων. Για την ανάπτυξη δεικτών μπορεί να ακολουθηθούν οι αρχές Bellagio όπου γίνεται μια προσπάθεια να δώσει κατευθύνσεις για το σύνολο της διαδικασία αξιολόγησης, συμπεριλαμβανομένης της επιλογής και του σχεδιασμού των ΔΟΑ, την ερμηνεία τους και την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων (Hardi και Zdan, 1997).

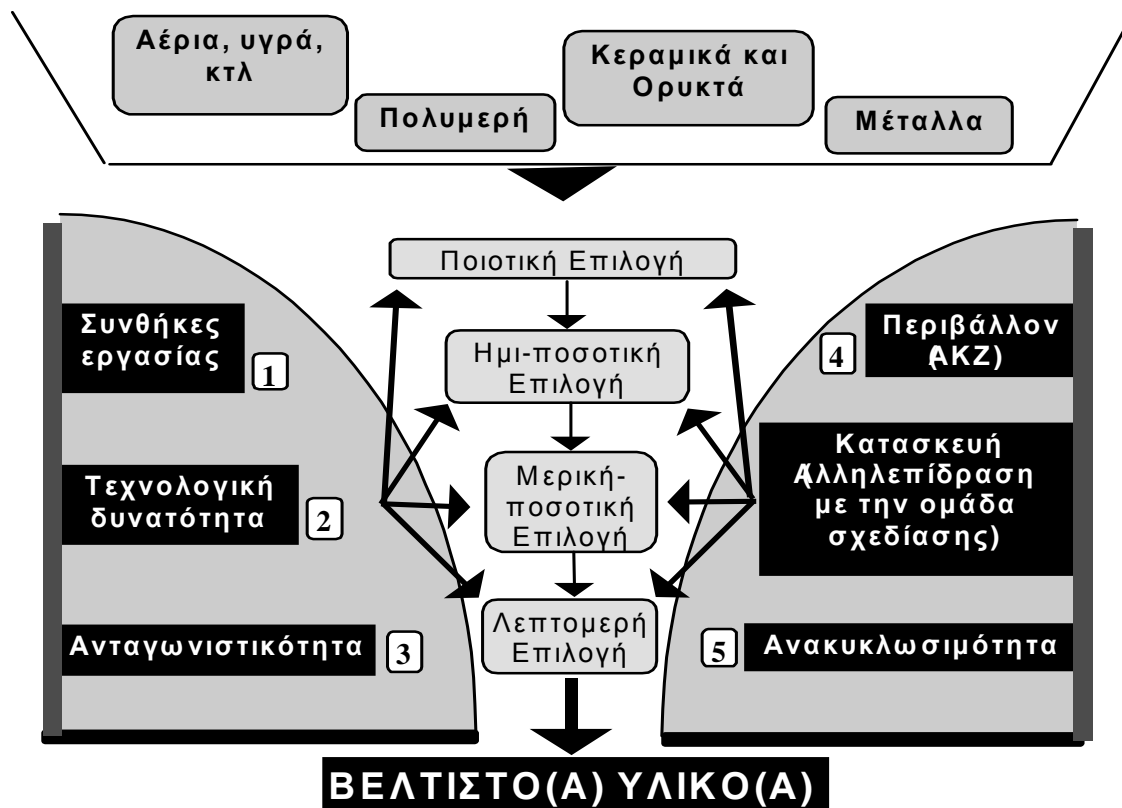
Η ΑΚΖ στη βιομηχανία

Στη βιομηχανία χρειάζονται δημιουργικές, αποτελεσματικές, και αποδοτικές μέθοδοι για να αντιμετωπιστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που είναι γνωστές αλλά και εκείνες που μόλις αρχίζουν να παρουσιάζονται. Η αποτελεσματικότερη προσέγγιση για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι να χρησιμοποιηθεί η ΑΚΖ στις αρχικές φάσεις σχεδιασμού και να αναγνωριστούν οι εκτάσεις του προβλήματος, επιβάλλοντας προτεραιότητες και δίνοντας έμφαση σε πραγματικές αποτελεσματικές λύσεις. Η ΑΚΖ, ως

εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης, συμβάλλει στο να αντιμετωπιστούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα μέσω της επιλογής των υλικών, της διαδικασίας αλλαγής του σχεδιασμού προϊόντων, της αυξημένης επαναχρησιμοποίησης, της εκμετάλλευσης των υποπροϊόντων και της ανακύκλωσης.

AKZ και οικολογικός σχεδιασμός (Eco-Design/ Ecomaterials)

Για την κατασκευή ενός προϊόντος ή την ανάπτυξη μιας παραγωγικής διαδικασίας χρησιμοποιούνται ορισμένα τεχνικά δεδομένα. Με βάση τα δεδομένα αυτά είναι δυνατόν να εφαρμοστεί η μέθοδος της AKZ από την αρχή του σχεδιασμού. Ο παράγοντας περιβάλλον εισέρχεται δυναμικά και στο στάδιο έρευνας, ανάπτυξης και σχεδιασμού ενός προϊόντος ή μιας παραγωγικής διαδικασίας. Το EuroMat σαν σχεδιαστικό εργαλείο περιλαμβάνει 5 κριτήρια επιλογής όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 6. Εδώ χρησιμοποιείται μια διαδικασία “επαναπροσέγγισης”. Αυτή περιλαμβάνει: ιεράρχηση των υλικών (top-down step by step approach) και επανεξέταση της διαδικασίας επιλογής των ιεραρχημένων υλικών, λαμβάνοντας υπόψη και ποιοτικά κριτήρια. Στα διάφορα στάδια αυτής της διαδικασίας προσέγγισης, εισάγονται διάφοροι δείκτες επιλογής π.χ. κατανάλωση ενέργειας.



Σχήμα 6. Εργαλείο οικολογικού σχεδιασμού βασισμένο στη προσέγγιση της ιεράρχησης των υλικών (top-down eco-design)

Η AKZ ως εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης

Εντάσσοντας την Ανάλυση Κύκλου Ζωής μέσα στο γενικότερο πλαίσιο της περιβαλλοντικής διαχείρισης, η AKZ αποτελεί μια μόνο από τις διάφορες τεχνικές περιβαλλοντικής διαχείρισης. Συμπληρώνει άλλες τεχνικές όπως την ανάλυση περιβαλλοντικής επίδρασης, την αναγνώριση πηγών κινδύνου (hazard identification), την εκτίμηση κινδύνων (risk assessment), την τεχνολογική ανάλυση (technology assessment), τις μεθοδικές και

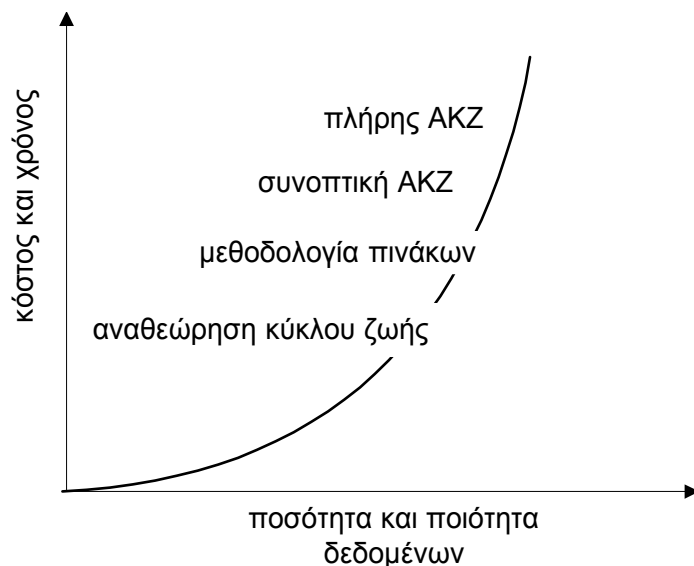
λεπτομερείς εξετάσεις αποβλήτων (waste audits) και τον περιορισμό των αποβλήτων των διεργασιών (waste minimization assessment of processes) με σκοπό τον περιβαλλοντική σχεδιασμό, την υπεύθυνη διαχείριση του προϊόντος, και την δημιουργία μέτρων σύγκρισης συστημάτων διαχείρισης. Όλες αυτές οι τεχνικές και τα εργαλεία διαχείρισης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται εκεί όπου, κατά περίπτωση, κρίνονται ως κατάλληλα.

Η ΑΚΖ ως εργαλείο εκτίμησης κόστους

Η απόφαση για την κατασκευή μιας βιομηχανικής μονάδας εξαρτάται από το πόσο επικερδής θα είναι η λειτουργία της. Με την χρησιμοποίηση της ΑΚΖ μας δίδεται η δυνατότητα ανάλυσης του ολικού κόστους της παραγωγής ενός προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων και των επί μέρους επιπτώσεων της χρήσης του προϊόντος.

4. Δυνατότητες Διαφορετικών Προσεγγίσεων ΑΚΖ

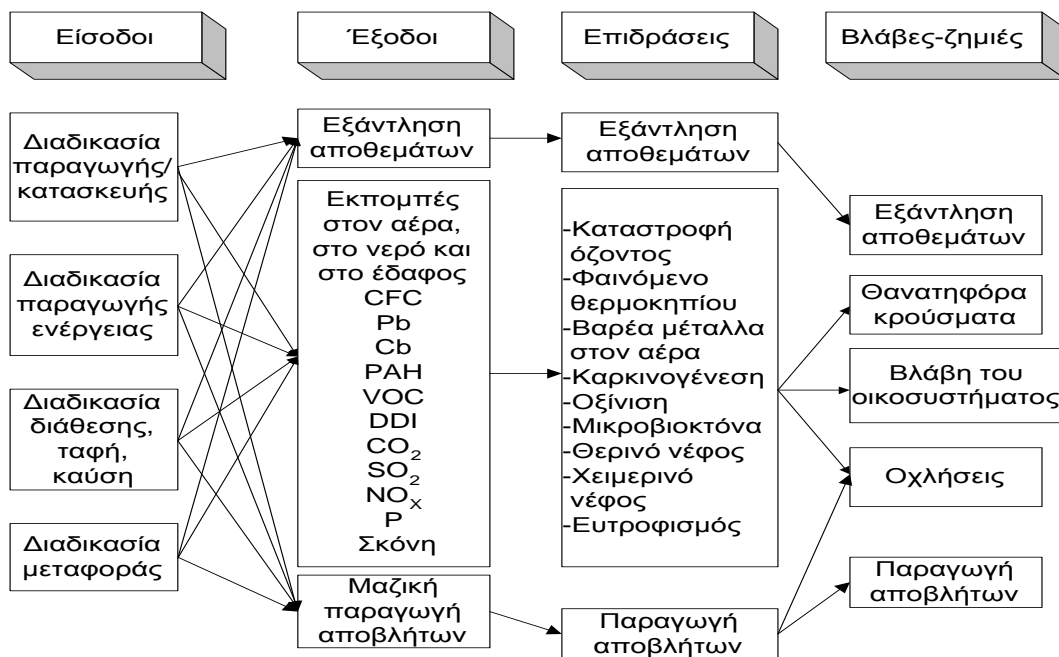
Ανάλογα με τον χρόνο διάρκειας μιας μελέτης, το κόστος και την ποσότητα και ποιότητα δεδομένων θα εξαρτηθεί και η προσέγγιση για την εκπόνηση της ΑΚΖ. Το Σχήμα 6 παρουσιάζει τις διάφορες προσεγγίσεις.



Σχήμα 6. Διάφορες προσεγγίσεις μιας ΑΚΖ

5. Εκτίμηση Επιπτώσεων

Η εκτίμηση επιπτώσεων στην ΑΚΖ είναι μια ποσοτική ή/ και ποιοτική διαδικασία που χρησιμοποιείται, για να χαρακτηρίσει και να εκτιμήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προσδιορίζονται κατά τη φάση της απογραφής δεδομένων. Η περιβαλλοντική επίπτωση ενός προϊόντος μπορεί να περιγραφεί με διάφορους τρόπους, αλλά γενικά καταλήγει στον υπολογισμό της επίπτωσης του προϊόντος εξετάζοντας στις εξόδους, τις επιδράσεις ή καταστροφές που προκαλούνται σε μια ή περισσότερες φάσεις του κύκλου ζωής (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. Σχηματική απεικόνιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που προτείνεται από τον SETAC, η εκτίμηση επιπτώσεων αποτελείται από τα ακόλουθα τρία βήματα: ταξινόμηση, χαρακτηρισμό και αξιολόγηση.

Η σχέση μεταξύ ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων στην εκτίμηση επιπτώσεων.

Η εκτίμηση επιπτώσεων συνήθως περιγράφεται ως μια βήμα προς βήμα ερμηνεία του σταδίου της απογραφής: Απογραφή \Rightarrow Ταξινόμηση \Rightarrow Χαρακτηρισμός (\Rightarrow Κανονικοποίηση) \Rightarrow Αξιολόγηση.

6. Εκτίμηση Βελτιώσεων

Ο οργανισμός SETAC ορίζει την εκτίμηση βελτιώσεων ως εξής: “Η εκτίμηση βελτιώσεων αποτελεί μια συστηματική αξιολόγηση των αναγκών και δυνατοτήτων για την μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που συνδέεται με τη χρήση ενέργειας και πρώτων υλών και τις περιβαλλοντικές εκπομπές καθ’ όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής προϊόντων, διεργασιών και υπηρεσιών. Η ανάλυση αυτή είναι δυνατό να περιέχει τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά μέτρα βελτίωσης, όπως αλλαγές στο προϊόν, στη διεργασία και τον σχεδιασμό, στη χρήση των πρώτων υλών, στη χρήση από τον καταναλωτή και στη διαχείριση των απορριμμάτων”.

Μια εκτίμηση βελτιώσεων ενός προϊόντος μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του αριθμητικού μητρώου εκτίμησης 5x5. Η διαδικασία εκτίμησης με τη βοήθεια του μητρώου 5x5, αποτελεί μια “ημιποιοτική” μεθοδολογία της AKZ, σε αντίθεση με άλλες οι οποίες προσπαθούν να είναι ποσοτικές και ταυτόχρονα επιλεκτικές. Το μητρώο σχεδιάζεται έτσι ώστε στον οριζόντιο άξονα να περιλαμβάνονται οι πέντε βασικοί τομείς περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος και στον κατακόρυφο τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής (πιν.2.7). Κάθε στοιχείο του πίνακα βαθμολογείται με έναν ακέραιο αριθμό, από το 0 (υψηλότερη επίδραση, πολύ αρνητική αξιολόγηση) μέχρι το 4 (χαμηλότερη επίδραση, πολύ θετική αξιολόγηση), αφού προηγηθεί εξέταση του προϊόντος ως προς το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη συσκευασία, τη χρήση και το πιθανό σενάριο τελικής διάθεσής του. Στην ουσία, τοποθετείται

ένας βαθμός αξιολόγησης (0-4) σε κάθε στοιχείο, ο οποίος παριστάνει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα στάδια της αναλυτικής απογραφής δεδομένων και της εκτίμησης των επιπτώσεων κατά την ΑΚΖ. Η αξιολόγηση γίνεται εμπειρικά και στηρίζεται σε σχεδιαστικές και κατασκευαστικές μελέτες, ή άλλες πληροφορίες.

Πίνακας 1. Το αριθμητικό μητρώο εκτίμησης 5x5

Στάδια κύκλου ζωής	Τομείς περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος				
	Επιλογή υλικών	Χρήση ενέργειας	Στερεά απορρίμματα	Υγρά απόβλητα	Αέριες εκπομπές
Απόκτηση πρώτων υλών/ Προκατασκευή	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)
Κατασκευή	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	(2,5)
Μεταφορά/ Συσκευασία	(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(3,5)
Χρήση	(4,1)	(4,2)	(4,3)	(4,4)	(4,5)
Ανακύκλωση/ Τελική διάθεση	(5,1)	(5,2)	(5,3)	(5,4)	(5,5)

7. Συμπεράσματα

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για την εξέταση της περιβαλλοντικής απόδοσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συγκρίσιμες μελέτες για να καθοριστούν τα σχετικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα προϊόντων που χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό.

Οι κύριοι αντικειμενικοί στόχοι κατά την διεξαγωγή μιας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι:

1. Η παροχή μιας όσο το δυνατόν ολοκληρωμένης εικόνας των αλληλεπιδράσεων μεταξύ μιας δραστηριότητας υπό εξέταση και του περιβάλλοντος.
2. Η συνεισφορά στην κατανόηση της αλληλεξάρτησης που χαρακτηρίζει την φύση των περιβαλλοντικών συνεπειών στο σύνολό τους, που προκύπτουν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.
3. Η λήψη αποφάσεων με την βοήθεια πληροφοριών, που καθορίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών των δραστηριοτήτων και αναγνωρίζουν τυχόν δυνατότητες για περιβαλλοντικές βελτιώσεις.
4. Η δημιουργία δεικτών ολοκληρωμένης ανάπτυξης (ΔΟΑ)

Η αξιοπιστία της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από: α) τον τρόπο μοντελοποίησης και τον βαθμό απλοποίησης των υπό εξέταση συστημάτων, β) το σύνολο των παραδοχών και των υποθέσεων που χρησιμοποιούνται σε κάθε βήμα της ανάλυσης και γ) την διαθεσιμότητα σύγχρονων και αξιόπιστων δεδομένων.

Βιβλιογραφία

SETAC, “Guidelines for Life Cycle Assessment: A ‘Code of Practice’”, Workshop (March 31 - April 3 1993) report, SETAC and SETAC Foundation for Environmental Education, Inc., Pensacola, FL., 1993.

Dr. Neil Kirkpatrick, “Life Cycle Assessment” in Warmer Bulletin, No. 47, 1995.

Lewis, H., “Data Quality for Life Cycle Assessment” address to National Conference on Life Cycle Assessment: Shaping Australia’s Environmental Future, Melbourne, 1996.

- Duda, M. and Shaw, S. Jane, "A New Environmental Tool? Assessing Life Cycle Assessment", Center for the Study of American Business (CSAB), Contemporary Issues No. 81, 1996.
- Breville, Magalie, Thomas Gloria, Michael O'Connell, and Theodore Saad, "Life Cycle Assessment, Trends, Methodologies and Current Implementation," Masters Thesis, Tufts University, Medford, MA., 1994.
- Prof. Chris Ryan, "Life Cycle Analysis and Design - A Productive Relationship?" address to National Conference on Life Cycle Assessment, Melbourne, 1996.
- Haftbaradaran, H., "An Environmentally Conscious Decision Support (EcoDS) System Based on a Streamlined LCA and a Cost Residual Risk Evaluation: Mercury Reduction in Fluorescent Light Bulbs Study", U.S. - Japan Center for Technology Management, School of Engineering, Vanderbilt University, Nashville, USA, 1996.
- Vigon, B.W. et al., "Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles", EPA/600/R-92/245, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, USA., 1992.
- Fleisher, G., Schmidt W-P, "Iterative Screening LCA in an Eco-Design Tool, Int. J. LCA 2 (1) p 20-24, 1997.
- Gilbert, A. J. and J. F. Feenstra "A sustainability indicator for the Dutch environmental policy theme 'Diffusion': cadmium accumulation in soil." Ecological Economics 9: 253-265, 1994.
- Hardi, P. and Zdan T., Assessing Sustainable Development. Principles in Practice. Winnipeg, Manitoba, Canada, International Institute for Sustainable Development, 1997.
- ISO/DIS 14040, Environmental Management - Life Cycle Assessment, Principles and framework Geneva, Switzerland, International Organisation of Standardisation, 1997.
- OECD, "Towards sustainable development - Environmental indicators." Organisation for economic co-operation and development, Paris, 1994.
- Tillman, A.-M., Significance of decision making for LCA methodology. SETAC-Europe annual meeting, Bordeaux, 1998.

Life Cycle Assessment-The Hollistic Environmental Approach in the Sustainable Development

Chr. Koroneos, Interdisciplinary Program of Postgraduate Studies, "ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT", National Technical University of Athens

Abstract

The economy, society and environment are the three pillars of sustainable development. Decision making at the central planning level for development and at the local government level, very rarely or not at all take into consideration issues that deal with the sustainable development. Most decisions are based on factors that have nothing to do with the basic principles of sustainable development. The message that this work wants to convey is that having as a key tool the Life Cycle Assessment (LCA), indicators can be developed which can assess the environmental performance (environmental impact analysis), economic efficiency (life cycle costs) provided that these indicators are very specific, and useful enough to include the most important issues. A framework based on development issues is very important for the development of such indicators. The aim of this work is to describe how the LCA can

contribute to the development of indicators and to be used in order to assess whether individual actions contribute to the overall sustainable development.

The application of LCA is a set of systematic procedures having as objective the collection and the review of input and output data, of energy balances and mass balances and environmental impacts associated with them and determined directly during the products or systems life cycle.