

Κεφάλαιο 7. Ανάλυση Κύκλου Ζωής

7.1. Εισαγωγή

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) αποτελεί μια μέθοδο, η οποία ποσοτικοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος. Σύμφωνα με τη SETAC [SETAC, 1991-1993; ISO,1998], η ΑΚΖ αποτελεί: «ένα συστηματικό τρόπο αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από προϊόντα ή δραστηριότητες, ακολουθώντας μια συγκεκριμένη προσέγγιση. Αυτή η προσέγγιση συνεπάγεται την αναγνώριση και την ποσοτικοποίηση της εκπομπής ρύπων και την κατανάλωση υλικών που επηρεάζουν το περιβάλλον σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος» .



Διάγραμμα 7.1.α. Βήματα Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

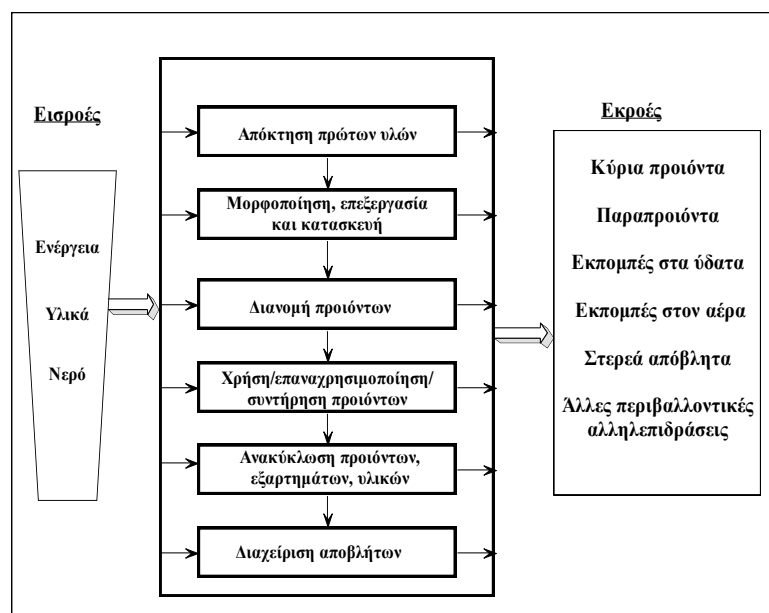
Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες από την εξαγωγή των πρώτων υλών μέχρι την τελική διάθεση των αποβλήτων. Το παραπάνω δίκτυο διαδικασιών σχηματίζει τον κύκλο ζωής του προϊόντος (**Διάγραμμα 7.1.α**). Στην παρούσα μελέτη το υπό μελέτη 'προϊόν' είναι το Ελληνικό Σύστημα Μεταφορών. Η ΑΚΖ που παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη εργασία εξετάζει το ποσοστό με το οποίο συνεισφέρει η εκπομπή ρύπων από τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής των ενεργειακών πόρων που χρησιμοποιούνται για την

παραγωγή καυσίμων καθώς και οχημάτων σε διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων ή ζημιών όπως για παράδειγμα η αλλαγή κλίματος και η ανθρώπινη υγεία αντίστοιχα [SETAC, 1993; ISO,1998].

Αναλυτικότερα η ΑΚΖ αποτελεί μια τεχνική:

- αποτίμησης όλων των εισροών και εκροών ενός προϊόντος, μιας διεργασίας ή μιας υπηρεσίας (κατάλογος απογραφής κύκλου ζωής),
- αποτίμησης των σχετικών αποβλήτων, της ανθρώπινης υγείας και των οικολογικών επιβαρύνσεων (αποτίμηση επιπτώσεων)
- ερμηνείας, διάδοσης και επικοινωνίας των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης (ερμηνεία κύκλου ζωής) ολόκληρου του κύκλου ζωής των προϊόντων ή των διεργασιών που εξετάζονται.

Ο όρος «κύκλος ζωής» αναφέρεται στις σημαντικότερες δραστηριότητες κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, από την κατασκευή, τη χρήση, τη συντήρηση και την τελική διάθεσή του, συμπεριλαμβάνοντας την απόκτηση των πρώτων υλών που απαιτούνται για να κατασκευαστεί το προϊόν. Το **Διάγραμμα 7.1.β** παρουσιάζει τα πιθανά στάδια κύκλου ζωής που μπορούν να εξεταστούν σε μια ΑΚΖ και τις χαρακτηριστικές εισροές / εκροές που μετριοούνται.



Διάγραμμα 7.1.β. Στάδια Κύκλου Ζωής [EPA, 1993]

7.2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Από την δεκαετία του 1980 έγινε αντιληπτό ότι τόσο η κατανάλωση πρώτων υλών, όσο και οι διαδικασίες μετατροπής τους, έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα αποθέματα ενέργειας και στο περιβάλλον που απειλείται να καταστραφεί από την αλόγιστη χρήση των

ενεργειακών πόρων. Κατά τη δεκαετία του '90 απασχολεί τους ειδικούς το “πεπερασμένο” των ενεργειακών αποθεμάτων καθώς και των αποθεμάτων πρώτων υλών. Η διαπίστωση αυτή ενεργοποίησε το ενδιαφέρον γύρω από την εξεύρεση λύσεων στο πρόβλημα των προμηθειών για την κάλυψη μελλοντικών αναγκών. Οι μελέτες επικεντρώθηκαν αργότερα στην εξάντληση των αποθεμάτων των καύσιμων υλών, αλλά και στις επιπτώσεις της εκβιομηχάνισης στο περιβάλλον γενικότερα. Αυτές οι αρχικές μελέτες δημιούργησαν τις πρώτες σκέψεις γύρω από την ανεύρεση εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Η προέλευση της AKZ τοποθετείται στα τέλη της δεκαετίας του '70 [Miettinen, and Hamalainen, 1997]. Αρχικά η μεθοδολογία της AKZ στόχευε στην επίτευξη της μέγιστης ποσοτικοποίησης της συνολικής ζωής ενός προϊόντος. Το πρώτο συγκριτικό σύστημα αναλύσεων προϊόντων –αφορούσε συσκευασίες αναψυκτικών – άρχισε γύρω στα 1970 στις ΗΠΑ και την Γερμανία. Σημειώνεται πως οι αρχικές μελέτες στόχευαν στον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων και λιγότερο στον υπολογισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ωστόσο ακόμη και τότε θέματα όπως ακατέργαστα υλικά, ενεργειακές απαιτήσεις, εκπομπές και αποκομιδή αποβλήτων ήταν σημαντικά και συνεπώς εστιασμένα σε ένα ολοκληρωμένο ισοζύγιο. Εκείνη την εποχή είχαν ήδη γίνει τα πρώτα βήματα αξιολόγησης καθορισμένων ροών υλικών σε σχέση με τις περιβαλλοντικές συνέπειες. Εν τούτοις η σημαντικότητά τους δεν αναπτύχθηκε περαιτέρω πριν την δεκαετία του 1980 [German Federal Environment Agency, 1996].

Κατά τη διάρκεια της πετρελαϊκής κρίσης και στις αρχές της δεκαετίας του '80, διεξήχθησαν εκτεταμένες μελέτες βασισμένες στους καταλόγους απογραφής του κύκλου ζωής, για ένα σύνολο από βιομηχανικά συστήματα [Fava and Page, 1992]. Στο τέλος της δεκαετίας του '90, έγιναν αρκετές μελέτες χρησιμοποιώντας την AKZ, κυρίως από εταιρείες του ιδιωτικού τομέα στη Σουηδία, στην Ελβετία και στις ΗΠΑ [Huppel, 1996; Udo de Haes, 1993]. Παρόλα αυτά, πολλές από τις μελέτες αυτές διεξήχθησαν με τη χρήση διαφορετικών μεθόδων και χωρίς κάποιο κοινό θεωρητικό πλαίσιο. Το παραπάνω είχε σαν συνέπεια τα αποτελέσματα διαφόρων μελετών που είχαν τους ίδιους στόχους, συχνά να διέφεραν σε μεγάλο βαθμό, εμποδίζοντας έτσι την AKZ από το να γίνει μια πιο αποδεκτή αναλυτική τεχνική [UNEP, 1996; Udo de Haes, 1993]. Με την πάροδο του χρόνου το γενικό πλαίσιο της μεθοδολογίας της AKZ άλλαξε. Στη δεκαετία του '90, η μεθοδολογία άρχισε να διακρίνεται σε μια συνιστώσα καταλόγου απογραφής και σε μια συνιστώσα επιπτώσεων, δηλώνοντας τη σχετικότητα των περιβαλλοντικών αποτελεσμάτων [Huppel G., 1996].

Ο Οργανισμός Περιβαλλοντικής Τοξικολογίας και Χημείας (SETAC) εστιάζει από το 1990 στις τεχνικές εξελίξεις στη μεθοδολογία της AKZ. Το 1993 ο SETAC εξέδωσε ένα «Κώδικα Πρακτικής», ο οποίος παρουσίαζε τις γενικές αρχές και ένα πλαίσιο για τη διεξαγωγή, αναθεώρηση, παρουσίαση και χρήση των αποτελεσμάτων μιας AKZ [Harsch, 1996].

Η AKZ χρησιμοποιείται ως εργαλείο αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συστημάτων καθώς οι άμεσες και έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με κάποιο σύστημα λαμβάνονται υπόψη στην ανάλυση. Το πλαίσιο της ανάλυσης περιλαμβάνει την εξαγωγή, την απόκτηση και την επεξεργασία των πρώτων υλών και των ενεργειακών πόρων, τη μεταφορά τους, τις διαδικασίες παραγωγής, κατασκευής και συναρμολόγησης, τη λειτουργία, τη συντήρηση, τη διανομή, τη χρήση, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την τελική διάθεση [Nash and Stoughton, 1994; SETAC, 1993; Kniel et al, 1996].

Η AKZ ποσοτικοποιεί τις ροές εισόδου και εξόδου των συστημάτων που είναι επιβλαβή στο περιβάλλον [Lee, O'Callaghan, and Allen, 1995] και λαμβάνει υπόψη ένα σύνολο από κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων [Lee, O'Callaghan, and Allen, 1995; Curran, 1993]. Το παραπάνω δίνει τη δυνατότητα αναγνώρισης των περιοχών που έχουν τη μέγιστη επίδραση στις συνολικές επιπτώσεις του κύκλου ζωής και στις οποίες απαιτείται βελτίωση [Berkhout, and Howes, 1997; Mann, Spath, and Craig, 1996]. Η πλήρης ζωή των προϊόντων ή του συστήματος προϊόντων εξετάζεται από «το λίκνο μέχρι τον τάφο» Αυτό σημαίνει ότι καταγράφονται όχι μόνον οι περιβαλλοντικές συνέπειες από τον σχεδιασμό της παραγωγής αλλά επίσης η πλήρης βιομηχανοποίηση του προϊόντος από την βιομηχανική εκμετάλλευση των ακατέργαστων υλικών πέρα από την διανομή, τη χρήση και κατανάλωση συμπεριλαμβανομένης της χρήσης και αποκομιδής. Αυτή η εκτεταμένη προσέγγιση είναι σημαντική γιατί οι αναφορές για πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των προϊόντων ή των διαδικασιών μπορεί να διαφοροποιηθούν εάν η θεώρηση είναι ιδιαίτερα στενή.

Η AKZ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένα εργαλείο υποστήριξης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων σε συνδυασμό με πολιτικές, κοινωνικές, οικονομικές και τεχνικές μελέτες [Miettinen και Hamalainen, 1997]. Σημειώνεται επίσης πως η μεθοδολογία της AKZ μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για προϊόντα όσο και για τεχνικές διαδικασίες [Burgess and Brennan, 2001]. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό πως για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των αυξανόμενων σε μέγεθος και πολυπλοκότητας περιβαλλοντικών προβλημάτων, είναι απαραίτητη η ολοκληρωμένη προσέγγιση που παρέχει η Ανάλυση Κύκλου Ζωής [Pesso, 1993]. Η προσέγγιση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής φαίνεται ότι είναι αναγκαία ως ένα βήμα προς την ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών [Heijungs, 1992; Huppel, 1996; Lee, O'Callaghan and Allen, 1995; Lindfors, Christiansen, Hoffman, Virtanen, Juntilla, Hanssen, Renning, Ekvall and Finnveden, 1995; UNEP, 1996; Heijungs, 1995].

7.3. Στάδια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Τα στάδια της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής ή των διαδικασιών κάθε σταδίου χρειάζεται να είναι καθορισμένα για τη διεξαγωγή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Αναλυτικότερα, τα στάδια τα οποία παρουσιάζονται στο **Διάγραμμα 7.3** περιλαμβάνουν :

Απόκτηση πρώτων υλών: Ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος αρχίζει με την εξόρυξη πρώτων υλών και πηγών ενέργειας από τη γη. Η μεταφορά αυτών των υλικών από το σημείο απόκτησης τους στο σημείο της επεξεργασίας συμπεριλαμβάνεται επίσης σε αυτό το στάδιο.

Κατασκευή: Διαχωρίζεται στη κατασκευή υλικών και στη κατασκευή προϊόντος. Το στάδιο της κατασκευής υλικών περιλαμβάνει τη μετατροπή μιας πρώτης ύλης σε μια μορφή η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ενός ολοκληρωμένου τελικού προϊόντος. Για παράδειγμα, για να παραχθεί μια ρητίνη πολυαιθυλενίου από ακατέργαστο πετρέλαιο απαιτούνται διάφορες κατασκευαστικές διεργασίες. Το ακατέργαστο πετρέλαιο πρέπει να διυλιστεί, να παραχθεί αιθυλένιο από ολεφίνες μέσω αντιδράσεων αντικατάστασης, και μετά να πολυμεριστεί για την παραγωγή του πολυαιθυλενίου. Η μεταφορά στο σημείο κατασκευής του προϊόντος, καθώς και αυτή μεταξύ των επιμέρους διεργασιών κατασκευής, θεωρείται μέρος αυτού του σταδίου. Το στάδιο της κατασκευής του προϊόντος περιλαμβάνει την επεξεργασία του κατασκευασμένου υλικού για την δημιουργία ενός προϊόντος έτοιμου να αποτελέσει συσκευασία μιας ουσίας ή να συσκευαστεί το ίδιο.

Συσκευασία/ Τυποποίηση : Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει όλες τις κατασκευαστικές διεργασίες που απαιτούνται για την συσκευασία του τελικού προϊόντος.

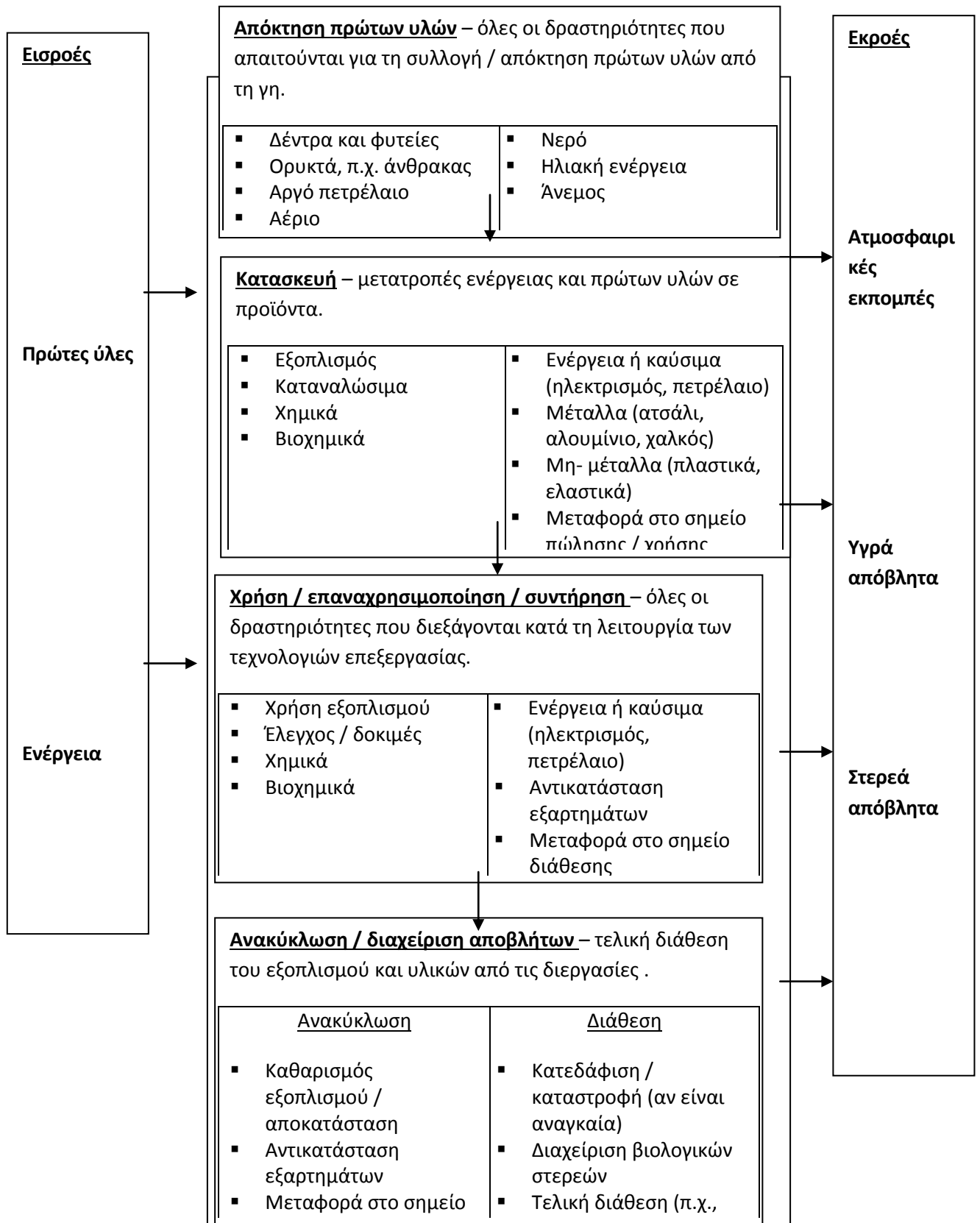
Μεταφορά/ Διανομή: Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για τη συσκευασία και τη διανομή του τελικού προϊόντος. Η ενέργεια και τα περιβαλλοντικά απόβλητα που προκύπτουν από τη μεταφορά του προϊόντος στα κέντρα λιανικής πώλησης ή στον καταναλωτή προσμετρούνται σ' αυτό το στάδιο του κύκλου ζωής του.

Χρήση / επαναχρησιμοποίηση / συντήρηση : Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την πραγματική χρήση, επαναχρησιμοποίηση και συντήρηση του προϊόντος από τον καταναλωτή. Μόλις διανεμηθεί το προϊόν στον καταναλωτή, σε αυτό το στάδιο συμπεριλαμβάνονται όλες οι δραστηριότητες που συνδέονται με τη χρήσιμη ζωή του προϊόντος. Αυτό περιλαμβάνει τις ενεργειακές απαιτήσεις και τα περιβαλλοντικά απόβλητα και από την αποθήκευση και από την κατανάλωση προϊόντων.

Ανακύκλωση/ Διαχείριση αποβλήτων: Σ' αυτό το στάδιο περιλαμβάνονται οι απαιτήσεις σε ενέργεια και τα περιβαλλοντικά απόβλητα που συνδέονται με τη διάθεση του προϊόντος, καθώς και οι μέθοδοι διαχείρισης των αποβλήτων μετά την απομάκρυνσή τους από τον καταναλωτή όπως η ανακύκλωση, η υγειονομική ταφή, και η καύση.

Η περιγραφή των σταδίων είναι γενικής φύσεως. Στην περίπτωση του κύκλου ζωής ενεργειακών πόρων κατά τη χρήση τους στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφορών γίνεται κατάλληλη τροποποίηση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε κάθε στάδιο ενώ τα στάδια χρήσης / επαναχρησιμοποίησης / συντήρησης και ανακύκλωσης / διαχείρισης αποβλήτων είναι εφαρμόσιμα μόνο για προϊόντα [SETAC, 1993; ISO, 1997E; ISO, 1998E; PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b]. Σημειώνεται πως η διαδικασία που ακολουθείται στη παρούσα μελέτη, τροποποιείται κατάλληλα προκειμένου να εφαρμοστεί η AKZ όχι στο κύκλο ζωής κάποιου συγκεκριμένου προϊόντος αλλά στον κύκλο ζωής των ενεργειακών πόρων που χρησιμοποιούνται στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφορών. Εφόσον η AKZ είναι εφαρμόσιμη και έχει ισχύ για ένα προϊόν, τότε είναι εφαρμόσιμη και για τις διεργασίες, οι οποίες σχετίζονται με την κατασκευή αυτού [Heijungs, 1995].

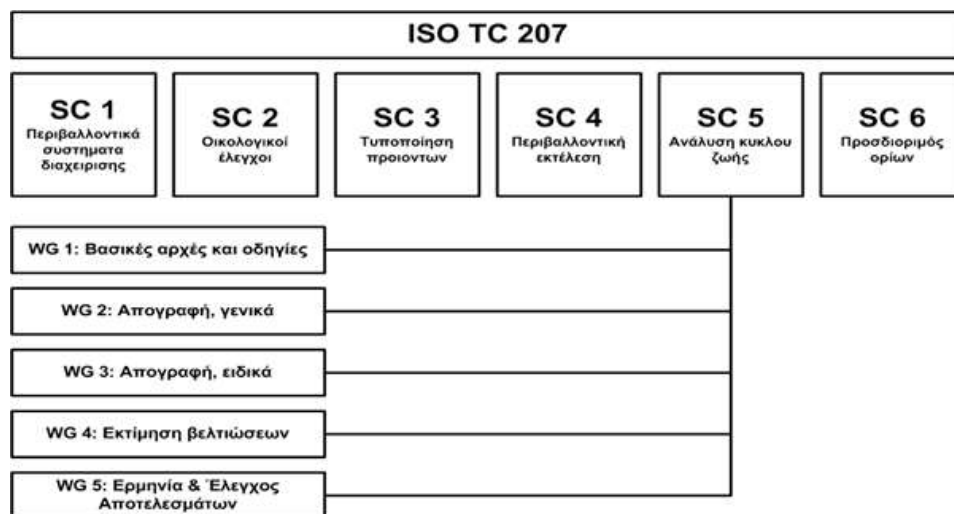
Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές αναφορές για εφαρμογές της AKZ σε ενεργειακά συστήματα, οι οποίες δικαιολογούν την συγκεκριμένη επιλογή [Azapagic, 1999; Keoleian, 1993; Benetto, Rousseaux and Blondin, 2004; Azapagic and Clift, 1999; Khan, Sadiq and Husain, 2002; Lombardi, 2002; Alexander, Barton, Petrie and Romagnoli, 2000].



Διάγραμμα 7.3 : Παράδειγμα σταδίων κύκλου ζωής για ένα έργο επεξεργασίας

7.4. Ανάλυση Κύκλου Ζωής και ISO 14000

Το 1991, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) συνέταξε τη Συμβουλευτική Ομάδα Περιβαλλοντικών Στρατηγικών (Strategic Advisory Group on the Environment) για να εξετάσει την ανάγκη τυποποιημένων τεχνικών περιβαλλοντικής διαχείρισης. Το 1993 συγκροτήθηκε η Τεχνική Επιτροπή 207 (Technical Committee-TC 207) με σκοπό να θεσπίσει τις τυποποιήσεις περιβαλλοντικής διαχείρισης ISO 14000. Η αρχική συγκρότηση είχε ως εξής: τρεις τομείς σχετίζονται με την αποτίμηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός οργανισμού ή μιας επιχείρησης, ενώ οι υπόλοιποι με την αποτίμηση προϊόντος. Σε αυτά ανήκαν και τα πρότυπα ISO 14040-43 (Διάγραμμα 7.4.α).



Διάγραμμα 7.4.α. ISO TC 207(εργαλεία περιβαλλοντικής διαχείρισης)

Οι υποεπιτροπές (SC) και οι ομάδες εργασίας (WG) της Τεχνικής Επιτροπής 207 παράγουν τα πρότυπα και τα έγγραφα καθοδήγησης στα ακόλουθα πεδία:

- YE1:** Περιβαλλοντικά Συστήματα Διαχείρισης
- YE2:** Περιβαλλοντικός έλεγχος & σχετικές έρευνες
- YE3:** Περιβαλλοντική Σήμανση
- YE4:** Περιβαλλοντική αξιολόγηση απόδοσης
- YE5:** Ανάλυση κύκλου ζωής
- YE6:** Διαχείριση αερίου θερμοκηπίου και σχετικές ενέργειες
- YE7:** Όροι και ορισμοί

Η σειρά 14000 των προτύπων ISO περιλαμβάνει το πρότυπο 14001 που αφορά στα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης, όπως επίσης και μια σειρά από πρότυπα που σχετίζονται με την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ). Τα πρότυπα ISO για την AKZ αφορούν τόσο στις τεχνικές όσο και στις οργανωτικές φάσεις εφαρμογής της AKZ. Οι οργανωτικές

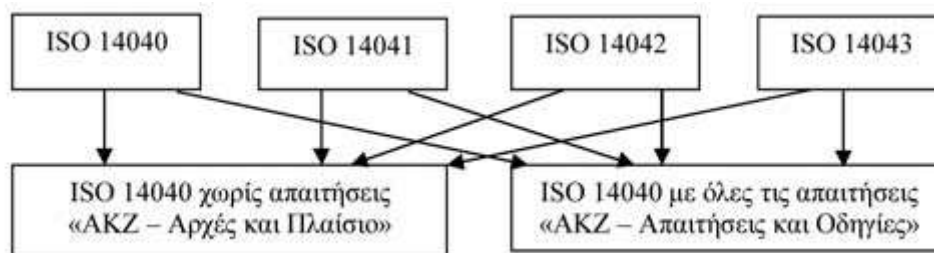
πτυχές επικεντρώνονται κυρίως στο σχεδιασμό κρίσιμων διαδικασιών αναθεώρησης, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή σε δηλώσεις που απευθύνονται στο κοινό. Καλύπτουν επίσης θέματα όπως η συμμετοχή των εμπλεκόμενων φορέων. Ως αποτέλεσμα των συζητήσεων σχετικά με τη μελλοντική στρατηγική των προτύπων για την AKZ, τον Ιούλιο του 2002, συστάθηκε μια ομάδα εργασίας της αρμόδιας Υποεπιτροπής 5 (AKZ) της Τεχνικής Επιτροπής 207 για να προσδιορίσει τις περιοχές βελτίωσης των προτύπων που ήδη υπήρχαν από το 1997 (ISO 14040/41/42/43).

Έτσι διαμορφώθηκαν δύο πρότυπα: το αναθεωρημένο πρότυπο ISO 14040 «Πρότυπο Περιβαλλοντικής Διαχείρισης-AKZ-Αρχές και πλαίσιο» και το νέο πρότυπο ISO 14044 «Πρότυπο Περιβαλλοντικής Διαχείρισης-AKZ-Απαιτήσεις και οδηγίες». Το αναθεωρημένο πρότυπο ISO 14040 (2006) παρέχει ένα πλαίσιο καθοδήγησης, μια σαφή ανασκόπηση της πρακτικής, των εφαρμογών και των περιορισμών της AKZ σε ένα μεγάλο πεδίο πιθανών χρηστών και εμπλεκόμενων φορέων, συμπεριλαμβανομένων αυτών που έχουν περιορισμένη γνώση για την AKZ, ενώ το νέο πρότυπο ISO 14044 (2006) περιέχει όλες τις τεχνικές ειδικές απαιτήσεις και ορίζει οδηγίες για την AKZ που περιλαμβάνουν: το στόχο και το σκοπό της AKZ, την καταγραφή, την αποτίμηση των επιπτώσεων, την ερμηνεία των φάσεων, την ανασκόπηση, τα όρια, τις σχέσεις μεταξύ των φάσεων και τις συνθήκες. Το αναθεωρημένο πρότυπο ISO 14040 στηρίχθηκε και περιλαμβάνει τα προϋπάρχοντα πρότυπα όπως παρουσιάζονται παρακάτω (**Διάγραμμα 7.4.β**):

- **ISO 14041:1998.** «Πρότυπο Περιβαλλοντικής Διαχείρισης-AKZ-Καθορισμός στόχων και πλαισίου και ανάλυση καταλόγου απογραφής». Το πρότυπο ISO 14041 παρείχε ειδικές απαιτήσεις και οδηγίες για την προετοιμασία, διεξαγωγή και κρίσιμη ανασκόπηση της ανάλυσης του καταλόγου απογραφής του κύκλου ζωής (η φάση της AKZ που περιλαμβάνει τη σύνθεση και την ποσοτικοποίηση των σχετικών περιβαλλοντικών εισροών και εκροών κάποιου συστήματος προϊόντος).

- **ISO/CD 14042:2000.** «Πρότυπο Περιβαλλοντικής Διαχείρισης-AKZ-Αποτίμηση επιπτώσεων κύκλου ζωής». Το πρότυπο ISO 14042 παρείχε καθοδήγηση για τη φάση της αποτίμησης επιπτώσεων της AKZ (η φάση στην οποία η AKZ στοχεύει στην αξιολόγηση της σημασίας των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης του καταλόγου απογραφής του κύκλου ζωής).

- **ISO/DIS 14043:2000.** «Πρότυπο Περιβαλλοντικής Διαχείρισης-AKZ-Ερμηνεία κύκλου ζωής». Το πρότυπο ISO 14043 παρείχε καθοδήγηση για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της AKZ σε σχέση με τη φάση καθορισμού των στόχων της μελέτης AKZ και περιλαμβάνει ανασκόπηση του πλαισίου της AKZ, όπως επίσης και της φύσης και ποιότητας των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί.



Διάγραμμα 7.4.β. Γενική περιγραφή των νέων προτύπων [Finkbeiner et al. 2006]

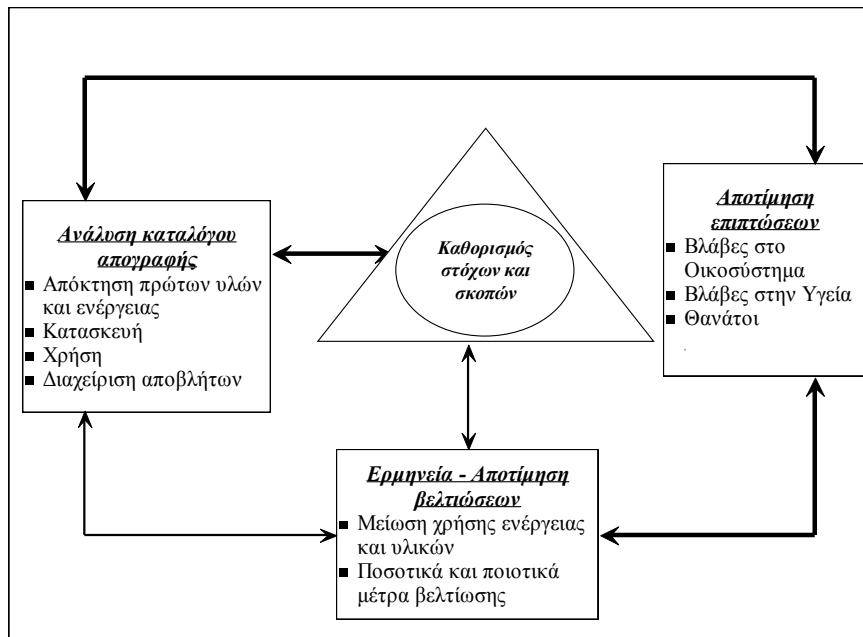
Το νέο πρότυπο **ISO 14040:2006** περιλαμβάνει εξ ολοκλήρου ένα νέο πληροφοριακό παράρτημα σχετικά με τις εφαρμογές της AKZ. Στο παράρτημα αυτό των εφαρμογών της AKZ, στο πεδίο άλλων περιβαλλοντικών συστημάτων διαχείριση και εργαλείων περιλαμβάνονται [Finkbeiner et al. 2006]:

- Περιβαλλοντικά συστήματα διαχείρισης και περιβαλλοντική αποτίμηση εκτέλεσης (ISO 14001, ISO 14004, ISO 14031 και ISO 14032) π.χ. αναγνώριση των σημαντικών περιβαλλοντικών πτυχών των προϊόντων ή των υπηρεσιών μιας επιχείρησης.
- Περιβαλλοντικές ετικέτες και δηλώσεις (ISO 14020, ISO 14021 και ISO 14025).
- Ένταξη των περιβαλλοντικών πτυχών στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη των προϊόντων (σχεδιασμός για το περιβάλλον) (ISO 14062). Συνυπολογισμός των περιβαλλοντικών πτυχών στα πρότυπα προϊόντων (Οδηγός 64 του ISO).
- Περιβαλλοντική επικοινωνία (ISO 14063).
- Ποσοτικοποίηση, έλεγχος και αναφορά της ουσίας του προγράμματος, αφαιρέσεις και επικύρωση, επαλήθευση και πιστοποίηση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου (ISO 14064).

7.5. Μεθοδολογία της AKZ

Η δομή και οι απαιτήσεις της AKZ είναι καθορισμένες στον κανονισμό προτύπων DIN/ISO 14040 –14044. Σύμφωνα με τη παραπάνω σειρά προτύπων **ISO 14040-44** [ISO 1998; 2000a; 2000b; 2006] η μεθοδολογία της AKZ αποτελεί μια συστηματική, σταδιακή προσέγγιση, η οποία αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια, τα οποία περιλαμβάνουν [Διάγραμμα 7.5]:

- Καθορισμός του σκοπού και του πεδίου δράσης
- Απογραφική ανάλυση
- Αποτίμηση επιπτώσεων
- Ερμηνεία.



Διάγραμμα 7.5. Στάδια ΑΚΖ [ISO, 1997]

7.5.1. Καθορισμός Στόχου και Σκοπού

Καθορισμός και περιγραφή του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας [ISO 14040, 2006]. Εγκαθίδρυση του πλαισίου μέσα στο οποίο πρόκειται να γίνει η ανάλυση και προσδιορισμός ορίων και περιβαλλοντικών επιπτώσεων που εξετάζονται στην ανάλυση. Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζεται ο σκοπός της μελέτης, το αντικείμενό της, η λειτουργική μονάδα, τα υλικά, οι διαδικασίες και το υπό μελέτη σύστημα. Το σύστημα αποτυπώνεται για την καλύτερη κατανόησή του με τη μορφή διαγραμμάτων ροής. Κάθε σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο διεργασιών, οι οποίες συνδέονται με το εξωτερικό περιβάλλον με τις εισροές υλικών και ενέργειας που δέχεται από αυτό και μέσω των εκπομπών αερίων, στερεών και υγρών που διοχετεύει σε αυτό. Σε αυτό το στάδιο καθορίζεται εκτός από το σκοπό της μελέτης, το προϊόν, τα όρια στα οποία περιορίζεται η μελέτη και οι διάφορες παραδοχές. Το στάδιο αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα.

Σε αυτό το στάδιο επίσης καθορίζεται η λειτουργική μονάδα, και αναγνωρίζονται τα απαραίτητα δεδομένα και πληροφορίες που απαιτούνται για τις φάσεις της ανάλυσης του καταλόγου απογραφής και της αποτίμησης των επιπτώσεων [PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b; SETAC, 1993; ISO, 1997e; ISO, 1998]. Η λειτουργική μονάδα θεωρείται ένα βασικό στοιχείο της ΑΚΖ, καθώς είναι ένα μέτρο της λειτουργίας του συστήματος και παρέχει μια αναφορά τόσο για τα εισαγόμενα στοιχεία όσο και για τα αποτελέσματα, επιτρέποντας την

σύγκριση δύο διαφορετικών συστημάτων. Τα όρια του συστήματος καθορίζουν ποιες διεργασίες θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο σύστημα.

Μετά τον καθορισμό του σκοπού της AKZ χρειάζεται να καθοριστεί το σύστημα σε συγκεκριμένο πλαίσιο. Ως σύστημα καλείται μια συλλογή από διαδικασίες ή διεργασίες που μαζί εκτελούν μια σαφή καθορισμένη λειτουργία. Ένα γενικό σύστημα αρχίζει με την απόκτηση των πρώτων υλών και των ενεργειακών πόρων και συνεχίζει μέσω της βιομηχανικής χρήσης και της τελικής διάθεσης. Το στάδιο καθορισμού του στόχου και σκοπού παίζει σημαντικό ρόλο και χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς σαφείς ορισμοί βοηθούν στην εξασφάλιση έγκυρων ερμηνειών των αποτελεσμάτων.

Ο ακριβής καθορισμός των ορίων ενός συστήματος παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του σκοπού χρήσης των τελικών αποτελεσμάτων της κάθε AKZ καθώς και στους ξεχωριστούς στόχους κάθε μελέτης [Boustead, 1995; Lee, O'Callaghan, and Allen, 1995; Lindfors, Christiansen, Hoffman, Virtanen, Juntilla, Hanssen, Renning, Ekvall and Finnveden, 1995]. Οι υποθέσεις είναι αναγκαίες για να διατηρηθεί η ευκολία διαχείρισης, με μια αξιολόγηση της πληρότητας και της δυνατότητας πρακτικής υλοποίησης [Guinée, Udo de Haes and Huppes, 1993]. Ο καθορισμός ορίων για κάποιο σύστημα τα οποία δεν θα συμπεριλαμβάνουν στάδια του κύκλου ζωής από την αποτίμηση, θα υποεκτιμήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις [Hendrickson, Horvath, Joshi και Lave (1998)]. Το παραπάνω αποτελεί ρεαλιστικός περιορισμός της διαδικασίας συλλογής δεδομένων [Lindfors, Christiansen, Hoffman, Virtanen, Juntilla, Hanssen, Renning, Ekvall και Finnveden, 1995].

7.5.2. Ανάλυση Καταλόγου Απογραφής

Στο στάδιο αυτό τα δεδομένα εισαγωγής (εισροές) είναι οι πρώτες ύλες και η ενέργεια ενώ οι εκροές είναι οι αέριες εκπομπές, τα στερεά και υγρά απόβλητα [SETAC, 1998]. Οι εισροές και οι εκροές ποσοτικοποιούνται για όλα τα βήματα επεξεργασίας μια διαδικασίας που περιλαμβάνονται στα όρια του συστήματος. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται «απογραφή δεδομένων» (inventory analysis). Τα αποτελέσματα της καταγραφής συναθροίζονται για το υπό μελέτη σύστημα.

Πολλές μελέτες κύκλου ζωής σταματούν στο στάδιο της ανάλυσης του καταλόγου απογραφής, και συνήθως βασίζονται τα συμπεράσματα και τις εισηγήσεις τους, στον τρόπο με τον οποίο μπορούν να ελαχιστοποιηθούν οι εισροές και εκροές αυτές στον κατάλογο απογραφής. Το σημαντικότερο μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι ότι δεν λαμβάνονται υπόψη πληροφορίες σχετικά με το αν ορισμένες από τις κατηγορίες στην ανάλυση του καταλόγου απογραφής είναι πιο επικίνδυνες από κάποιες άλλες [Mohin, 1994].

Η ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε μια AKZ παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Ως δείκτες ποιότητας δεδομένων μπορούν να

ληφθούν υπόψη τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Σε ότι αφορά το επίπεδο ακρίβειας των δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε μια ΑΚΖ, αυτό εξαρτάται από τη χρήση κάθε μελέτης. Για παράδειγμα, αν πρόκειται για μια απλή περιβαλλοντική αξιολόγηση όπου δεν υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις μπορούν να γίνουν διάφορες παραδοχές σχετικά με την ακρίβεια των δεδομένων. Υπάρχει σχετική βιβλιογραφία για την ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται στον κατάλογο απογραφής [SETAC, 1994; Lewis, 1996; Vigon and Jensen, 1995; Guinée, Udo de Haes and Huppel, 1993 ; Udo de Haes, 1996]. Ο Πίνακας 7.5.2. παρουσιάζει τις βασικότερες κατηγορίες πηγών δεδομένων. Οι δομές των διεργασιών μοντελοποιούνται έτσι ώστε να υπάρχει μία βάση για την οργάνωση των δεδομένων. Οι ροές υλικών και ενέργειας προσδιορίζονται ως μεγέθη εισόδου-εξόδου για όλες τις επιμέρους διεργασίες που περιλαμβάνονται από τα όρια του συστήματος. Συνδέοντας τις επιμέρους διεργασίες μεταξύ τους, αναπαριστώνται οι σχέσεις ανάμεσα στα υποσυστήματα και το περιβάλλον το δε ισοζύγιο μάζας/ενέργειας αποτελεί την απογραφή του ολικού συστήματος. Όλα τα ρεύματα ροής ενέργειας και υλικών που διέρχονται από το σύστημα καταγράφονται σαν ποσότητες σε φυσικές μονάδες. Τα δεδομένα αναφέρονται στην λειτουργική μονάδα.

Κατηγορίες πηγών δεδομένων

Ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων	Διάφορες βάσεις δεδομένων που διατίθενται από εμπορικά και ελεύθερα λογισμικά και διαδικτυακές πηγές σχετικές με την Α.Κ.Ζ.
Βιβλιογραφικά δεδομένα	Επιστημονικά άρθρα, ήδη πραγματοποιηθείσες Α.Κ.Ζ. και λοιπές βιβλιογραφικές πηγές.
Μη (δημοσίως) καταγεγραμμένα δεδομένα	Τα δεδομένα αυτά διατίθενται από εταιρείες, εργαστήρια, οργανισμούς και λοιπές σχετικές πηγές.
Μετρήσεις ή/και υπολογισμοί	Μετρήσεις, υπολογισμοί και εκτιμήσεις δεδομένων στην περίπτωση που δε διατίθενται τα αναγκαία δεδομένα ή αυτά πρέπει να βελτιωθούν

Πίνακας 7.5.2. Κατηγορίες πηγών δεδομένων [Sonnemann 2004]

Κάθε κατάλογος απογραφής συνίσταται τόσο από πραγματικά δεδομένα όσο και από υποθέσεις. Οι υποθέσεις επιτρέπουν στον αναλυτή να εκτιμήσει μια κατάσταση του συστήματος όταν τα πραγματικά δεδομένα είτε δεν μπορούν να εξασφαλιστούν μέσα στο περιβάλλον της μελέτης είτε δεν υπάρχουν. Κάθε κομμάτι πληροφορίας διαιρείται σε μια ή περισσότερες κατηγορίες και κάθε κατηγορία παίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία ανάπτυξης της ανάλυσης του συστήματος. Καθώς οι υποθέσεις μπορούν σε πολλές περιπτώσεις να επηρεάσουν σημαντικά τα αποτελέσματα της μελέτης, συχνά εκτελείται μια σειρά αναλύσεων ευαισθησίας στα αποτελέσματα για να εξεταστεί η επίδραση όταν γίνονται

αλλαγές στο σύστημα. Μια ανάλυση ευαισθησίας τροποποιεί μια ή περισσότερες παραμέτρους και επηρεάζει τους υπολογισμούς των αποτελεσμάτων. Η παρατήρηση της αλλαγής στα αποτελέσματα, βοηθά στο καθορισμό του πόσο σημαντικές είναι οι υποθέσεις σε σχέση με τα αποτελέσματα. Το υπολογιστικό μοντέλο χρησιμοποιείται για να εκτελεστούν οι υπολογισμοί της ανάλυσης ευαισθησίας [SETAC, 1993; ISO, 1997E; PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b; Kietz, 1999; SETAC, 1994; Lewis, 1996; Vigon and Jensen, 1995; Guinée, Udo de Haes and Huppés, 1993 ; Udo de Haes, 1996].

7.5.3. Αποτίμηση- Εκτίμηση Επιπτώσεων

Στο στάδιο αυτό εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι με σκοπό να αποτυπώσουν τη συμβολή των εισερχόμενων και εξερχόμενων ροών υλικών και ενέργειας του υπό μελέτη συστήματος σε μία σειρά από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι υπό εξέταση περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν είναι πάντα οι ίδιες για όλες τις μεθοδολογίες και μπορεί να μη είναι και μόνο περιβαλλοντικές. Μπορεί για παράδειγμα να εξεταστούν, εκτός από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την εφαρμογή μίας AKZ, οικονομικές επιπτώσεις, πολιτικές, κοινωνικές, κ.τ.λ. [ISO 2000a; PRé, 1996; PRé, 2000; PRé, 2001].

Σύμφωνα με τον SETAC, η αποτίμηση των επιπτώσεων αποτελείται από τρία ξεχωριστά βήματα: την **ταξινόμηση**, το **χαρακτηρισμό** (που περιλαμβάνει και την κανονικοποίηση) και την **αξιολόγηση** [SETAC, 1993; PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b; Kietz, 1999, SETAC, 1994; Lewis, 1996]. Η παραπάνω προσέγγιση έχει αποκτήσει την πιο ευρεία αποδοχή [Miettinen και Hamalainen, 1997]. Η ταξινόμηση εκχωρεί δεδομένα που έχουν αναγνωριστεί στο στάδιο του καταλόγου απογραφής του κύκλου ζωής (π.χ. οι πόροι που χρησιμοποιούνται και τα απόβλητα που παράγονται) σε διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων με βάση τις προβλεπόμενες επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Αυτές οι κατηγορίες επιπτώσεων περιλαμβάνουν περιβαλλοντικά προβλήματα όπως η εξάντληση των πόρων, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, η οξίνιση κ.τ.λ.

Η πιθανή συμβολή στην κάθε κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων ποσοτικοποιείται στο βήμα του **χαρακτηρισμού**, στο οποίο λαμβάνεται υπόψη τόσο το μέγεθος όσο και η βαρύτητα των κατηγοριών του καταλόγου απογραφής [Mohin, 1994]. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για το στάδιο του χαρακτηρισμού. αυτή όμως που εφαρμόζεται συνήθως είναι η χρήση των ισοδύναμων συντελεστών. Οι ισοδύναμοι συντελεστές δείχνουν το ποσοστό συμμετοχής μιας ουσίας στην υπό εξέταση περιβαλλοντική επίπτωση σε σχέση με μία ουσία αναφοράς. Για παράδειγμα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου η ουσία αναφοράς είναι το CO₂ και η συμμετοχή των γνωστών αερίων του θερμοκηπίου μετατρέπεται με τη χρήση των συντελεστών σε ισοδύναμα g ή kg CO₂. Η μετατροπή των g ή kg μίας ουσίας μετατρέπεται

σε ισοδύναμα g ή kg της ουσίας αναφοράς αφού πολλαπλασιαστούν με τον χαρακτηριστικό συντελεστή GWP (συντελεστής για τη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη). Με τον τρόπο αυτό, όλες οι ουσίες που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μετατρέπονται σε ισοδύναμα g ή kg CO₂ και αθροιζόμενες δίνουν μία συνολική τιμή επιβάρυνσης στην υπό εξέταση περιβαλλοντική επίπτωση.

$$\text{Global Warming (kg)} = \sum_i (\text{GWP}_i * \text{emission}_i) \quad (7.5.3.)$$

Η **κανονικοποίηση (normalization)**, η οποία συσχετίζει όλες τις τιμές των επιπτώσεων μιας λειτουργικής μονάδας με μια κατάσταση (σημείο) αναφοράς, είναι προαιρετική στο στάδιο της εκτίμησης των επιπτώσεων. Η κατάσταση αναφοράς μπορεί να διαφέρει ανά κατηγορία επιπτώσεων και είναι η συμβολή κάποιας περιοχής σε κάποια χρονική περίοδο στο τύπο του προβλήματος. Μια γενική δομή υπολογισμού κανονικοποιημένων αποτελεσμάτων (N) έχει ως εξής: η συνολική περιβαλλοντική επίπτωση εκφρασμένη σε ισοδύναμα g ή kg της ουσίας αναφοράς (S) διαιρείται με το συντελεστή κανονικοποίησης (A), που αποτελεί στην πραγματικότητα μία λειτουργική μονάδα η οποία εκφράζεται ανά μονάδα χρόνου (συνήθως ανά έτος) και ανά περιοχή (η ακόμα και ανά άτομο). Στην περίπτωση λοιπόν που ο συντελεστής κανονικοποίησης είναι εκφρασμένος ανά χρονική περίοδο τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι αδιάστατες τιμές [Pré, 1996; Pré, 2000; Pré, 2001].

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται περισσότερο και εξετάζονται στην πλειοψηφία των εφαρμογών της AKZ είναι: το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η χρήση γης, η οξίνιση, ο ευτροφισμός και στη συνέχεια η καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος και η ανθρώπινη τοξικότητα (**Πίνακας 7.5.3**). Ειδικότερα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι σημαντικότερες αέριες εκπομπές, οι οποίες εξετάζονται είναι το διοξείδιο του άνθρακα CO₂, το μεθάνιο CH₄, τα οξείδια του αζώτου NO_x, οι χλωροφθοράνθρακες, οι υδροχλωροφθοράνθρακες.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία της SETAC, το βήμα της αξιολόγησης ακολουθεί αμέσως μετά τα βήματα της ταξινόμησης και του χαρακτηρισμού, αποτελώντας μια υποκειμενική ανάλυση του τρόπου με τον οποίο τα διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα αξιολογούνται μεταξύ τους. Οι παράγοντες αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται δημιουργούνται μέσα σε ένα πλαίσιο, είτε σε εθνικό, περιφερειακό ή παγκόσμιο επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη ότι η γενική ιδέα που πρέπει να επικρατεί είναι η άμεση διερεύνηση των προτιμήσεων της κοινωνίας για μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες μέθοδοι για τη διεξαγωγή της αποτίμησης των επιπτώσεων, μερικές από τις οποίες θα παρουσιαστούν εκτενέστερα στις επόμενες παραγράφους. Ορισμένες μέθοδοι βασίζονται σε οικονομικές τιμές, όπως το κόστος της μείωσης της

ρύπανσης [Krozer, 1992], η προθυμία της κοινωνίας να πληρώσει για να αποφύγει τη ρύπανση [Tellus, 1992], ή η προθυμία της κοινωνίας να πληρώσει για να αποφύγει τις επιπτώσεις για συγκεκριμένα θέματα ασφάλειας [Steen and Ryding, 1992]. Πιο πρόσφατα συστήματα αξιολόγησης βασίζονται σε οικολογικά κρίσιμα επίπεδα, όπως η μέθοδος Eco-indicator, [Braunschweig, Forster, Hofstetter and Mueller-Wenk, 1996].

Οι επικράτεστερες μέθοδοι αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων [Bare et.al., 2000] διακρίνονται σε :

- Μέθοδο των «ενδιάμεσων» (mid-points), η οποία στοχεύει στον προσδιορισμό του προβλήματος (problem-oriented method). Η μέθοδος αυτή ασχολείται με την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου, του ευτροφισμού, κ.τ.λ.
- Μέθοδος της «κατάληξης» (end point), η οποία στοχεύει στον προσδιορισμό της βλάβης (damage oriented method). Αναλυτικότερα, σε αυτή τη μέθοδο εξετάζεται η περιβαλλοντική επίπτωση , στον άνθρωπο, στο φυσικό περιβάλλον και στις φυσικές πηγές.

Κατηγορία Περιβαλλοντικής Επίπτωσης	Κλίμακα	Κύριες εκπομπές που σχετίζονται με την επίπτωση (κατηγοριοποίηση)	Περιγραφή Συντελεστή Κατηγοριοποίησης
Φαινόμενο του θερμοκηπίου	Παγκόσμια	CO ₂ , NO ₂ , CH ₄ , CFCs, HCFCs	Ισοδύναμη ποσότητα CO ₂ . Το δυναμικό του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι για 10, 50 ή και 500 έτη
Στρατοσφαιρικό όζον	Παγκόσμια	CFCs, HCFCs, Αλογονούχες ενώσεις	Ισοδύναμη ποσότητα τριχλωροφθορομεθανίου (CFC-11)
Οξίνιση	Περιφερειακή, Τοπική	SO _x , NO _x , HCl, HF, NH ₄	Ισοδύναμη ποσότητα ιόντων υδρογόνου H ⁺
Ευτροφισμός	Τοπική	PO ₄ , NO, NO ₂ , NH ₄	Ισοδύναμη ποσότητα φωσφορικών PO ₄
Φωτοχημικό νέφος	Τοπική	NMHC (non methane hydrocarbon)	Ισοδύναμη ποσότητα αιθανίου C ₂ H ₄
Τοξικότητα εδάφους	Τοπική	Χημικές τοξικές ουσίες με δημοσιευμένη θανατηφόρα επίπτωση σε τρωκτικά ζώα	Μετατροπή του LC ₅₀ σε ισοδύναμη ποσότητα με χρήση μοντέλων
Τοξικότητα νερού	Τοπική	Χημικές τοξικές ουσίες με δημοσιευμένη θανατηφόρα επίπτωση σε ψάρια	Μετατροπή του LC ₅₀ σε ισοδύναμη ποσότητα με χρήση μοντέλων
Ανθρώπινη υγεία	Παγκόσμια, Περιφερειακή και Τοπική	Συνολικές εκπομπές στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος	Μετατροπή του LC ₅₀ σε ισοδύναμη ποσότητα με χρήση μοντέλων
Μείωση φυσικών πόρων	Παγκόσμια, Περιφερειακή και Τοπική	Ποσότητες ορυκτών και φυσικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται	Μετατροπή των εισερχόμενων δεδομένων σε λόγο των ποσοτήτων των φυσικών πηγών που χρησιμοποιούνται προς τις ποσότητες αυτών που έχουν μείνει ως απόθεμα
Χρήση γης	Παγκόσμια, Περιφερειακή και Τοπική	Διαθεσιμότητα γης	Μετατρέπεται η μάζα των στερεών αποβλήτων σε όγκο με χρήση της πυκνότητας
Χρήση νερού	Περιφερειακή και Τοπική	Έλλειμμα υδάτινου δυναμικού	Μετατροπή των εισερχόμενων δεδομένων σε λόγο των ποσοτήτων των υδάτινων πόρων που χρησιμοποιούνται προς τις ποσότητες αυτών που έχουν μείνει ως απόθεμα

Πίνακας 7.5.3. Συνηθέστερες κατηγορίες περιβαλλοντικές επιπτώσεις [Curran, 2006]

7.5.4. Ερμηνεία – Εκτίμηση Βελτιώσεων

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει την εξέταση του τρόπου με τον οποίο τα αποτελέσματα μιας ΑΚΖ μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όχι μόνο σε σχέση με τη μείωση των

δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων κάποιου συστήματος, αλλά με τρόπο τέτοιο που να γίνεται η ερμηνεία τους σε σχέση με άλλους παράγοντες, όπως π.χ. το κόστος.

Στη μεθοδολογία του SETAC (1993), προτείνεται ότι η αποτίμηση των βελτιώσεων πρέπει να ενσωματώνεται στην ΑΚΖ για να εξασφαλίζεται ότι η ΑΚΖ δεν χρησιμοποιείται μόνο για να δικαιολογηθεί κάποια κατάσταση και για να αναγνωρίζεται ότι όλα τα συστήματα προκαλούν σε κάποιο βαθμό περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες μπορούν πιθανότατα να μειωθούν. Τα πρότυπα ISO και άλλες πηγές ορίζουν το βήμα της ερμηνείας των αποτελεσμάτων αντί της αποτίμησης των βελτιώσεων, ως την τελική φάση της αποτίμησης των επιπτώσεων [Huppes, 1996; Ekvall, Rydberg, Hedenberg, Jacobson, Pajula and Wessman, 1997].

Το στάδιο αυτό σχετίζεται και με τη χρήση της μεθοδολογίας ως εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων αποδεικνύοντας ότι δεν περιγράφει απλώς ένα σύστημα διεξοδικά από περιβαλλοντική πλευρά αλλά εντοπίζει και τις διεργασίες εκείνες που μπορούν να βελτιωθούν [ISO 2000b].

7.6. Μέθοδοι Αποτίμησης Επιπτώσεων

7.6.1 CML 1992

Η μέθοδος CML αποτελεί μια μέθοδο [CML, 1992], η οποία εστιάζει σε μια σειρά περιβαλλοντικών επιπτώσεων και περιλαμβάνει τα βήματα της ταξινόμησης, χαρακτηρισμού, κανονικοποίησης και στάθμισης. Οι κατηγορίες επιπτώσεων για το δυναμικό παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας καθώς και για το στρώμα του όζοντος στηρίζονται σε παράγοντες που έχουν οριστεί από το IPCC.

7.6.1.1. Χαρακτηρισμός

Οι κύριες κατηγορίες είναι:

- **Εξάντληση ακατέργαστων υλικών και ενέργειας**

Μη βιοτικοί πόροι : Αναφέρεται στους ενεργειακούς πόρους και σε ένα πλήθος σπάνιων μετάλλων.

Βιοτικοί πόροι: Αναφέρεται σε σπάνια ζώα και φυτά.

- **Ρύπανση**

Φαινόμενο του θερμοκηπίου : Η ενδεχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη (GWP, Global Warming Potential) είναι η ενδεχόμενη συνεισφορά μίας ουσίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτή η τιμή έχει υπολογιστεί για ένα πλήθος ουσιών για περιόδους 20, 100 και 500 ετών επειδή είναι φανερό ότι ορισμένες ουσίες σταδιακά αποσυντίθενται και μακροπροθέσμως γίνονται αδρανείς.

Μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος: Οι τιμές για την ενδεχόμενη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος (ODP, Ozone Depletion Potential) έχουν καθοριστεί κυρίως από το περιεχόμενο των υδρογονανθράκων σε βρόμιο, φθόριο και χλώριο ή CFCs.

Ανθρώπινη «τοξικότητα»: Η κατηγορία αναφέρεται στις χημικές ενώσεις όπως τα βαρέα μέταλλα, οι πτητικές χημικές ενώσεις και άλλες συχνά, οι οποίες συνιστούν ρύπους ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Οι άνθρωποι μπορούν να εκτεθούν σε αυτές είτε άμεσα (μέσω της εισπνοής ή της πόσης νερού) είτε έμμεσα (μέσω της κατανάλωσης τροφών). Οι ενώσεις αυτές παρουσιάζουν υψηλή τοξικότητα, χαμηλή βιοαποδομησιμότητα και τάση βιοσυσσώρευσης. Ένας δείκτης που συχνά χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της επίδρασης των εν λόγω ρύπων στην ανθρώπινη υγεία είναι το δυναμικό τοξικότητας σε ανθρώπους (HTP Human Toxicity Potential). Επίσης έχουν αναπτυχθεί και βελτιωμένες μέθοδοι καθορισμού του δυναμικού τοξικότητας σε ανθρώπους. Παράδειγμα συνιστά η μέθοδος EDIP (Danish Environmental Design of Industrial Products), στην οποία το δυναμικό τοξικότητας σε ανθρώπους μετράται σε m3 και εκφράζει τον όγκο αέρα στον οποίο πρέπει να διαλυθεί μία από τις ενώσεις (που εμπίπτουν στη συγκεκριμένη κατηγορία περιβαλλοντικών επιπτώσεων), ούτως ώστε να καθίσταται μη τοξική [Sonnenman, 2004].

Οικοτοξικότητα: Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται ρύποι όπως τα τοξικά βαρέα μέταλλα (Cd, Pb, Mg), οι διοξίνες, τα φουράνια, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, το πολυβινυλοχλωρίδιο κ.ά. Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι η μικρή βιοαποδομησιμότητά τους και η τάση τους να βιοσυσσωρεύονται. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης κατηγορίας μελετάται η επίδρασή των προαναφερθέντων ρύπων όχι σε έναν οργανισμό (όπως στην περίπτωση της κατηγορίας της τοξικότητας σε ανθρώπους) αλλά σε ένα ευρύτερο σύνολο (πανίδα, χλωρίδα ή ένα ενιαίο οικοσύστημα).

Αιθαλομίγλη: Η ενδεχόμενη δημιουργία φωτοχημικής ρύπανσης (POCP, photochemical ozone creation potential) υποδεικνύει την ενδεχόμενη ικανότητα μιας πτητικής οργανικής ουσίας να παράγει όζον. Έχουν δημοσιευθεί τιμές για ένα ευρύ φάσμα πτητικών οργανικών ενώσεων. Η τιμή για το αιθέριο έχει οριστεί να είναι η μονάδα. Οι τιμές για τις περισσότερες ουσίες είναι μικρότερες από αυτή. Οι POCP των συνολικών παραμέτρων όπως οι αλκοόλες, οι κετόνες, οι αλδεύδες και διάφορες ομάδες υδρογονανθράκων είναι οι μέσες τιμές όλων των σχετικών ουσιών της λίστας της μεθόδου CML 92. Τα NOx παραλείπονται σ' αυτήν τη μέθοδο.

Οξίνιση : Η κατηγορία αναφέρεται στην ενδεχόμενη οξίνιση (AP, acidification potential) και εκφράζεται σχετικά με το όξινο αποτέλεσμα του SO₂. Κατά την καύση υδρογονανθράκων που περιέχουν ενώσεις του θείου και του αζώτου εκπέμπονται οξείδια αζώτου και διοξείδιο του θείου. Οι ενώσεις αυτές αντιδρούν με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας και μετατρέπονται σε νιτρικό και θειικό οξύ, αντίστοιχα. Οι παραπάνω ενώσεις εναποτίθενται, μέσω της βροχής, στην επιφάνεια του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλον. Το

φαινόμενο αυτό, γνωστό ως όξινη βροχή, προκαλεί σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα. Μεταβάλλει την οξύτητα των χερσαίων και των υδατικών οικοσυστημάτων με αποτέλεσμα να διαταράσσεται η ισορροπία τους. Η καταστροφή δασικών εκτάσεων, η θανάτωση ζωικών οργανισμών (π.χ. ψαριών) και η διάβρωση υλικών (π.χ. η γυψοποίηση των μαρμάρων) συνιστούν τα συχνότερα παραδείγματα τέτοιων επιπτώσεων.

Ευτροφισμός: Ο ενδεχόμενος ευτροφισμός (NP, nutrification potential) καθορίζεται στην μονάδα για το PO₄. Ο χαρακτηρισμός ενός υδατικού οικοσυστήματος ως ευτροφικό εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε θρεπτικά συστατικά (άζωτο και φώσφορο). Η συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών σε τιμές άνω του φυσιολογικού έχει ως αποτέλεσμα τη διατάραξη της ισορροπίας του υδατικού οικοσυστήματος. Η μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου είναι η βασικότερη επίπτωση του συγκεκριμένου φαινομένου, το οποίο συχνά συνοδεύεται με την ταπείνωση της διαύγειας των νερών και τη μείωση της ποικιλίας των ειδών των ψαριών.

Στερεά σώματα: Αυτή η κατηγορία δεν συμπεριλαμβάνεται στην γνήσια ταξινόμηση της CML 92. Έχει προστεθεί αυτή η κατηγορία των στερεών σωμάτων διότι οι εκπομπές των στερεών σχηματίζουν ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα από μόνα τους. Δεν χρησιμοποιούνται συντελεστές αξιολόγησης.

7.6.1.2.Κανονικοποίηση

Τα περισσότερα από τα δεδομένα πολλαπλασιάζονται με έναν συντελεστή των 100 για να εξαχθούν σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς η Ολλανδία συνεισφέρει περίπου 1 % στο Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν στον κόσμο. Μία εξαίρεση έχει γίνει για τις εκπομπές του φαινομένου του θερμοκηπίου και της μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος. Αυτές υπολογίστηκαν κατευθείαν από την IPCC. Οι αριθμοί, υποτίθεται, αντανακλούν τις παγκόσμιες εκπομπές. Τα επίπεδα κανονικοποίησης είναι:

- Ολλανδικό έδαφος. Καταγράφονται όλες οι εκπομπές που εκπέμπονται στην Ολλανδία και όλα τα ακατέργαστα υλικά που καταναλώνονται από την ολλανδική οικονομία.
- Ολλανδική κατανάλωση. Έχουν προστεθεί τα αποτελέσματα των εισαγωγών, και τα αποτελέσματα των εξαγωγών έχουν αφαιρεθεί. Ο υπολογισμός εκτελείται χρησιμοποιώντας το ολλανδικό μητρώο των εισόδων-εξόδων.
- Ευρωπαϊκό έδαφος (EC, Ελβετία, Αυστρία και Νορβηγία). Τα περισσότερα δεδομένα είναι από γνήσιες ευρωπαϊκές πηγές. Σε μερικές περιπτώσεις τα δεδομένα εξάχθηκαν συμπερασματικά από τα ολλανδικά και ελβετικά δεδομένα. Ως βάση για την εξαγωγή συμπερασμάτων επιλέχθηκε η κατανάλωση ενέργειας μιας περιοχής.

7.6.1.3. Αξιολόγηση

Παρ' όλο που διάφοροι οργανισμοί έχουν αναπτύξει συντελεστές αξιολόγησης χρησιμοποιώντας Panel-μεθόδους, δεν υπάρχει γενικώς καμία αναγνωρισμένη μέθοδος για να εκτιμήσει τα αποτελέσματα που λαμβάνονται με την CML μέθοδο.

7.6.2 ECO - INDICATOR 95

7.6.2.1. Χαρακτηρισμός

Η διαφορά στο στάδιο του χαρακτηρισμού ανάμεσα στη μέθοδο CML και στη μέθοδο Eco-indicator 95 είναι οι ορισμοί στα αποτελέσματα για την ανθρώπινη και την οικολογική τοξικότητα. Και τα δύο αυτά φαινόμενα έχουν αντικατασταθεί από:

- Φωτοχημική αιθαλομίχλη (ήδη διαθέσιμη στη CML μέθοδο)
- Κλασσική αιθαλομίχλη
- Καρκινογόνες ουσίες
- Βαριά μέταλλα στον αέρα και στο νερό
- Παρασιτοκτόνα

Οι χαρακτηριστικές τιμές βασίζονται:

Τιμές αποτελεσμάτων από τις παραμένουσες τοξικές ουσίες στον αέρα και στο νερό:

Αυτές οι τιμές σχετίζονται ιδιαίτερα με τα βαριά μέταλλα εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης τους στα χαμηλά επίπεδα, η οποία προκαλεί καθαρά κινδύνους υγείας. Ο κίνδυνος σχετίζεται ιδιαίτερα με το νευρικό σύστημα και με το συκώτι και μπορεί να καταλογιστεί για τη δηλητηρίαση τόσο στους ανθρώπους όσο και στο οικοσύστημα. Το χρώμιο και το νικέλιο θεωρούνται ως καρκινογόνα εξαιτίας του κινδύνου του καρκίνου ο οποίος είναι μεγαλύτερος από τις τοξικές επιδράσεις που προκαλεί. Οι κατευθυντήριες γραμμές ποιότητας του αέρα και του πόσιμου νερού μπορούν να συγχωνευτούν καθώς οι στόχοι μείωσης είναι οι ίδιοι τόσο για το νερό όσο και για τον αέρα.

Καρκινογόνες ουσίες: Οι κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα του αέρα δεν καθορίζουν επιτρεπτά επίπεδα, αλλά υπολογίζουν την πιθανότητα καρκίνου σε επίπεδο $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Κλασσική αιθαλομίχλη: Συντελεστές υπάρχουν μόνο για τη σκόνη (SPM) και για το SO_2 . Και για τις δύο ουσίες καθορίζεται (Air Quality Guidelines) το επίπεδο των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι συντελεστές επομένως και για τα δύο είναι ίσοι με τη μονάδα.

Παρασιτοκτόνα: Τα παρασιτοκτόνα διακρίνονται σε απολυμαντικά, μυκητοκτόνα, φυτοκτόνα και εντομοκτόνα. Η χρήση τους έχει σαν αποτέλεσμα τα υπόγεια νερά να γίνονται πάρα πολύ τοξικά για τον άνθρωπο και να καταστρέφεται η βλάστηση καθώς ζημιώνεται η βιολογική δραστηριότητα του εδάφους. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για την οικολογική (έδαφος) και την

ανθρώπινη (νερό) «δηλητηρίαση». Ο στόχος μείωσης βασίζεται στην ανθρώπινη «δηλητηρίαση».

7.6.2.2. Κανονικοποίηση

Οι συντελεστές κανονικοποίησης βασίζονται σε μέσα Ευρωπαϊκά (εκτός της πρώην USSR) δεδομένα από διαφορετικές πηγές. Σε πολλές περιπτώσεις γνωστά είναι μόνο τα δεδομένα μίας ή και περισσότερων μεμονωμένων χωρών και επομένως πρέπει βάση αυτών να εξαχθούν συμπεράσματα σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Ως βάση εξαγωγής συμπερασμάτων χρησιμοποιείται για την κατηγορία «Ευρώπη γ» το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν των χωρών, και για την κατηγορία «Ευρώπη ε» η κατανάλωση ενέργειας των χωρών.

7.6.2.3. Αξιολόγηση

Η βασική υπόθεση έγκειται στο γεγονός ότι μία επίπτωση μπορεί να κριθεί και να αξιολογηθεί από τη διαφορά ανάμεσα στο τρέχων επίπεδο και στο επίπεδο του στόχου. Οι στόχοι έχουν τεθεί σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

- Στο επίπεδο του στόχου η επίδραση θα προκαλέσει έναν επιπλέον θάνατο ανά εκατομμύριο ανά χρόνο.
- Στο επίπεδο του στόχου η επίδραση θα εξαρθρώσει λιγότερο από το 5% των οικοσυστημάτων της Ευρώπης.
- Στο επίπεδο του στόχου η εμφάνιση των περιόδων ομίχλης είναι εξαιρετικά απίθανη.

Φαινόμενο του θερμοκηπίου: Οι θερμοκρασίες αυξάνονται κατά 0,2 % κάθε δέκα χρόνια. Σύμφωνα με αυτή την παραδοχή η αναλογία θα αυξηθεί σε 0,3 % κάθε δέκα χρόνια. Αποτέλεσμα θα είναι η μεγάλη αλλαγή της θερμοκρασίας το 2050, η οποία θα επηρεάσει στο περίπου το 20 % της Ευρώπης. Η παγκόσμια αναφορά υποδεικνύει ότι λιγότερο από το 5 % των οικοσυστημάτων θα εξασθενήσει αν το φαινόμενο μειωθεί με ένα συντελεστή της τάξης του 2.5.

Μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος: Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ και την τροποποίηση αυτού στο Λονδίνο όλες οι εκπομπές CFC πρέπει να ελαττωθούν στο μηδέν. Για τις λιγότερες παραμένουσες ουσίες στη ατμόσφαιρα HCFCs (Hydro Chlorine-Fluor Carbons) έχει συμφωνηθεί ότι η συνεισφορά στο φαινόμενο το 1989 δεν πρέπει να ξεπερνάει το 2,6 % των συνολικών δυσμενών επιδράσεων λόγω CFCs. Έπειτα από αυτό, η χρήση αυτών των ουσιών πρέπει επίσης να μειωθεί σταδιακά έως το 2015. Εάν αυτό συμβεί ο συνολικός ετήσιος αριθμός των θανάτων ανά εκατομμύριο κατοίκους στην Ευρώπη πρώτα θα αυξηθεί από 1 σε 2 θανάτους περίπου και μετά θα μειωθεί στον έναν θάνατο ανά χρόνο ανά εκατομμύριο κατοίκους.

Λαμβάνοντας υπόψη τη παραπάνω μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, ο στόχος για τη μείωση των HCFCs είναι της τάξης του 60 %. Βάση της πρότασης ότι οι εκπομπές HCFCs προκαλούν τώρα το 2,6 % της μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος μπορεί να εκτιμηθεί ότι αυτή η μείωση θα προκαλέσει ελάττωση του φαινομένου κατά 1 % από το τωρινό του επίπεδο. Ο συντελεστής μείωσης επομένως είναι 100. Υπάρχει πολύ μεγάλη αβεβαιότητα γι' αυτόν τον αριθμό.

Οξίνιση: Μία προσωρινή εκτίμηση βασισμένη στα υπολογιστικά μοντέλα RAINS υποδεικνύει ότι η μείωση πρέπει να είναι της τάξης ενός συντελεστή ανάμεσα στο 10 και στο 20 έτσι ώστε να διατηρηθεί η ζημία στο οικοσύστημα κάτω από 5 %.

Ευτροφισμός: Ο ευτροφισμός αντιμετωπίζεται από την Παγκόσμια αναφορά ως πρόβλημα της υπερβολικής χρήσης λιπασμάτων στην γεωργία με αποτέλεσμα τα νιτρικά άλατα να διηθούνται στα έγκατα ύδατα και να τα δηλητηριάζουν. Στη CML ταξινόμηση ο ευτροφισμός αναφέρεται κυρίως στις εκπομπές στον αέρα και στο νερό. Αυτές σπάνια συνεισφέρουν παραπάνω από το 10 % της ποσότητας λιπάσματος που χρησιμοποιείται από τους αγρότες. Στους μη καλλιεργήσιμους βιότοπους, όπου υπάρχουν λίγα θρεπτικά συστατικά, ο ευτροφισμός μπορεί να επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα.

Φωτοχημική αιθαλομίχλη: Πριν από εκατό χρόνια η συγκέντρωση του όζοντος κατά μέσο όρο όλο το χρόνο ήταν 25 ppb (parts per billion) που είναι περίπου το μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο. Το κύριο όμως πρόβλημα δεν καθορίζεται από τις μέσες τιμές αλλά από την καλοκαιρινή περίοδο αιχμής που μπορεί να φτάσει και τα 300 ppb. Για να μειωθεί αυτή η επικίνδυνη κατάσταση κατά 90 % είναι απαραίτητο να μειωθούν τα VOC (Πτητικές οργανικές ουσίες), και τα NO_x κατά 60 με 70 %.

Βαρέα μέταλλα : Στη κεντρική Ευρώπη οι συγκεντρώσεις του μολύβδου είναι πολύ υψηλές, ιδιαίτερα στο έδαφος και στο νερό. Οι συγκεντρώσεις στον αέρα είναι επίσης υψηλές στις πόλεις , ιδιαίτερα εξαιτίας της χρήσης της βενζίνης. Για τους ενήλικες καθορίζεται το όριο των 0,5 – 1 μg/m³ [Air Quality Guidelines]. Αυτή η τιμή συχνά υπερβαίνεται πολλές φορές. Η κυριότερη πηγή της εναπόθεσης καδμίου είναι η γεωργία. Η μέση εναπόθεση κυμαίνεται από 0,6 έως 0,67 g/ha στους βοσκότοπους και από 3,4 έως 6,8 g/ha στις αρόσιμες περιοχές. Η νότια Ολλανδία κατέχει τη πρώτη θέση με εναπόθεση της τάξης των 7,5 έως 8,5 g/ha. Παραπέρα, περίπου το 14 % διασκορπίζεται μέσω του αέρα (βλέπε κλασσική αιθαλομίχλη). Ο συντελεστής 5 χρησιμοποιείται για τις εκπομπές των βαριών μετάλλων στο νερό.

Κλασσική αιθαλομίχλη: Οι κυριότερες πηγές αυτού του φαινομένου είναι το SO₂ και τα SPM (μικρά σωματίδια σκόνης ή κάπνας). Τα NO_x, οργανικές ουσίες και το CO εμπλέκονται στο φαινόμενο αυτό αλλά σε μικρότερη έκταση. Τα σωματίδια σκόνης μπορεί επίσης να περιέχουν και βαριά μέταλλα. Σύμφωνα με τις οδηγίες της Air Quality Guideline ορίζεται ένα όριο των 50 mg/m³ για μακροχρόνια έκθεση για τα SPM καθώς και για το SO₂. Κατά αυτό τον τρόπο μία μείωση των 75 % θα ήταν απαραίτητη. Εκτιμάται ότι μία μείωση για τις

εκπομπές του SO₂ της τάξης του 80 % και πάνω είναι απαραίτητη για να περιοριστεί συνολικά η εμφάνιση των σποραδικών περιόδων ομίχλης. Κανένας στόχος δεν προτείνεται για τα SPM διότι δεν είναι ακριβώς ορισμένοι οι μετρήσιμοι ρύποι. Συνεχίζεται να χρησιμοποιείται ο συντελεστής 5.

Καρκινογόνες ουσίες: Οι κυριότερες ουσίες που εμπλέκονται σ' αυτό το φαινόμενο είναι οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs). Αυτό συμβαίνει, μεταξύ άλλων μερών, σε κλιβάνους κοκ και σε (diesel) κινητήρες. Η **Air Quality Guideline** καθορίζει ένα όριο συγκέντρωσης των 0,01 ng/m³, στο οποίο μία περίπτωση καρκίνου ανά εκατομμύριο κατοίκους ανά χρόνο ακόμη θα συμβαίνει. Αυτό το κριτήριο δεν μπορεί να συγκριθεί ευθέως με το κριτήριο για την μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος επειδή δεν είναι όλες οι περιπτώσεις καρκίνου ακραίες. Επιπροσθέτως, μόνο το 1/3 του πληθυσμού της Ευρώπης κατοικεί σε πόλεις. Εάν υποθέσουμε ότι μία σε κάθε τρεις περιπτώσεις καρκίνου είναι ακραία και αν ληφθεί υπόψη μόνο ο αστικός πληθυσμός, ο κίνδυνος θανάτου είναι 10 φορές μικρότερος. Βασίζοντας σ' αυτό το γεγονός, θα υπήρχε ένας θάνατος ανά εκατομμύριο κατοίκους ανά χρόνο στο επίπεδο συγκέντρωσης των 0,1 ng/m³ χρησιμοποιώντας ένα συντελεστή της τάξης του 10.

Παρασιτοκτόνα : Η διήθηση των παρασιτοκτόνων απειλεί τις πηγές των εγκάτων υδάτων σε ολόκληρη την EU. Το νερό του εδάφους της EU είναι μολυσμένο κατά 65 % περισσότερο από τη νόρμα της EU (0,5 μg/l). Το όριο υπερβαίνεται δεκαπλάσια στο 25 % του συνόλου της EU. Αυτό συμβαίνει στο 20 % της περιοχής της Ανατολικής Ευρώπης. Μία μείωση χρησιμοποιώντας ένα συντελεστή της τάξης του 25 είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί ότι το όριο υπερβαίνεται σε λιγότερο από το 10 % του συνόλου της Ευρώπης.

Εξάντληση των ακατέργαστων υλικών και των στερεών αποβλήτων: Δεν έχει οριστεί κάποιο ποσοστό μείωσης για την εξάντληση των ακατέργαστων υλικών. Το παραπάνω οφείλεται στο γεγονός ότι με τη μείωση των ακατέργαστων υλικών δεν πεθαίνει κανένας άνθρωπος και κανένα οικοσύστημα δεν υφίσταται εξασθένηση. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί κυρίως οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα. Η εξάντληση είναι δύσκολο να προσδιορισθεί ποσοτικά επειδή υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις για τα περισσότερα υλικά. Υπάρχουν καλές προοπτικές για υποκατάστατα υλικά στην παραγωγή ενέργειας εάν βέβαια η αγορά ενέργειας είναι προετοιμασμένη να πληρώσει περισσότερα χρήματα για την ενέργεια. Στη πραγματικότητα το πρόβλημα με την ενέργεια δεν είναι η εξάντληση των ορυκτών καυσίμων αλλά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της καύσης. Με άλλα λόγια δεν χρειάζεται να σκεφτεί κανείς ότι όλα τα αποθέματα πετρελαίου τα οποία είναι μέχρι στιγμής γνωστά έχουν πραγματικά χρησιμοποιηθεί. Αυτό το γεγονός θα ήταν μια περιβαλλοντική καταστροφή.

Επίσης δεν έχει οριστεί κάποιο ποσοστό μείωσης για τα απόβλητα. Μία παρόμοια εξήγηση όπως αυτή για την ενεργεία ισχύει και για τα απόβλητα. Κανένας άνθρωπος δεν πεθαίνει και μόνο πολύ μικρά τμήματα των οικοσυστημάτων απειλούνται από τη χρήση των

χώρων για τα απόβλητα (εκτός από τα απορρίμματα). Εκπομπές λόγω αποτέφρωσης, αποσύνθεσης των αποβλήτων και διήθησης αυτών, για παράδειγμα, καθώς και τα βαριά μέταλλα είναι σοβαρά προβλήματα. Αυτές οι εκπομπές καθορίζονται σωστά σε μία καλή Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Τα απόβλητα συμπεριλαμβάνονται με παρόμοιο τρόπο, αλλά εκτιμούνται με όρους των εκπομπών τους.

Σ' αυτήν τη μέθοδο, δεν υπάρχουν τιμές για την οικολογική και ανθρώπινη «δηλητηρίαση», όπως γίνεται συνήθως. Σε αντίθεση υπάρχουν τιμές για τις καρκινογόνες ουσίες, για τα βαριά μέταλλα, για την κλασσική αιθαλομίχλη και για τα παρασιτοκτόνα. Ο λόγος γι' αυτό το γεγονός είναι ότι δεν μπόρεσαν να βρεθούν κάποιοι στόχοι μείωσης για τέτοιες αόριστες έννοιες. Επομένως επιλέγεται ο καθορισμός του όρου «δηλητηρίαση» σε ατομικά προβλήματα.

Ως αποτέλεσμα αυτών των αλλαγών, αυτή η μέθοδος μπορεί να θεωρηθεί ως μια μέθοδος για τις εκπομπές, και η εξάντληση των ακατέργαστων υλικών και η χρήση χώρων για τα απόβλητα πρέπει να εκτιμούνται προς το παρών χωριστά. Εκτός αυτού του περιορισμού πιστεύεται ότι αυτή η μέθοδος είναι ένα ισχυρό εργαλείο. Οι εκπομπές θα είναι η κύρια ανησυχία εφόσον ευχή όλων είναι η προστασία της υγείας και των οικοσυστημάτων [Κορωνάιος, 2004].

7.6.3. ECOPOINTS 97 (CH)

Το Ελβετικό υπουργείο περιβάλλοντος –BUWAL, έχει αναπτύξει το σύστημα Ecopoint, βασισμένο στην πραγματική μόλυνση και σε κριτικούς στόχους οι οποίοι προέρχονται από την ελβετική πολιτική. Είναι ένα από τα πρώτα συστήματα για την εκτίμηση επιπτώσεων που οδηγούν σε ένα και μοναδικό αποτέλεσμα. Όπως και η μέθοδος Eco-indicator 95 που περιγράφηκε προηγουμένως, βασίζεται στην αρχή Distance-to-Target. Αυτή η μέθοδος (Swiss Ecopoint 97) είναι μία επανέκδοση της μεθόδου του 1990. Υπάρχουν τρεις σπουδαίες διαφορές:

- Το σύστημα Ecopoint δεν χρησιμοποιεί καμία ταξινόμηση. Εκτιμά τις επιπτώσεις μεμονωμένα. Παρ' όλο που χάρη στο γεγονός αυτό επιτρέπεται μια αναλυτική και πολύ συγκεκριμένη (για κάθε ουσία) μέθοδο, έχει το μειονέκτημα ότι μόνο λίγες επιπτώσεις αξιολογούνται.
- Το σύστημα Ecopoint χρησιμοποιεί διαφορετική αρχή κανονικοποίησης. Χρησιμοποιεί τιμές στόχων και όχι τρέχουσες τιμές.
- Το σύστημα Ecopoint βασίζεται σε επίπεδα πολιτικής αντί σε επίπεδα ικανότητας για διατήρηση ή συντήρηση. Τα επίπεδα πολιτικής είναι συνήθως ένας συμβιβασμός μεταξύ πολιτικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων.

7.6.4. ECO- INDICATOR 99

Η μέθοδος Eco-indicator 99 αποτελεί διάδοχο της μεθόδου Eco-indicator 95. Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούν την προσέγγιση ζημιάς. Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας του Eco-indicator 99 ξεκίνησε με τον σχεδιασμό της διαδικασίας αξιολόγησης. Σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 14040 και 14042 [1997E; 2000Ea] το στάδιο της Αποτίμησης των Επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής (ΑΕΚΖ) έχει ως κύριο σκοπό να βοηθήσει στην κατανόηση των αποτελεσμάτων της φάσης του καταλόγου απογραφής. Στην μέθοδο Eco-Indicator 99, η κανονικοποίηση και η αξιολόγηση διεξάγονται στο επίπεδο κατηγοριών ζημιάς (το τελικό σημείο στην ορολογία κατά ISO). Εκτός από τις κατηγορίες επιπτώσεων (όπως είναι στην μέθοδο Eco-Indicator 95) στις οποίες συμβάλει η εκπομπή ρύπων από κάποιο σύστημα εξετάζονται και τρεις κύριες κατηγορίες ζημιάς στις οποίες συνεισφέρουν οι κατηγορίες επιπτώσεων [PRé, 2000; PRé,2001a; PRé, 2001b]:

- **Ζημιά στην ανθρώπινη υγεία:** Η υγεία του κάθε ανθρώπου, που ανήκει είτε στην τωρινή ή σε μελλοντικές γενεές, μπορεί να πάθει ζημιά είτε με τη μείωση της διάρκειας της ζωής με κάποιο πρόωρο θάνατο ή με την πρόκληση προσωρινής ή μόνιμης μείωσης των σωματικών λειτουργιών (ανικανότητα/αναπηρία). Σύμφωνα με τις μέχρι τώρα γνώσεις, οι περιβαλλοντικές πηγές τέτοιων ζημιών είναι κυρίως :

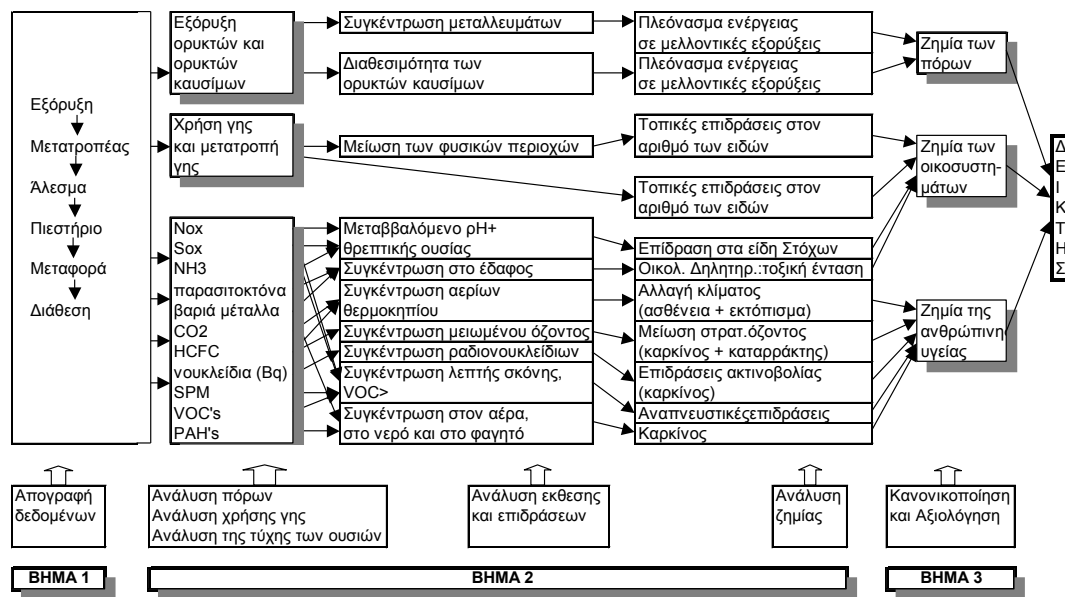
- Μεταδοτικές ασθένειες, αγγειοκαρδιακές και αναπνευστικές ασθένειες, όπως επίσης και εξαναγκασμένες μετακινήσεις λόγω της αλλαγής κλίματος
- Καρκίνος ως αποτέλεσμα της ιονικής ακτινοβολίας
- Καρκίνος και ζημιές στα μάτια λόγω της φθοράς του στρώματος του όζοντος
- Αναπνευστικές ασθένειες λόγω της παρουσίας τοξικών χημικών στον αέρα, στο πόσιμο νερό και στις τροφές

Οι ζημιές αυτές αντιπροσωπεύουν τις πιο σημαντικές ζημιές στην Ανθρώπινη Υγεία που προκαλούνται από την εκπομπή ρύπων από συστήματα προϊόντων (και κατ' επέκταση από ενεργειακά συστήματα). Η κατηγορία αυτή δεν είναι ακόμα πλήρης γιατί εξετάζεται ακόμα η ζημιά που προκαλείται από πολλές ακόμα ουσίες. Για την άθροιση των διαφόρων τύπων ζημιών στην Ανθρώπινη Υγεία χρησιμοποιείται η κλίμακα DALY (Ανικανότητα/Αναπηρία Προσαρμοσμένη σε Χρόνια Ζωής- Disability Adjusted Life Years),οποία έχει αναπτυχθεί για την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας - WHO [PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b; Murray and Lopez, 1996].

- **Ζημιά στην ποιότητα του οικοσυστήματος,** εκφρασμένη ως απώλεια των διαφόρων ειδών σε μία συγκεκριμένη περιοχή, κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

Τα οικοσυστήματα είναι πολύπλοκα και είναι δύσκολο να καθοριστούν όλες οι ζημιές που προκαλούνται σε αυτά. Μια σημαντική διαφορά με την κατηγορία της Ανθρώπινης Υγείας είναι ότι και να ήταν ακόμα δυνατό, δεν εξετάζεται στην πραγματικότητα ένας συγκεκριμένος οργανισμός, φυτό ή ζώο. Χρησιμοποιείται η ποικιλότητα των ειδών ως ένας δείκτης για την Ποιότητα του Οικοσυστήματος. Η ζημιά στο οικοσύστημα εκφράζεται ως το ποσοστό των ειδών που απειλούνται εξαφανίζονται από μια συγκεκριμένη περιοχή κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου [PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b].

Ζημιά στους πόρους, εκφράζεται ως το απαιτούμενο πλεόνασμα ενέργειας για μελλοντικές εξορύξεις ορυκτών και ορυκτών καυσίμων. Η χρήση αγροτικών και δασικών βιοτικών πόρων και η εξόρυξη πόρων όπως άμμος και χαλίκια, καλύπτονται από τις επιπτώσεις της χρήσης γης. Στην περίπτωση των μη-ανανεώσιμων πόρων (ορυκτά καύσιμα), είναι προφανές ότι υπάρχει κάποιο όριο στη χρήση των πόρων αυτών από τον άνθρωπο, αλλά είναι μάλλον αυθαίρετο να δίνονται εκτιμήσεις για τη συνολική ποσότητα ανά πόρο που υπάρχει στο προσιτό κομμάτι του φλοιού της γης [PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b]. Μια σειρά από σύνθετα μοντέλα ζημιάς αναπτύσσεται προκειμένου να χρησιμοποιηθούν οι συντελεστές αξιολόγησης για τις τρεις κατηγορίες ζημιάς (Διάγραμμα 6.6.4).



Διάγραμμα 7.6.4. Λεπτομερής αναπαράσταση του μοντέλου ζημιάς

7.6.4.1. Χαρακτηρισμός

Στον χαρακτηρισμό οι συντελεστές υπολογίζονται στο τελικό επίπεδο (ζημιάς). Το μοντέλο ζημιάς για τις εκπομπές περιλαμβάνει τυχαία ανάλυση, έκθεση, ανάλυση

επιδράσεων και ανάλυση ζημίας, το οποίο εφαρμόζεται στις κατηγορίες επιπτώσεων που παρουσιάζονται στον **Πίνακα 7.6.4.1**.

Κατηγορία Περιβαλλοντικής Επίπτωσης	Μονάδα Μέτρησης Ζημιάς
Καρκινογόνες ουσίες	
Καρκινογόνες επιδράσεις εξαιτίας των εκπομπών καρκινογόνων ουσιών στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος	Disability adjusted Life Years (DALY) / kg εκπομπής.
Αναπνευστικές επιδράσεις λόγω οργανικών ουσιών	Disability adjusted Life Years (DALY) / kg εκπομπής
Αναπνευστικές επιδράσεις λόγω ανόργανων ουσιών	Disability adjusted Life Years (DALY) / kg εκπομπής
Αλλαγή κλίματος	DALY / kg εκπομπής
Ραδιενέργεια	DALY / kg εκπομπής
Στοιβάδα του όζοντος	DALY / kg εκπομπής
Οικολογική «δηλητηρίαση».	Potentially Affected Fraction (PAF) * m ² * έτος / kg εκπομπής.
Οξίνιση / Ευτροφισμός	Potentially Disappeared Fraction (PDF) * m ² * έτος / kg εκπομπή

Πίνακας 7.6.4.1. Κατηγορίες περιβαλλοντικής επίπτωσης

7.6.4.2. Χρήση γης

Η χρήση γης (σε συστήματα που επεμβαίνει ο άνθρωπος) έχει επίδραση στην ποικιλία των διαφόρων ειδών. Βασισμένη σε παρατηρήσεις περιοχών, αναπτύχθηκε μία κλίμακα εκφράζοντας την ποικιλία των ειδών ανά τύπο χρήσης γης.

- **Χρήση γης.** Η ζημία που προκαλείται λόγω της μετατροπής της γης ή της απασχόλησης αυτής. Εκφράζεται σε **Potentially Disappeared Fraction (PDF) * m² * έτος / m²**.
- **Μείωση των πόρων.** Η ζημία των πόρων θα αντιμετωπισθεί από τις μελλοντικές γενιές, καθώς θα πρέπει να καταβάλλουν περισσότερη προσπάθεια για να εξορύξουν τους παραμένοντες πόρους. Αυτή η επιπλέον προσπάθεια εκφράζεται ως «πλεόνασμα ενέργειας».
- **Ορυκτά.** Πλεόνασμα ενέργειας ανά kg ορυκτού ή μεταλλεύματος, ως αποτέλεσμα των μειωμένων βαθμίδων μεταλλεύματος.
- **Ορυκτά καύσιμα .** Πλεόνασμα ενέργειας ανά MJ, kg ή m³ εξόρυξης ορυκτού καυσίμου, ως αποτέλεσμα της κατώτερης ποιότητας των πόρων.

7.6.4.3. Αβεβαιότητες

Διακρίνονται δύο τύποι: α) αβεβαιότητες αναφορικά με την ορθότητα των χρησιμοποιούμενων μοντέλων, β) αβεβαιότητες των δεδομένων. Οι αβεβαιότητες των δεδομένων καθορίζονται για τους περισσότερους συντελεστές ζημιάς ως τετραγωνική γεωμετρική κλασσική απόκλιση από τις γνήσιες αναφορές, αλλά όχι από τη μέθοδο του SimaPro [Sima Pro]. Προκειμένου να ληφθούν υπόψη αυτές οι επιλογές αναπτύχθηκαν τρεις διαφορετικές εκδοχές της μεθοδολογίας, χρησιμοποιώντας τα αρχέτυπα που καθορίζονται από την Πολιτιστική Θεωρία (Cultural Theory). Σύμφωνα με την παραπάνω θεωρία, ένα ευρύ πεδίο από βασικές συμπεριφορές και υποθέσεις μπορεί να προβλεφθεί για τα τρία αρχέτυπα που χρησιμοποιούνται. Από αυτές τις προβλέψεις οι εκδόσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν μια βάση για σημαντικές επιλογές προσομοίωσης για κάθε αρχέτυπο. Έτσι αναπτύσσονται τρία διαφορετικά σύνολα από επιλογές αξιών και συνεπώς και τρεις εκδόσεις μοντέλων ζημιάς. Οι βασικές συμπεριφορές που σχετίζονται με τα συστήματα αξιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην μέθοδο Eco-Indicator 99 συνοψίζονται στον Πίνακα 7.6.4. [Hofstetter, 1998; Thompson, Ellis and Wildavsky, 1990]. Οι τρεις εκδόσεις είναι: η έκδοση που αναφέρεται στην ιεραρχία, στην ισονομία και στην ατομικότητα.

Έκδοση Ιεραρχίας – Hierarchist

Στην έκδοση hierarchist:

- η επιλεγμένη χρονική προοπτική είναι μακροπρόθεσμη και οι ουσίες συμπεριλαμβάνονται εάν υπάρχει συναίνεση σχετικά με την επίπτωσή τους,
- υποτίθεται ότι οι ζημιές μπορούν να αποφευχθούν με καλή διαχείριση,
- στην περίπτωση των ορυκτών καυσίμων η υπόθεση που γίνεται είναι ότι τα ορυκτά καύσιμα δεν μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν. Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αντικαθίστανται από τον αργιλικό σχιστόλιθο, ενώ ο άνθρακας αντικαθίσταται από το λιγνίτη.
- Στους υπολογισμούς DALY η αξιολόγηση ηλικίας δεν συμπεριλαμβάνεται.

Όλα τα δεδομένα που περιλαμβάνονται στην έκδοση hierarchist υποστηρίζονται από επιστημονικούς και πολιτικούς φορείς με επαρκή αναγνώριση. Η συμπεριφορά της έκδοσης hierarchist είναι σχετικά γνωστή στην επιστημονική κοινότητα και ανάμεσα στους φορείς που είναι υπεύθυνοι για τη χάραξη πολιτικής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ευρεία αποδοχή των οδηγιών του IPPC (1996) για την αλλαγή του κλίματος [Hofstetter, 1998; Thompson, Ellis and Wildavsky, 1990; PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b].

Έκδοση Ισονομίας – Egalitarian

Στην έκδοση egalitarian:

- η επιλεγμένη χρονική προοπτική είναι εξαιρετικά μακροπρόθεσμη,
- οι ουσίες συμπεριλαμβάνονται εάν υπάρχει απλώς οποιαδήποτε ένδειξη σχετικά με την επίπτωση τους
- οι ζημιές δεν μπορούν να αποφευχθούν και μπορούν να οδηγήσουν σε καταστροφικά γεγονότα
- στην περίπτωση των ορυκτών καυσίμων η υπόθεση που γίνεται είναι ότι τα ορυκτά καύσιμα δεν μπορούν να αντικατασταθούν. Το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο πρόκειται να αντικατασταθούν από ένα μελλοντικό μίγμα λιγνίτη και αργιλικού σχιστόλιθου,
- στους υπολογισμούς DALY η αξιολόγηση ηλικίας δεν συμπεριλαμβάνεται.

Στην έκδοση egalitarian χρησιμοποιείται μια προληπτική αρχή. Γίνεται προσπάθεια να μην παραλείπεται τίποτα έστω και αν κάτι είναι αμφισβητήσιμο, όπως δεν αποδέχεται ο egalitarian καθοδήγηση από διεθνώς αναγνωρισμένους επιστημονικούς ή πολιτικούς φορείς. Η έκδοση αυτή είναι η πιο περιεκτική αλλά επίσης παρουσιάζει μεγαλύτερη αβεβαιότητα στα δεδομένα, αφού μερικές φορές πρέπει να συμπεριλαμβάνονται δεδομένα για τα οποία δεν υπάρχει συμφωνία [Hofstetter, 1998; Thompson, Ellis and Wildavsky, 1990; PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b].

ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ	ΑΡΧΕΤΥΠΟ		
	Egalitarian	Individualist	Hierarchist
Κριτήρια	Επιχειρηματολογία	Εμπειρία	Αποδείξεις/Στοιχεία
Τρόπος διαχείρισης	Αποτρεπτικός	Προσαρμοστικός	Έλεγχος
Διανομή/Κατανομή	Ισότητα	Προτεραιότητα	Αναλογικότητα
Αντίληψη του χρόνου	Ο μακροπρόθεσμος υπερισχύει του βραχυπρόθεσμου	Ο βραχυπρόθεσμος υπερισχύει του μακροπρόθεσμου	Ισορροπημένη διάκριση ανάμεσα στο μακροπρόθεσμο και το βραχυπρόθεσμο
Ευθύνες ανάμεσα στις γενεές	Παρόν < Μέλλον	Παρόν > Μέλλον	Παρόν = Μέλλον
Άποψη για τους πόρους	Εξαντλούνται	Αφθονοί	Ανεπαρκείς / Λιγιστοί
Αντίληψη για τις ανάγκες και τους πόρους	Μπορεί να διαχειριστεί τις ανάγκες αλλά όχι τους πόρους	Μπορεί να διαχειριστεί τις ανάγκες και τους πόρους	Μπορεί να διαχειριστεί τις πόρους αλλά όχι τις ανάγκες
Ενεργειακό μέλλον	Μικρή ανάπτυξη (ριζικές αλλαγές τώρα)	Τίποτα το εξαιρετικό	Στα μέσα του δρόμου (τεχνική επίλυση)
Στάση / συμπεριφορά προς τη φύση	Με προσοχή	Πολιτική μη επέμβασης	Ρυθμιστική
Στάση / συμπεριφορά προς τους ανθρώπους	Δημιουργία κοινωνίας Egalitarian	Να κατευθύνει παρά να αλλάξει	Συμπεριφορά με όρια και περιορισμούς
Αντίληψη για τη φύση	Εφήμερη φύση	Ήπια φύση	Ανεκτική/«ασυμμόρφωτη» φύση
Αντίληψη για τη φύση του ανθρώπου	Γεννιέται καλός, μπορεί να αλλάξει εύκολα	Αναζητεί τον εαυτό του	Ανήθικος / αμαρτωλός
Στάση / συμπεριφορά προς τον κίνδυνο	Αποφεύγει τον κίνδυνο	Επιζητεί τον κίνδυνο	Αποδέχεται τον κίνδυνο

Πίνακας 7.6.4. Χαρακτηριστικές αξίες στις τρεις διαφορετικές εκδόσεις/προοπτικές [Hofstetter, 1998; Thompson, Ellis and Wildavsky, 1990]

Έκδοση της Ατομικότητας – Individualist

Στην έκδοση individualist [Hofstetter, 1998; Thompson, Ellis and Wildavsky, 1990; PRé, 2000; PRé, 2001a; PRé, 2001b]:

- η επιλεγμένη χρονική προοπτική είναι βραχυπρόθεσμη (100 έτη ή λιγότερο)
- οι ουσίες συμπεριλαμβάνονται εάν υπάρχει πλήρης απόδειξη σχετικά με την επίπτωση τους,

- υποτίθεται ότι οι ζημίες είναι ανακτήσιμες μέσω τεχνολογικής και οικονομικής ανάπτυξης,
- στην περίπτωση των ορυκτών καυσίμων η υπόθεση που γίνεται είναι ότι τα ορυκτά καύσιμα δεν μπορούν πραγματικά να εξαντληθούν, επομένως εξαιρούνται από την αξιολόγηση.
- στους υπολογισμούς DALY η αξιολόγηση ηλικίας συμπεριλαμβάνεται
- επιλέγονται μόνο αποδεδειγμένες σχέσεις αιτίας – αποτελέσματος λόγω της στάση του individualist που θεωρεί ότι κάθε όριο είναι διαπραγματεύσιμο.
- δεν αποδεικνύεται ότι οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις μπορούν να διορθωθούν από την πρόοδο της επιστήμης και τις κοινωνικές εξελίξεις.

Η κανονικοποίηση εκτελείται στο στάδιο υπολογισμού της ζημίας. Τα δεδομένα της κανονικοποίησης υπολογίζονται σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, κυρίως βασισμένα στο έτος 1993 ως έτος αναφοράς, με μερικές επανεκδόσεις για τις πιο σημαντικές εκπομπές.

7.6.4.4 Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση πραγματοποιείται στο στάδιο ανάλυσης των τύπων ζημίας (τελευταίο στάδιο). Πραγματοποιείται ένας πίνακας αξιολόγησης για τις τρεις κατηγορίες ζημίας. Για κάθε εκδοχή τώρα είναι διαθέσιμο ένα συγκεκριμένο σύνολο αξιολόγησης. Το μέσο αποτέλεσμα της εκτίμησης του πίνακα αξιολόγησης είναι διαθέσιμο ως σελίδα αξιολόγησης. Η εκδοχή της ιεραρχίας του Eco-indicator 99 με μέση αξιολόγηση δεν χρησιμοποιείται. Όμως κατά γενική αξία οι επιλογές που γίνονται βάση αυτής της εκδοχής είναι επιστημονικώς και πολιτικώς αποδεκτές

7.6.6. ReCiPe

Η μέθοδος ReCiPe [Goedkoop et al. 2009; Goedkoop & Spriensma 1999] αναπτύχθηκε κυρίως από τους PRé, CML, RIVM και το Πανεπιστήμιο Radboud και προέρχεται από τη βελτιστοποίηση της CML 2000 και της Eco-indicator 99. Η μέθοδος έχει ως αρχικό στόχο να διευκολύνει την ερμηνεία της μακρικής λίστας αποτελεσμάτων του καταλόγου απογραφής με τη δημιουργία ενός πίνακα, ο οποίος περιλαμβάνει τις επιδόσεις των δεικτών κάθε κατηγορίας επίπτωσης. Η μέθοδος ονομάζεται ReCiPe 2008 (μεταφραζόμενη από τα Αγγλικά ως Συνταγή) καθώς δίνει μια « συνταγή» για τον υπολογισμό των δεικτών των κατηγοριών επίπτωσης στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Το ακρώνυμο επίσης συμβολίζει τα αρχικά των Ινστιτούτων τα οποία συνέβαλλαν στο σχεδιασμό και στην ανάπτυξη της μεθόδου [RIVM, Radboud University, CML, και PRé]. Το μοντέλο της ReCiPe βασίζεται σε έναν περιβαλλοντικό μηχανισμό. Ένας περιβαλλοντικός μηχανισμός μπορεί να είναι μια σειρά από

φαινόμενα, τα οποία συνδυαζόμενα δημιουργούν ένα συγκεκριμένο επίπεδο ζημιάς για παράδειγμα στην ανθρώπινη υγεία ή τα οικοσυστήματα.

Οι επιδόσεις των δεικτών εκφράζουν τη σχετική βαρύτητα κάθε κατηγορίας περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στη ReCiPe, οι δείκτες προκύπτουν με δύο μεθόδους :

- Η μέθοδος των «ενδιάμεσων», η οποία προτείνεται ως μέθοδος αναφοράς για το στάδιο του χαρακτηρισμού στο Εγχειρίδιο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής [Guinée et al., 2002]. Περιλαμβάνονται δεκαοκτώ δείκτες (**mid-points indicators**).
- Η μέθοδος της « κατάληξης», η οποία προέκυψε από την εξέλιξη της μεθόδου Eco-indicator 99 [Goedkoop & Spriensma, 1999] και περιλαμβάνει τρεις δείκτες (**endpoint indicators**).

Ο υπολογισμός των δεικτών «κατάληξης» γίνεται γιατί η ερμηνεία ενός μεγάλου αριθμού ενδιάμεσων δεικτών είναι αρκετά δύσκολη. Οι δείκτες στο επίπεδο «κατάληξης» είναι τρεις και στοχεύουν στην διευκόλυνση της ερμηνείας. Κάθε μια από τις δύο μεθόδους (midpoint, endpoint) έχει συντελεστές σύμφωνα με τις τρεις διαφορετικές εκδοχές των αρχτύπων που καθορίζονται από την Πολιτιστική Θεωρία (Cultural Theory). Οι παραπάνω εκδοχές (εκδόσεις ιεραρχίας, ισονομίας και ατομικότητας) παρέχουν τη δυνατότητα επιλογής σε θέματα όπως για παράδειγμα ο χρόνος. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στο βαθμό αβεβαιότητας των δεικτών και στο βαθμό αβεβαιότητας της σωστής ερμηνείας των δεικτών.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του μεθοδολογικού πλαισίου της ReCiPe είναι:

- Το ευρύ φάσμα των « ενδιάμεσων» δεικτών.
- Η χρήση δεικτών σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους (Eco-Indicator 99, EPS Method, LIME, και Impact 2002+) στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων δεν περιλαμβάνονται οι πιθανές επιπτώσεις από μελλοντικές εξορύξεις, υποτίθεται πως αυτές οι επιπτώσεις έχουν συμπεριληφθεί στην απογραφή του κύκλου ζωής.

7.6.6.1 Χαρακτηρισμός

Ο χαρακτηρισμός για το «ενδιάμεσο» επίπεδο (midpoint), προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$I_m = \sum_i Q_{mi} m_i \quad (7.6.6.1.a)$$

όπου m_i είναι το μέγεθος του φαινομένου (για παράδειγμα η μάζα του εκπεμπόμενου CO₂), Q_{mi} ο συντελεστής χαρακτηρισμού, ο οποίος συνδέει το φαινόμενο i με την «ενδιάμεση» κατηγορία επίπτωσης m , και I_m είναι ο δείκτης για την ενδιάμεση κατηγορία επίπτωσης m .

Σε ότι αφορά τον χαρακτηρισμό στο επίπεδο «κατάληξης» διακρίνονται δύο τρόποι προσέγγισης. Ο πρώτος τρόπος ξεκινά από τη παρέμβαση χωρίς υπολογισμό των μέσων σημείων. Η σχέση δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$I_e = \sum_i Q_{ei} m_i \quad (7.6.6.1.\beta)$$

όπου m_i είναι το μέγεθος της παρέμβασης i , Q_{ei} είναι ο συντελεστής χαρακτηρισμού, ο οποίος συνδέει τη παρέμβαση i με την τελική περιβαλλοντική κατηγορία επίπτωσης e και I_e είναι ο δείκτης. Η δεύτερη προσέγγιση ξεκινά από τα μέσα σημεία. Η εξίσωση για τον υπολογισμό των δεικτών δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$I_e = \sum_m Q_{em} I_m \quad (7.6.6.1.\gamma)$$

όπου I_m είναι ο δείκτης για την ενδιάμεση κατηγορία επίπτωσης m , Q_{em} είναι ο συντελεστής χαρακτηρισμού, ο οποίος συνδέει την ενδιάμεση κατηγορία επίπτωσης m με την τελική κατηγορία επίπτωσης e και I_e είναι ο δείκτης.

Το μοντέλο εφαρμόζεται για τις παρακάτω περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες συνδέονται με τους ενδιάμεσους και τελικούς δείκτες: Κλιματική Αλλαγή, στοιβάδα του όζοντος, οξίνιση, ευτροφισμός, τοξικότητα, ζημιά στην ανθρώπινη υγεία εξαιτίας των σωματιδίων PM_{10} και του όζοντος, ραδιενέργεια, χρήση Γης, εξάντληση του νερού, ορυκτά και ορυκτά καύσιμα.

7.7. Εργαλεία για εφαρμογή της AKZ

Τα εργαλεία, τα οποία υποστηρίζουν το μεθοδολογικό εργαλείο της A.K.Z είναι πολλά. Πρόκειται για λογισμικά, τα οποία παρουσιάζουν πολλές διαφορές και ανταποκρίνονται σε διαφορετικές ανάγκες χρηστών. Τα συγκεκριμένα λογισμικά προγράμματα μπορούν να διακριθούν στις εξής τέσσερις βασικές κατηγορίες [Sonnemann, 2004]:

1. Λογισμικά υποστήριξης της απογραφής δεδομένων κύκλου ζωής: Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται λογισμικά όπως τα Boustead Model, Euklid και JEM-LCA [Sonnemann, 2004].

2. Λογισμικά υποστήριξης ολοκληρωμένης A.K.Z.: Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται λογισμικά προγράμματα που μπορούν να υποστηρίξουν και το στάδιο της εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, γεγονός που δεν είναι δυνατό με τη χρήση των προηγούμενων προγραμμάτων. Τα εν λόγω προγράμματα διαφέρουν τόσο ως προς τον όγκο των περιεχόμενων βάσεων δεδομένων όσο και ως προς τα λειτουργικά τους στοιχεία. Στα χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων προγραμμάτων περιλαμβάνονται τα EDIP LCA, LCAiT, GaBi, LCAdvantage, PEMS, Simapro, TEAM και Umberto.

3. Απλουστευμένα λογισμικά υποστήριξης ολοκληρωμένης A.K.Z.: Επειδή τα

προηγούμενα λογισμικά συστήματα απαιτούν την εισαγωγή ενός τεράστιου πλήθους δεδομένων συνεπάγεται πως συχνά η χρήση αυτών καθίσταται χρονοβόρα και, ακόμη, αρκετά κοστοβόρα. Για την άμβλυνση των συγκεκριμένων προβλημάτων έχουν σχεδιασθεί προγράμματα με τις ίδιες, περίπου, δυνατότητες αλλά που παρουσιάζουν λιγότερες απαιτήσεις από το χρήστη. Δηλαδή, τα προγράμματα αυτής της κατηγορίας συνιστούν απλούστερα και χρηστικότερα προγράμματα εκ των αναφερθέντων στην προηγούμενη κατηγορία. Σ' αυτά περιλαμβάνονται τα Eco Indicator '95, MET matrices method και AT&T product improvement matrix and target plot.

4. Ειδικά λογισμικά συστήματα A.K.Z.: Στην κατηγορία αυτά περιλαμβάνονται λογισμικά προγράμματα που ειδικεύονται σε συγκεκριμένα προϊόντα. Τα περισσότερα εστιάζονται σε προϊόντα που αφορούν τον τομέα των συσκευασιών, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να προσαρμοστούν σε ένα μεγαλύτερο εύρος προϊόντων. Τέτοια προγράμματα είναι τα ECOPACK 2001-06-22, Ecoipro 1.4, KCL, ECO, EIME και WIZARD.

7.8. Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 7

1. Alexander B., Barton G., Petrie J., and Romagnoli J., (2000). Process synthesis and optimisation tools for environmental design: methodology and structure. *Computers & Chemical Engineering*, Volume 24, Issues 2-7, Pages 1195-1200.
2. Azapagic A., (1999). Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimization. *Chemical Engineering Journal*, 73, 1-21.
3. Azapagic A., and Clift R., (1999). Life cycle assessment and multiobjective optimisation. *Journal of Cleaner Production*, 7, 135-143.
4. Bare J.C., Hofstetter P., Pennington D.W. and Udo de Haes H.A., (2000). Midpoints versus endpoints: The sacrifices and benefits. *Int.J. LCA*, 5(6): 319-326.
5. Benetto E, Rousseaux P., and Blondin J., (2004). Life cycle assessment of coal by-products based electric power production scenarios. *Fuel* 83, Pages 957-970.
6. Berkhout F., and Howes R. (1997). The adoption of life-cycle approaches by industry: patterns and impacts. *Resources, Conservation and Recycling*, 20, 71-94.
7. Boustead I., (1995). Life-cycle assessment: An overview. *Energy World*, 7-11.
8. Braunschweig A., Forster R., Hofstetter P., and Mueller-Wenk R., (1996). Developments in LCA valuation. Swiss National Science Foundation.
9. Burgess, A.A. and Brennan, D.J. (2001). Application of life cycle assessment to chemical processes. *Chemical Engineering Science*, 56(2001), 2589-2604.
10. CML 2 baseline method, (2001). Centre for Environmental Studies (CML), University of Leiden. www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/lca2/index.html
11. Curran M., (1993). Broad-based environmental life cycle assessment. *Environmental Science and Technology*, 27(3), 431-436.
12. Curran Mary Ann, (2006). *LCA: Principles and Practice*. U.S. Environmental Protection Agency (EPA).
13. Ekvall T., Rydberg T., Hedenberg O., Jacobson B. B., Pajula T., and Wessman H., (1997). Guidelines on life cycle impact assessment of pulp and paper. Nordpap DP 2/55, November.
14. EPA (1993). *Life Cycle Assessment : Inventory guidelines and principles*. EPA/600/r-92/245.

15. Fava J. A., and Page A., (1992). Application of product life cycle assessment to product stewardship and pollution prevention programs. *Water Science and Technology*, 26(1-2), 275-287.
16. Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R.B.H., Christiansen, K., Klüppel, H.J., (2006). The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. *International Journal of Life Cycle Assessment* 11, 80e85.
17. G. Sonnemann, F. Castells, M. Schuhmacher (2004): "Integrated Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes". Lewis Publishers, CRC Press LLC, Boca, Raton, London, New York, Washington, D.C.
18. Goedkoop M., Hofstetter P., Müller-Wenk R., and Spriensma R., (1998). The Eco-Indicator 98 Explained. In: *International Journal of LCA*, Volume 3, Issue 6, Pages 352-360.
19. Goedkoop M.J., Heijungs R, Huijbregts M., De Schryver A.;Struijs J., Van Zelm R.,(2008) ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level; First edition Report I: Characterisation; <http://www.lcia-recipe.net>
20. Goedkoop, M. & Spriensma, R. (1999) The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment Methodology. The Netherlands, PRé Consultants b.v.
21. Guinée J. B., Udo de Haes H. A., and Huppes G., (1993). Quantitative life cycle assessment of products, 1. Goal definition and inventory. *Journal of Cleaner Production*, 1(1), 3-13.
22. Guinée, J. B. E., M. Gorrée, R. Heijungs, G. Huppes, R. Kleijn, A. De Koning, L. Van Oerd, A. Wegener Sleeswijk, S. Suh, H. A. Udo de Haes, J. A. De Bruijn, R. Van Duin, and M. A. J. Huijbregts. (2002). Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. SeriesL eco-efficiency in industry and science. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer academic publishers.
23. Harsch M., (1996). Life-cycle assessment. *Advanced Materials and Processes*, 43-46.
24. Heijungs R. (Ed.), (1992). Environmental life cycle assessment of products: Guide. Centre of Environmental Science, Leiden University.
25. Heijungs R., (1995). Harmonisation of methods for impact assessment. Centre of Environmental Science, Leiden University.
26. Hendrickson O., Horvath A., Joshi S., and Lave L., (1998). Economic input-output models for environmental lifecycle assessment. *Environmental Science and Technology*, 184-191.
27. Hofstetter P., (1998). Perspectives in Life Cycle Impact Assessment; A Structured Approach to Combine Models of the Technosphere, Ecosphere and Valuesphere. Kluwers Academic Publishers, 1998, Info: www.wkap.nl/book.htm/07923-8377-X
28. Huppes G., (1996). LCA yesterday, today and tomorrow. Centre of environmental science: Leiden University.
29. ISO 14040, (1997E). Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva
30. ISO 14001 (2004): Environmental Management Systems – Requirements with guidance for use, International Organization for Standardization, Geneva.
31. ISO 14040 (2006): Environmental management - Life Cycle assessment - Principles and framework, International Organization for Standardization, Geneva.
32. ISO 14041 (1998): Environmental management - Life cycle assessment -- Goal and scope definition and inventory analysis, International Organization for Standardization, Geneva.
33. ISO 14042 (2000a): Environmental management - Life cycle assessment – Life cycle impact assessment, International Organization for Standardization, Geneva.
34. ISO 14043 (2000b): Environmental management - Life cycle assessment – Life cycle interpretation, International Organization for Standardization, Geneva.

35. ISO 14044. (2006). Environmental Management-LCA-Requirements and guidelines.
36. Keoleian G.A., (1993). The application of life cycle assessment to design. *Journal of Cleaner Production*, Volume3, Issue 4, 143-149.
37. Khan F.I., Sadiq R., and Husain T., (2002). Green Pro-I: a risk-based life cycle assessment and decision-making methodology for process plant design. *Environmental Modelling & Software*, Volume 17, Issue 8, Pages 669-692.
38. Kietz T.A., (1999). Identifying and assessing process industry hazards (4th ed.). UK: Institution of Chemical Engineers.
39. Kniel G.E., Delmarco K., and Pétrie J. G., (1996). Life cycle assessment applied to process design: Environmental and economic analysis and optimization of a nitric acid plant. *Environmental Progress*, 15(4), 221-228.
40. Krozer J., (1992). Decision model for environmental strategies of corporations (DESC). Institute for Applied Environmental Economics (TME), The Netherlands.
41. Lee J., O'Callaghan P., and Allen D., (1995). Critical review of life cycle analysis and assessment techniques and their application to commercial activities. *Resources, Conservation & Recycling*, 13, 37-56.
42. Lewis H., (1996) . Data quality for life cycle assessment. Paper addressed to National Conference on Conference on Life Cycle Assessment: Shaping Australia's Environmental Future, Melbourne February 29 – March 1.
43. Lindfors L.G., Christiansen K., Hoffman L., Virtanen Y., Juntilla V., Hanssen O.J., Renning A., Ekvall T., Finnveden G., (1995). Nordic guidelines on life-cycle assessment. Nord, 1995:20. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark.
44. Lombardi L., (2002). Life cycle assessment comparison of technical solutions for CO2 emissions reduction in power generation. *Energy Conversion and Management*, Volume 44, Issue 1, Pages 93-108.
45. Mann M.K., Spath P.L., and Craig K.R. (1996). Economic and life-cycle assessment of an integrated biomass gasification combined cycle system. *Proceedings of the 31st intersociety energy conversion engineering conference*, vol. 3, August (pp. 2134-2139).
46. Miettinen P., and Hamalainen R. P. (1997). How to benefit from decision analysis in environmental life cycle assessment (LCA). *European Journal of Operational Research*, 102, 279-294.
47. Mohin, T.J., (1994). In: B. Taylor et al (Eds.). *The environmental management handbook*. London, Great Britain: Pitman Publishing
48. Murray C., and Lopez A., (1996). *The Global Burden of Disease*. WHO, World Bank and Harvard School of Public Health. Boston
49. Nash J., and Stoughton M. D., (1994). Learning to live with life cycle assessment. *Environmental Science & Technology*, 28(5), 236A-237A.
50. Pessoa C., (1993). Life cycle methods and applications: Issues and perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 7(3-4), 139-142.
51. Pré Consultants, (1996). *The Eco Indicator 95, manual for designers*.
52. Pré Consultants, (2000). *The Eco Indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for designers, Second Edition*. www.pre.nl
53. Pré Consultants, (2001). *The Eco Indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for designers, Third Edition*. www.pre.nl
54. PRé Consultants, (2001a). *The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Annex, Third edition*, <http://www.pre.nl>
55. PRé Consultants, (2001b). *The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report, Third edition*, <http://www.pre.nl>
56. SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (1991). *A technical framework for life cycle assessments*.
57. SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, (1993). *Guidelines for Life Cycle Assessment: A code of practice*. Washington DC
58. SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, (1994). *Life Cycle Assessment Data Quality: A conceptual framework*. Washington DC.

59. Steen B., and Ryding T., (1992). The EPS enmro-accounting method. Göteborg: Swedish Environmental Research Institute.
60. Tellus, (1992). Tellus packaging study. Boston: Tellus Institute.
61. Thompson M., Ellis R., and Wildavsky A., (1990). Cultural Theory. Westview Print Boulder.
62. Udo de Haes H. A., (1993). Applications of life cycle assessment: Expectations, drawbacks and perspectives. *Journal of Cleaner Production*, /(3-4), 131-137.
63. Udo de Haes H. A., (1996). Towards a methodology for life cycle impact assessment. Europe Workgroup on Life Cycle Impact Assessment, SETAC-Europe, Brussels.
64. UNEP, Z., United Nations Environment Programme, (1996). Life cycle assessment: What it is and how to do it. Paris, France.
65. Vigon B.W., and Jensen A.A., (1995). Life cycle assessment: Data quality and databases practitioner survey. *Journal of Cleaner Production*, 5(3), 135-141.
66. World Health Organization (2005). Air Quality Guidelines : whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf
67. Κορωναίος, Χ. (2004). Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Η ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Προσέγγιση στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σημειώσεις □Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) “ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ”