



Περιβάλλον & Ανάπτυξη
Διατηρηματικό Μάθημα 8ου Εξαμήνου



Ανάλυση Κύκλου Ζωής

Β.Κ. Τσουκαλά,
Λέκτορας ΕΜΠ

E-mail: v.tsoukala@hydro.civil.ntua.gr

6 Μαΐου 2009

Τι είναι η ανάλυση κύκλου ζωής:

Εργαλείο υποστήριξης αποφάσεων

Ορισμός:

Τεχνική εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με κάποιο προϊόν, μια διεργασία ή μια δραστηριότητα προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον.

Σκοπός:

Η αξιολόγηση των δυνατοτήτων περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας.

Ιστορική Αναδρομή

- ➡ **1960 - 1970:** Χρήση της έννοιας ΑΚΖ.
- ➡ **1970 - 1980:** Πετρελαϊκή κρίση→
Αναγκαιότητα ανάπτυξης της μεθόδου ΑΚΖ.
- ➡ **1980—1990:** Μείωση του ενδιαφέροντος στις ΗΠΑ,
Αύξηση στην Ευρώπη.
- ➡ **1990—1995:** Χρήση της μεθοδολογίας της ΑΚΖ.
- ➡ **1995—...** : Ευρύτατη εξάπλωση της ΑΚΖ σε διεθνές επίπεδο.

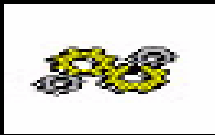
Στάδια Κύκλου Ζωής



■ Σχεδιασμός



■ Εξαγωγή - Επεξεργασία πρώτων υλών



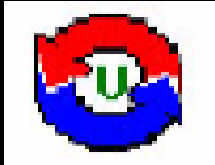
■ Κατασκευή (υλικών και προϊόντων)



■ Συσκευασία / Τυποποίηση



■ Μεταφορά / Διανομή



■ Χρήση / Επαναχρησιμοποίηση / Συντήρηση



■ Ανακύκλωση / Ανάκτηση αποβλήτων



■ Τελική διάθεση / Απόρριψη

Στοιχεία - Στάδια μεθοδολογίας ΑΚΖ



ΑΚΖ: Μεθοδολογία

- Καθορισμός σκοπού και αντικειμένου περιοχής μελέτης
 - ποια είναι η μονάδα μέτρησης;
 - ποια υλικά, διεργασίες και προϊόντα πρέπει να μελετηθούν;
 - ποιο το απαιτούμενο βάθος ανάλυσης
- Απογραφή - Καταγραφή δεδομένων κύκλου ζωής
 - Προσδιορισμός και ποσοτικοποίηση επιδράσεων (**ΕΙΣΡΟΕΣ & ΕΚΡΟΕΣ**):
 - Είσοδος ενέργειας
 - Είσοδος υλικών
 - Εκλύσεις
- Ανάλυση - Εκτίμηση επιπτώσεων
 - Αναλύονται και εκτιμώνται οι επιδράσεις του συστήματος στο περιβάλλον
- Ερμηνεία Αποτελεσμάτων
 - Αναλύονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα των προηγούμενων σταδίων με στόχο τον περιορισμό των επιδράσεων του συστήματος στο περιβάλλον → Εξαγωγή Συμπερασμάτων και υποδείξεων

1. Προσδιορισμός σκοπού και αντικειμένου

- ✓ Περιγραφή του συστήματος
- ✓ Να καθοριστεί η γραμμή βάσης/αναφοράς για συγκεκριμένα προϊόντα και δραστηριότητες.
- ✓ Να βαθμολογηθούν οι σχετικές συνεισφορές συγκεκριμένων σταδίων του Κύκλου Ζωής.
- ✓ Να κατανοηθούν τα σχετικά περιβαλλοντικά φορτία των ανταγωνιστικών προϊόντων ή δραστηριοτήτων
- ✓ Προσδιορισμός του κοινού στο οποίο απευθύνεται
- ✓ Καθορισμός του τύπου, της δομής και της μορφής καταγραφής αποτελεσμάτων
- ✓ Διερεύνηση καταλληλότητας της ΑΚΖ ως μεθόδου

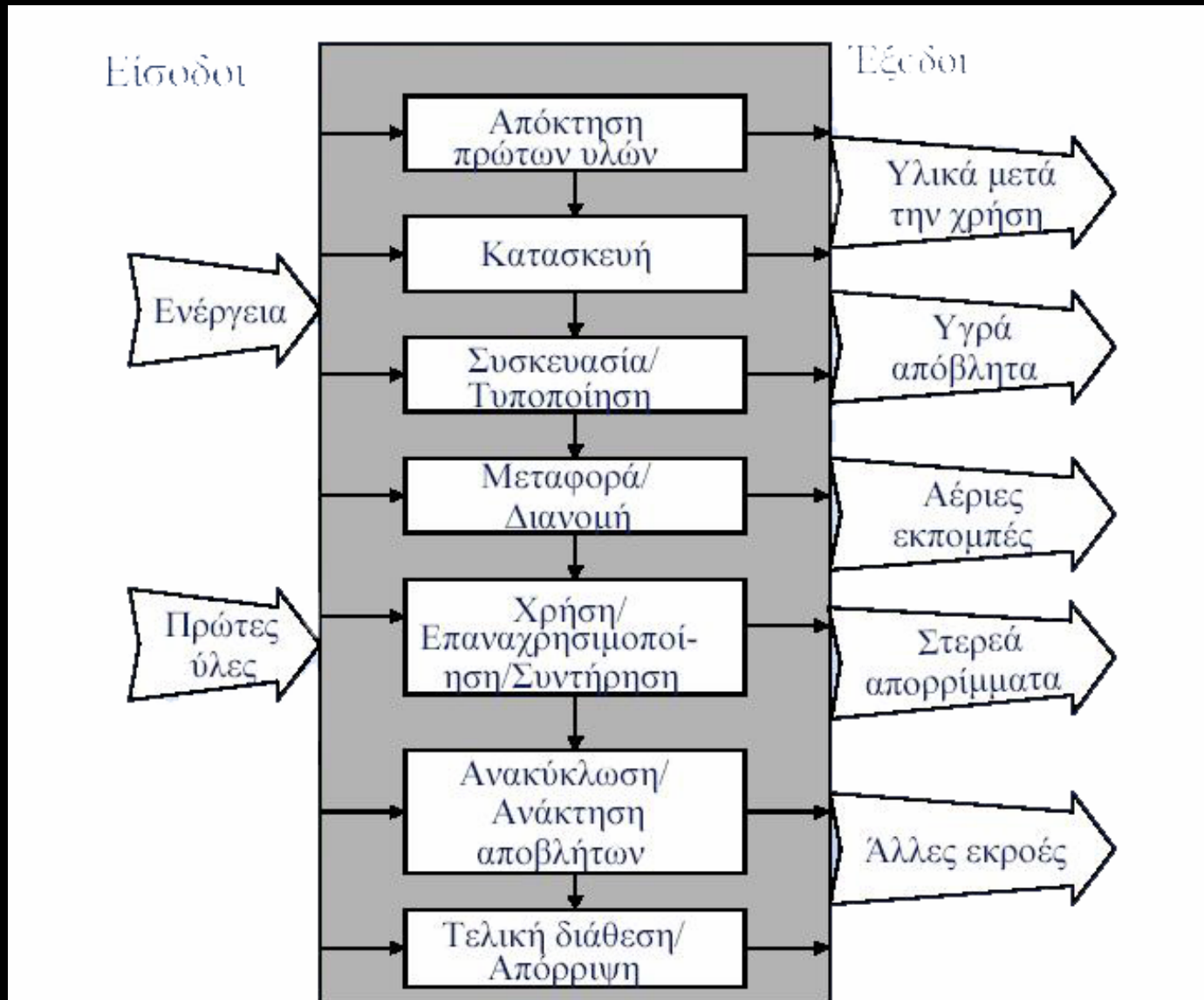
2. Απογραφή Δεδομένων

Ακριβής προσδιορισμός του εξεταζόμενου συστήματος

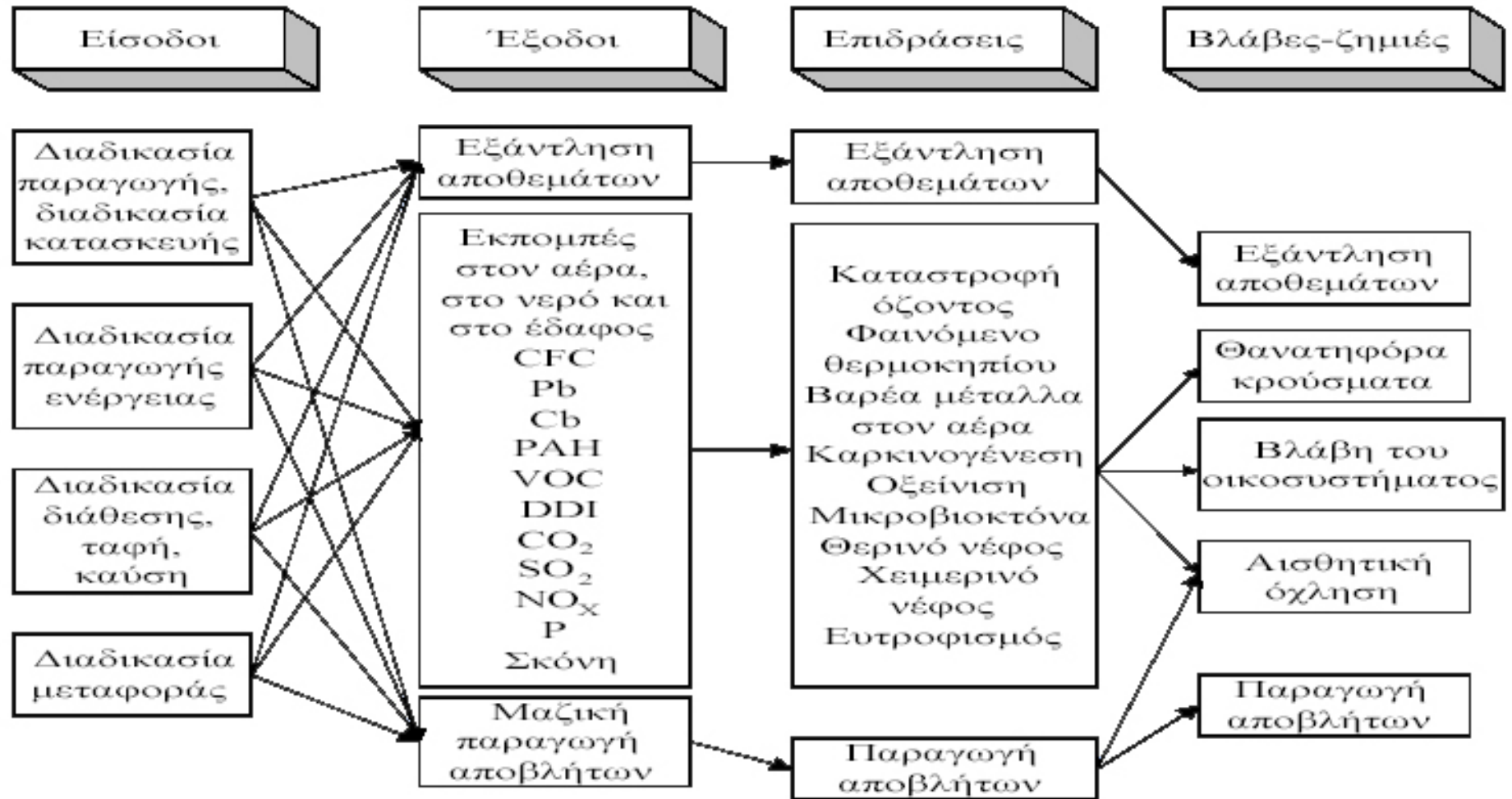
Η διαδικασία της ποσοτικής καταγραφής των ροών μάζας και ενέργειας που ανταλλάσσει το σύστημα με το περιβάλλον του

- Ένα σύστημα μπορεί να αναπαρασταθεί ως ένα κουτί που περικλείει το σύνολο των διεργασιών που το απαρτίζουν.
- Το περίγραμμα του κουτιού επισημαίνει τα όρια του συστήματος και το διαχωρίζει από το περιβάλλον του.
- Το περιβάλλον είναι η πηγή όλων των ροών που εισέρχονται στο σύστημα και ο προορισμός όλων των εκροών που εξέρχονται από αυτό.

Οριοθέτηση συστήματος—Διάγραμμα ροής



Κατάλογος απογραφής Κύκλου Ζωής



Εκτίμηση Ποιότητας Δεδομένων

■ Πηγή δεδομένων:

- βιομηχανίες και κρατικές αναφορές
- δεδομένα εργαστηριακών δοκιμών
- βιβλιογραφικές αναφορές
- δημοσιεύσεις και βάσεις δεδομένων
- λίστες θεσμοθετημένων ορίων
- σύμβουλοι και εμπορικοί σύνδεσμοι
- παρόμοιες μελέτες ΑΚΖ

■ Μέθοδος συλλογής:

- μέσες τιμές (μηνιαίες / ετήσιες)
- μικτά, σταθερά και κανονικοποιημένα δεδομένα

■ Τρόπος παραγωγής:

- ακριβείς μετρήσεις
- εκτιμήσεις / δείγματα
- μοντέλα / υπολογισμοί

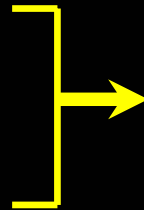
■ Κόστος και χρόνος συλλογής

3. Εκτίμηση Επιπτώσεων

- Προσπαθούμε να περιγράψουμε τις περιβαλλοντικές συνέπειες της δραστηριότητας - του συστήματος που μελετούμε
 - ✗ Επιτυγχάνεται με τη «μετάφραση» δεδομένων σε συνέπειες (ή επιπτώσεις).

Φάσεις εκτίμησης επιπτώσεων

1. Κατηγοριοποίηση
2. Χαρακτηρισμός
3. Κανονικοποίηση
4. Ομαδοποίηση
5. Στάθμιση



Προαιρετικές φάσεις → που διευκολύνουν την ερμηνεία της ανάλυσης στο επόμενο στάδιο (4)

Διαδικασία πολύπλοκη (και αμφιλεγόμενη) αφού πρόκειται για → Διαδικασία Συσχέτισης Αξιών που αντανακλά τις

- Κοινωνικές αξίες
- Προτιμήσεις

3. Εκτίμηση Επιπτώσεων - Φάσεις

Κατηγοριοποίηση

- ◆ Ξεχωρίζουμε τις επιπτώσεις ανάλογα με βασικούς στρεσογόνους περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ., δυναμικό πλανητικής αύξησης της θερμοκρασίας, κλπ.).
- ◆ Οι κατηγορίες αφορούν:
 1. στην υποβάθμιση του οικοσυστήματος
 2. στην εξάντληση των φυσικών πόρων
 3. στη υποβάθμιση της ποιότητας ζωής
 4. στις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

Χαρακτηρισμός (ή ποσοτικοποίηση)

- ◆ Ποιο είναι το μέγεθος της επίπτωσης·

Από εδώ προκύπτει το Περιβαλλοντικό Προφίλ του εξεταζόμενου συστήματος

3. Εκτίμηση Επιπτώσεων - Φάσεις

Κανονικοποίηση

Κατανόηση της σχετικής σημαντικότητας και του μεγέθους των αποτελεσμάτων των δεικτών κατηγοιών

Ομαδοποίηση

Ομαδοποιούνται οι κατηγορίες επιπτώσεων με

- * κατηγοριοποίηση (ομάδες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά π.χ. εκπομπές)
- * ταξινόμηση με ιεραρχική κλιμάκωση (π.χ. υψηλή, μεσαία χαμηλή επίπτωση)

Στάθμιση

Καθορισμός βάρους για την κάθε επίπτωση

Βαθμολόγηση ή συνάθροιση για συγκριτική εκτίμηση

Μέθοδος Πίνακα 5×5

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις j	Επιλογή υλικών	Χρήση ενέργειας	Στερεά απορρίμματα	Υγρά απόβλητα	Αέριες εκπομπές
Στάδια ζωής i					
Απόκτηση πρώτων υλών/ Προκατασκευή	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)
Κατασκευή	(2,1)	(2,2)	(2,3)	(2,4)	(2,1)
Συσκευασία / Μεταφορά	(3,1)	(3,2)	(3,3)	(3,4)	(3,1)
Χρήση	(4,1)	(4,2)	(4,3)	(4,4)	(4,1)
Ανακύκλωση / Τελική διάθεση	(5,1)	(5,2)	(5,3)	(5,5)	(5,1)

Εξίσωση υπολογισμού

Συνολικός βαθμός περιβαλλοντικής υπευθυνότητας

$$R_{EPRT} = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 M_{ij} \quad \text{όπου,} \quad M_{ij}: \text{βαθμός του } (i,j)$$

$$M_{ij} \in \{0, 1, 2, 3, 4\} \quad \text{και} \quad i, j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

Το περιβαλλοντικώς ιδανικό προϊόν έχει βαθμό 100

Αξιολόγηση στοιχείων πίνακα 5x5

Στοιχείο (1,1)

Στάδιο: Εξόρυξη πρώτων υλών / Προκατασκευή

Τομέας Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος: Επιλογή Υλικών

- ◉ Είναι όλα τα υλικά τα λιγότερο τοξικά και τα «περιβαλλοντικώς» προτιμότερα;
- ◉ Είναι το προϊόν σχεδιασμένο, ώστε να ελαχιστοποιεί τη χρήση υλικών που υπάρχουν σε περιορισμένα αποθέματα;
- ◉ Είναι το προϊόν σχεδιασμένο, έτσι ώστε να χρησιμοποιεί ανακυκλώσιμα υλικά όπου είναι εφικτό;

Στοιχείο: (1,2)

Στάδιο: Εξόρυξη πρώτων υλών / Προκατασκευή

Τομέας Περιβαλλοντικού Ενδιαφέροντος: Χρήση Ενέργειας

- ❖ Είναι το προϊόν σχεδιασμένο, ώστε να ελαχιστοποιεί τη χρήση υλικών των οποίων η εξόρυξη είναι ενεργειακά δαπανηρή;
- ❖ Αποφεύγει ο σχεδιασμός των προϊόντων την χρήση υλικών των οποίων η μεταφορά στη μονάδα απαιτεί σημαντική χρήση ενέργειας;
- ❖ Αποφεύγει ο σχεδιασμός των προϊόντων την παραγωγή αποβλήτων, των οποίων η ανακύκλωση είναι ενεργειακά δαπανηρή;

Κατηγορίες δραστηριοτήτων κατά την Ερμηνεία Αποτελεσμάτων

1. Αξιολόγηση των Αποτελεσμάτων

- ✎ Έλεγχοι συνέπειας των υποθέσεων, των μεθόδων, προτύπων και δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν
- ✎ Έλεγχοι ορθότητας
- ✎ Έλεγχοι πληρότητας

2. Ανάλυση αποτελεσμάτων

- ✎ Αναλύσεις συνεισφοράς στα συνολικά αποτελέσματα από συγκεκριμένες διαδικασίες, ομάδες διαδικασιών κ.ά.
- ✎ Αναλύσεις διαταραχών, μελετούν την επίδραση στα αποτελέσματα από μικρομεταβολές του συστήματος
- ✎ Αναλύσεις ευαισθησίας και ευστάθειας αποτελεσμάτων

3. Συμπεράσματα και Υποδείξεις

4. Ερμηνεία Αποτελεσμάτων - Εκτίμηση Βελτιώσεων

(κατά SETAC)

Η εκτίμηση βελτιώσεων αποτελεί μια συστηματική αξιολόγηση των αναγκών και δυνατοτήτων για τη 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 δραστηριοτήτων.

Ότι μπορεί να μετρηθεί, μπορεί να διαχωριστεί και να βελτιωθεί!!

4. Εκτίμηση βελτιώσεων-2

- Βασιζόμενοι σε σχετικές μονάδες, κάνουμε αποφάσεις για να βελτιώσουμε το περιβάλλον.
- Πώς αποφασίζουμε μεταξύ 2 «κακών»;
 - ☞ Προϊόν Α, έκλυση 1000kgCO_2 → Φαινόμενο του θερμοκηπίου
 - ☞ Προϊόν Β, έκλυση 3000kgCO_2 → Φαινόμενο του θερμοκηπίου
 - ☞ Προϊόν Γ, έκλυση 1000kgSO_2 → Όξινη βροχή
- Αξιολόγηση: Εξισορρόπηση των υπέρ και κατά μεταξύ παραγόντων
 - ☞ Περιβαλλοντικών
 - ☞ Οικονομικών
 - ☞ Τεχνολογικών / Μηχανικών

Εφαρμογές ΑΚΖ

- ◆ Προσδιορισμός ευκαιριών για τη βελτίωση περιβαλλοντικών όψεων των προϊόντων
- ◆ Λήψη αποφάσεων από τη βιομηχανία όπως επίσης και από κυβερνητικές και μη κυβερνητικές οργανώσεις
- ◆ Επιλογή δεικτών για την παρακολούθηση ή και αξιολόγηση της περιβαλλοντικής επίδοσης
- ◆ Επιλογή δεικτών για διαδικασίες μέτρησης
- ◆ Μαρκετινγκ → οικολογική σήμανση και εταιρική εικόνα

Ειδικότερες εφαρμογές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία:

- 📖 Τομείς Βιομηχανίας
- 📖 Θέματα Ενέργειας
- 📖 Πυρηνικά
- 📖 Νερό
- 📖 Ηλεκτρονικά
- 📖 Κτίρια

Ανάλυση Κύκλου Ζωής

Η ΑΚΖ είναι μία μεθοδολογία η οποία αποτελείται από ένα σύνολο συστηματικών διεργασιών, οι οποίες ποσοτικοποιούν τις εισροές και εκροές ενέργειας και πόρων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής προϊόντων, διεργασιών και δραστηριοτήτων

Βιβλιογραφία

1. Ευρωπαϊκή Ένωση

ISO 14040

ISO 14044

<http://www.iso.org/iso/en/commcentr/isofocus/isoupdate/pdf/september06.pdf>

2. Συνεργασία UNEP-SETAC

Πρωτοβουλία για τον Κύκλο Ζωής

<http://www.uneptie.org/pc/sustain/lcinitiative/home.htm>

3. Αραμπατζής, Γ., Πολύζος, Σ. 2008. Φυσικοί Πόροι Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Εκδόσεις Τζιολα.

4. Λασπίδου, Χ., 2009, *Ανάλυση Κύκλου Ζωής, Διαφάνειες μαθήματος Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από Υδραυλικά Έργα, 9^ο Εξάμηνο Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ.*

<http://mycouses.ntua.gr>