

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

*Βιωσιμότητα και βιομηχανία:
Αξιολόγηση με προοπτικές για το περιβάλλον
και την κοινωνία. Δυναμική και προκλήσεις*

*Καθ. Α. Κοκόσης, CEng, FIChemE, FRSA, FIET
& Leverhulme Visiting Professor at Imperial College, London*

Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ

ΤΕΕ, 12 Δεκ. 2023

Ιστορική αναδρομή (I)



1972 Παγκόσμια μέρα Περιβάλλοντος

Συνδιάσκεψη ΟΗΕ, Στοκχόλμη

- Διακήρυξη 26 αρχών
- Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (United Nations Environmental Programme, UNEP) - Θεσμικό όργανο (υπό την αιγίδα του ΟΗΕ) υλοποίησης σχεδίου δράσης 106 συστάσεων
- Δημιουργία Ταμείου για το Περιβάλλον με τις εισφορές κρατών

1987 Brundtland Report

Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος & Ανάπτυξης (World Commission on Environment and Development, WCED)

- Στήριξη στην βιώσιμη ανάπτυξη
- Αναβάθμιση των ποιοτικών όρων της ανάπτυξης
- Διασύνδεση ανάπτυξης με κοινωνικές ανάγκες (εργασία, τροφή, ενέργεια, νερό, υγεία)
- Έλεγχος πληθυσμιακών εκρήξεων
- Επαναπροσδιορισμός προτεραιοτήτων τεχνολογίας, διαχείριση κινδύνου
- Σύνδεση αποφάσεων με όρους που εμπεριέχουν οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια



Ιστορική αναδρομή (II)



1992 Συνάντηση Κορυφής στο Ρίο

Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος & Ανάπτυξης (World Commission on Environment and Development, WCED)

- Δήλωση του Ρίο (Rio Declaration on Earth Summit). 27 βασικές αρχές βιώσιμης ανάπτυξης
- Agenda 21
- Σύσταση αρμόδιας επιτροπής (Commission on Sustainable Development, CSD) με σκοπό την υλοποίηση στόχων που οδηγούν σε βιώσιμη ανάπτυξη
- Συμφωνία ανάπτυξης παράλληλων εθνικών προγραμμάτων
- Παρακολούθηση στόχων μέσα από μελλοντικές συναντήσεις

2001 Αειφορία και Χημική Μηχανική

World Chemical Engineering Council (WCEC)

- Δεσμεύσεις για χρήση και ανάπτυξη δεξιοτήτων του επαγγέλματος που να στηρίζουν βελτίωση ποιότητας ζωής
- Περιορισμός της ανεργίας
- Προώθηση καινοτόμων τεχνικών επιλογών που συνδυάζουν κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια
- Προστασία του περιβάλλοντος σε αειφορικούς όρους

20 Ινστιτούτα Χημικών Μηχανικών



Δεσμεύσεις και στόχοι



2002 Συνάντηση Κορυφής στο Γιοχάνεσμπουργκ

Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος & Ανάπτυξης (World Commission on Environment and Development, WCED)

Δεσμεύσεις

- Μείωση, κατά το ήμισυ, του πληθυσμού που βρίσκεται κάτω από τα όρια της φτώχειας
- Σύσταση & στήριξη 10-ετών προγραμμάτων αειφόρου ανάπτυξης
- Διαφοροποίηση ενεργειακών πηγών, στήριξη των ΑΠΕ, ενίσχυση του ποσοστού συμμετοχής τους στη ενέργεια που καταναλώνεται
- Ενίσχυση περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας, ανάπτυξη εναλλακτικών αλλά βιώσιμων παροχών ενέργειας
- Ενίσχυση και ανάπτυξη ολοκληρωμένων δικτύων χρήσης και διαχείρισης νερού, μείωση κατανάλωσης νερού
- Περιορισμός της ραγδαίας υποβάθμισης στη βιοποικιλότητα

Το επόμενο βήμα



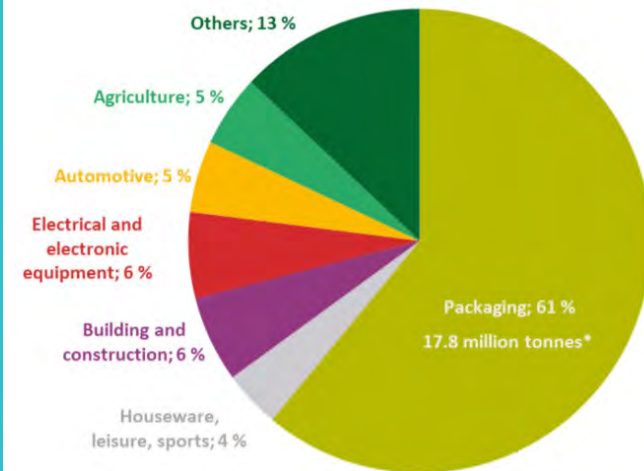
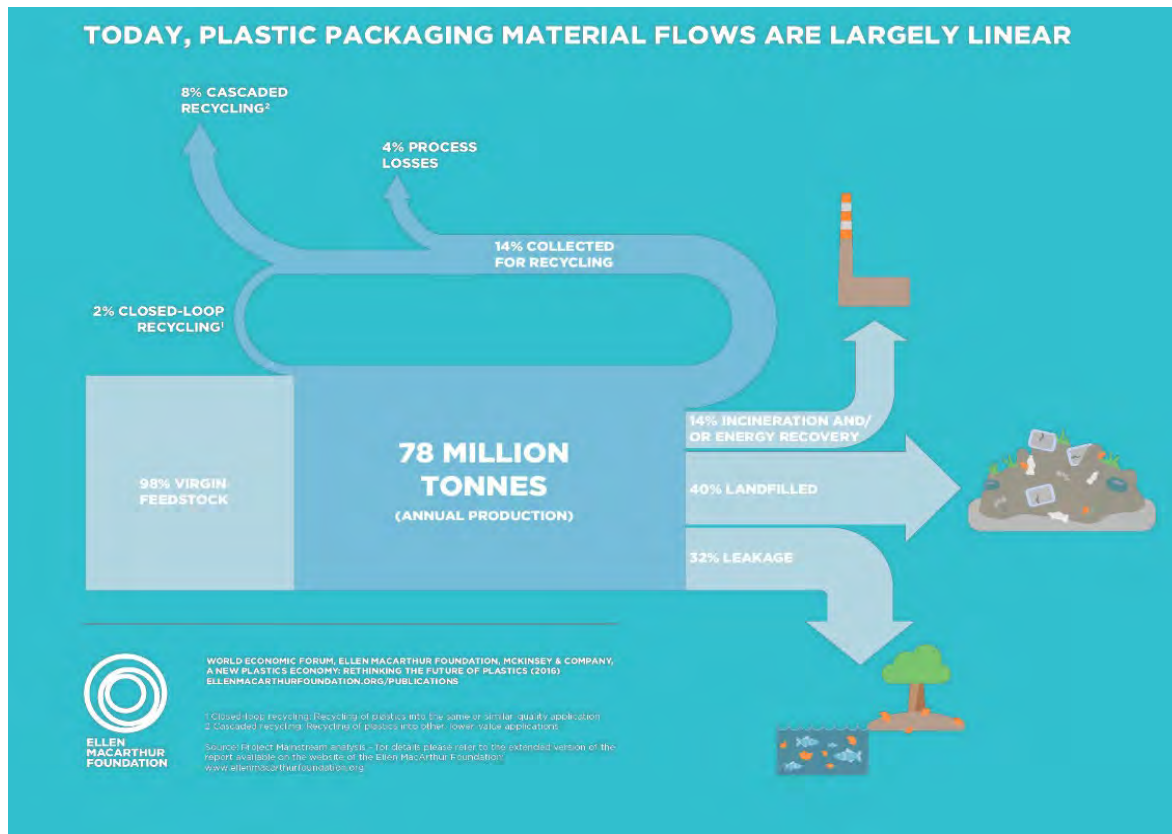
2002 Συνάντηση Κορυφής στο Γιοχάνεσμπουργκ

Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος & Ανάπτυξης (World Commission on Environment and Development, WCED)

- 183 χώρες με εθνική εκπροσώπηση
- Καταγραφή θετικών και αρνητικών αποτελεσμάτων
 - ΕΕ: Ανάπτυξη από 1990 χωρίς ανάλογη αύξηση καυσίμων
 - Σταδιακή μείωση αποβλήτων και κατοίκων
- Αναβάθμιση της Επιτροπής σε Συμβούλιο με τη Σύσταση Διεθνούς Συμβουλίου για την Αειφόρο Ανάπτυξη (UNCSD, UN Council of Sustainable Development)
- Παρόμοιο Συμβούλιο για Εταιρικά Σχήματα (WBCSD, World Business Council for Sustainable Development)
 - 200 Πολυεθνικές εταιρείες
- 83 χώρες συμφώνησαν σε παράλληλη διάχυση μέσα από εθνικά προγράμματα (π.χ. UK: DETR, DEFRA)

Ανάπτυξη εξειδικευμένων δεικτών Αειφορίας (*IChemE indicators*)

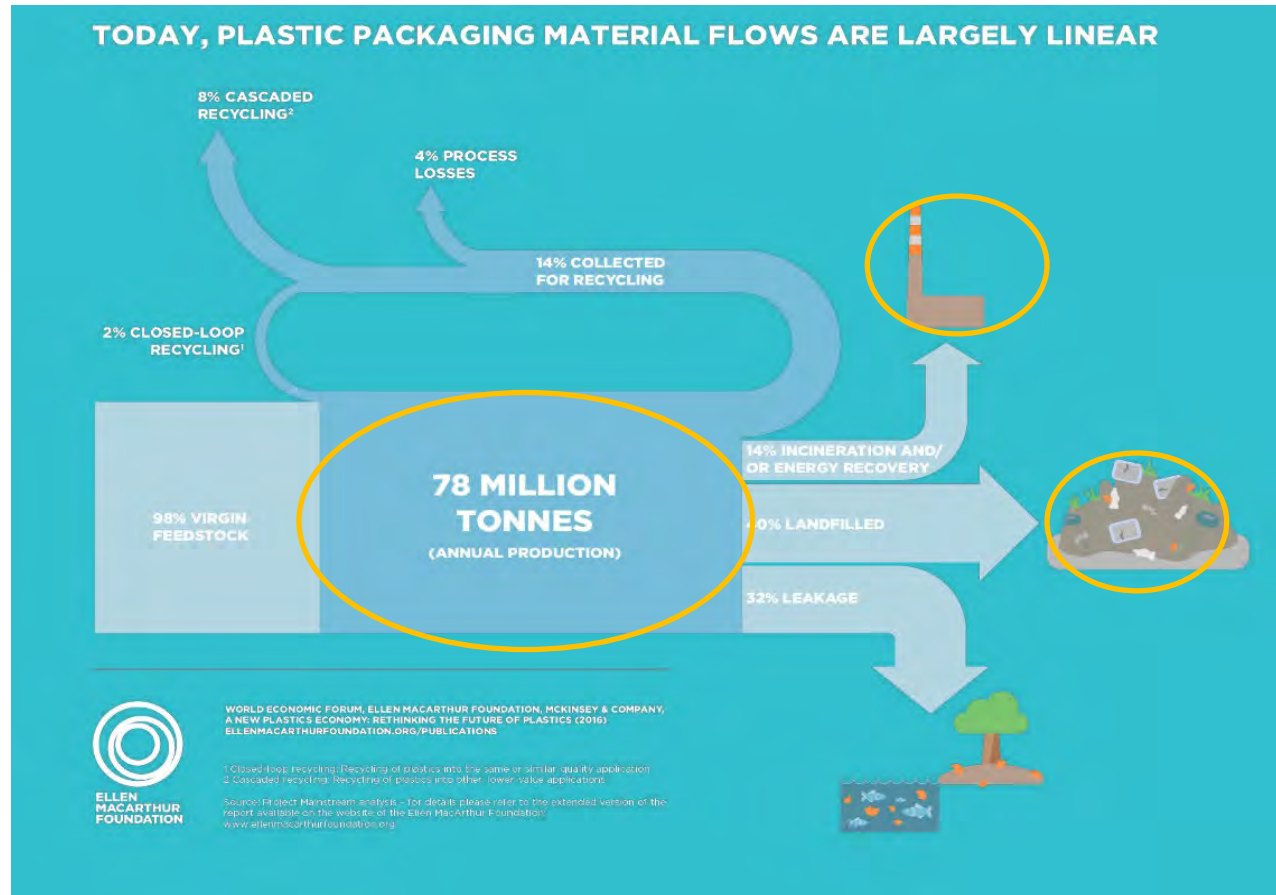
Η προσέγγιση της βιομηχανικής δραστηριότητας στο χρόνο – βιομηχανία πλαστικών



- Βιομηχανία βασίζεται κυρίως σε πρωτογενείς πρώτες ύλες
- Ελάχιστο ποσοστό ανακύκλωσης (σχεδόν μηδενικό)
- Τα πλειοψηφικά καταλήγουν σαν ανεξέλεγκτα απόβλητα, σε χωματερές ή σε καύση

Απο τη περιβαλλοντική διαχείριση στη βιωσιμότητα – παραγωγή πλαστικών

1972

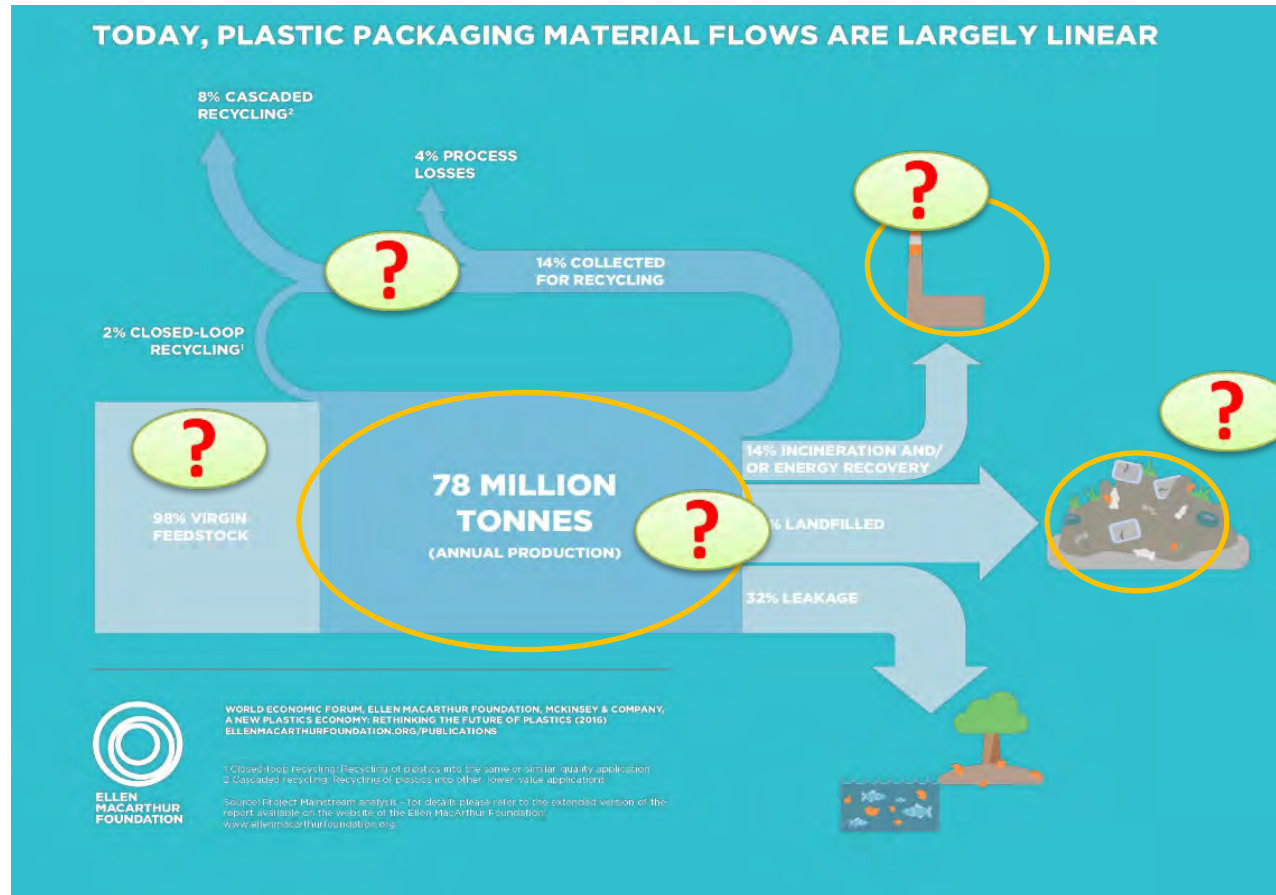


- Καλύτερη χρήση ενέργειας, λιγότερα απόβλητα
- Καλύτερη, αποδοτικότερη συλλογή σε ελεγχόμενες μονάδες επεξεργασίας

Απο τη περιβαλλοντική διαχείριση στη βιωσιμότητα – παραγωγή πλαστικών



1992

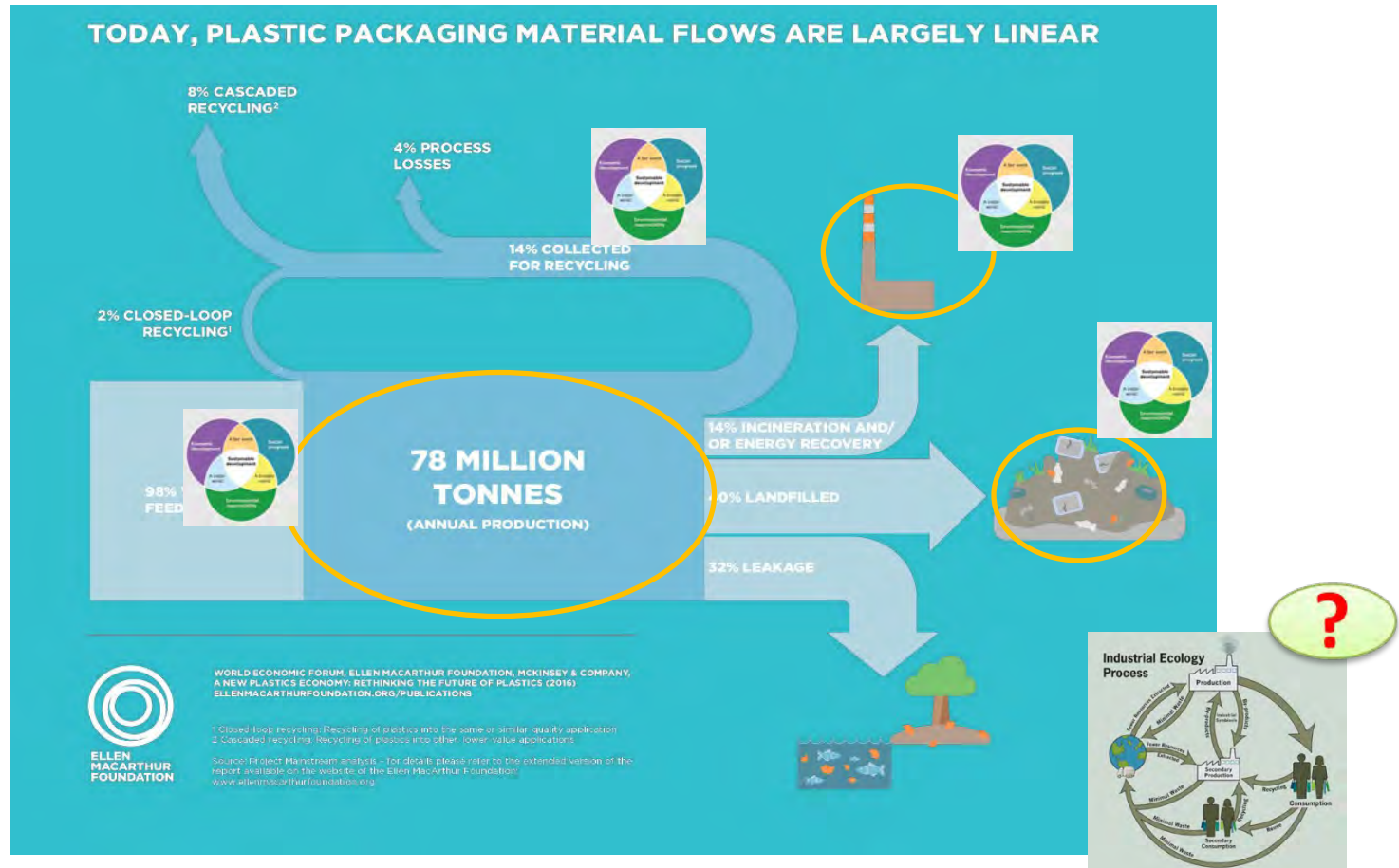


- Εξάντληση πόρων – πως αναπληρώνονται;
- Απόθεση προϊόντων – πως ανακυκλώνονται σαν πρώτες ύλες;
- Προσαρμογή στην παραγωγή προϊόντων με δυνατότητες ανάκτησης των πρώτων υλών;

Απο τη περιβαλλοντική διαχείριση στη βιωσιμότητα – παραγωγή πλαστικών



2002



- Ποσοτικοποίηση παραγωγικών δράσεων έξω από πλαίσιο της παραγωγής
- Καταγραφή επιδόσεων μέσα από ένα συμφωνημένο πλαίσιο
- Αναζήτηση τρόπων αξιολόγησης κοινωνικών αποτυπωμάτων

Δείκτες & μετρήσεις αειφορίας

Ανάγκη μετρήσεων και δείκτες CSD

1992 Ίδρυση Επιτροπής Βιώσιμης Ανάπτυξης (UN Commission on Sustainable Development - CSD)

Δείκτες UN CSD

1996 Πρώτη κατηγοριοποίηση δεικτών

- 4 κατηγορίες ('pillars') κομβικών δεικτών
- 134 επιμέρους (οικονομικοί, κοινωνικοί, εταιρικοί)

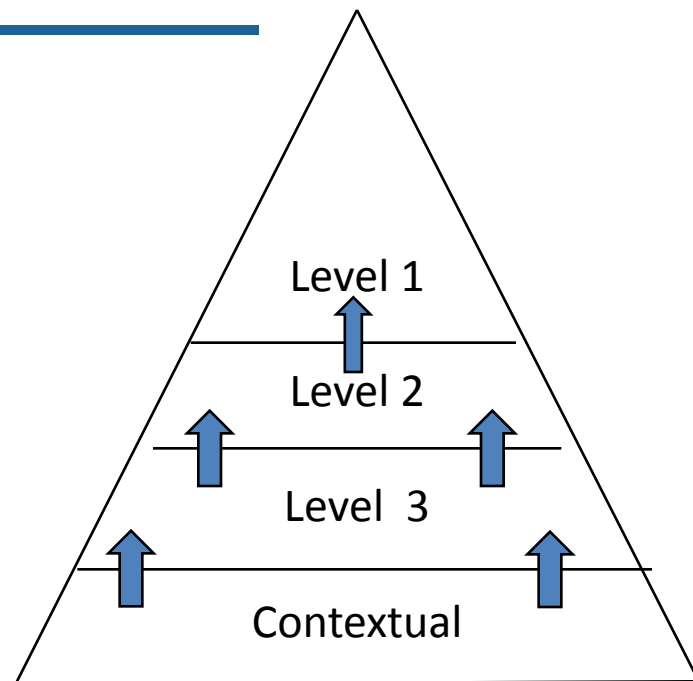
2007 Δεύτερη κατηγοριοποίηση που καταργεί τη διαφοροποίηση σε οικονομικούς, κοινωνικούς κλπ. και εισάγει 14 θεματικές ενότητες

- Οικονομική ανάπτυξη, καταναλωτικά και παραγωγικά πρότυπα (π.χ χρήση μεταφορικών μέσων, ΑΠΕ)
- Φτώχεια, εκπαίδευση, υγεία, δημογραφία
- Επιπτώσεις στο περιβάλλον, ατμοσφαιρική ρύπανση, χρήση γης, βιοποικιλότητα, πηγές και χρήση νερού

Ευρωπαϊκή Ένωση - Δείκτες SDS

2001, 2006 Sustainable Development Strategy (SDS)

- ❑ Κύριες προκλήσεις
 - κλιματική αλλαγή & καθαρή ενέργεια
 - βιώσιμες μεταφορές
 - βιώσιμη κατανάλωση & παραγωγή
 - συντήρηση & διαχείριση φυσικών πόρων
 - δημόσια υγεία
 - κοινωνική μέριμνα, δημογραφία, μετανάστευση
 - φτώχεια
- ❑ 10 Θεματικές ενότητες
- ❑ Διαστρωμάτωση των δεικτών σε 4 επίπεδα
 - Επίπεδο 1- Συγκεντρωτικοί (L1, headline)
 - Επίπεδο 2 - Θεματικοί (L2, για κάθε θεματική ενότητα)
 - Επίπεδο 3 - Ειδικοί (L3)
 - Επίπεδο 4 - Πρωτογενείς (Contextual indicators)



Εθνικοί Δείκτες

CSD: ενθαρρύνει την ανάπτυξη εθνικών δράσεων καθώς η κάθε χώρα αντιμετωπίζει ξεχωριστά προβλήματα

Παράδειγμα: Μεγάλη Βρετανία (Department of Environment, Food and Rural Affairs, Defra).

2005. Πρόγραμμα: *Securing the future, UK Government Sustainable Development Strategy*

- 68 εθνικοί δείκτες (*UK Sustainable Development Indicators*)
- 4 άξονες προτεραιότητας
 - Βιώσιμη κατανάλωση και παραγωγή
 - Κλιματική αλλαγή και ενέργεια
 - Φυσικοί πόροι και περιβάλλον
 - Βιώσιμες κοινωνίες
- 20 Συγκεντρωτικοί δείκτες (*framework indicators*)
 - πρωτογενείς δείκτες (οικονομική ανάπτυξη, παραγωγικότητα, περιβάλλον)
 - παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κατανάλωση φυσικών πόρων
 - αέρια θερμοκηπίου, εκπομπές CO₂ & αέριες εκπομπές, χρήση γης, απόβλητα
 - κοινωνία, ανεργία/ απασχόληση, εκπαίδευση, υγεία, κινητικότητα, κοινωνική δικαιοσύνη, ευημερία

Περιφερειακοί/Τοπικοί δείκτες

CSD: ενθαρρύνει την ανάπτυξη περιφερειακών δράσεων καθώς η κάθε περιοχή μιας χώρας αντιμετωπίζει ξεχωριστά προβλήματα

Σκοπός: καταγραφή τοπικών επιδόσεων, διαφοροποιήσεων, εξομάλυνση ανάπτυξης

Παράδειγμα: Μεγάλη Βρετανία, *The Audit Commission* (Defra).

2005, 2010. Πρόγραμμα: *Quality of Life in London*

- 61 Δείκτες που συμπληρώνουν τους Εθνικούς (UK Government SDS)
- 8 θεματικές ενότητες
 - Ευημερία πολιτών, στέγαση
 - Συμμετοχή στα κοινά
 - Καταναγκασμοί
 - Μετακινήσεις, μεταφορές
 - Ασφάλεια
 - Εγκληματικότητα
 - Πρόσβαση σε κέντρα υγείας, νοσοκομεία
 - Τέχνες και πολιτισμός

Εταιρικοί δείκτες βιωσιμότητας (Corporate sustainability)

2002 World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)

Οικολογική απόδοση σημαίνει μεγαλύτερη παραγωγή με λιγότερους πόρους, λιγότερα απόβλητα και περισσότερα κοινωνικά οφέλη.

7 βασικά κριτήρια

- Ποιότητα υπηρεσιών
- Διάρκεια/ αντοχή προϊόντων
- ένταση χρήση πρώτων υλών και ενέργειας
- Ανακυκλωσιμότητα προϊόντων
- Βιώσιμη χρήση ΑΠΕ
- Περιβαλλοντική συμπεριφορά, τοξικότητα

Ενδεικτικοί δείκτες

- Αξία προϊόντων, υπηρεσιών, ποσότητα προϊόντων, πωλήσεις
- Περιβαλλοντικοί: ενέργεια, εκπομπές θερμότητας

Καμία αναφορά σε κοινωνικά κριτήρια ή σε Ανάλυση Κύκλου Ζωής

Παγκόσμια Πρωτοβουλία Εταιρικών Εκθέσεων (Global Reporting Initiative, GRI)

2006, 2010 CERES (Coalition for Environmentally Responsible Economies)
ΜΚΟ που ιδρύθηκε στις ΗΠΑ (1997)

- KPMG (2008): 70% των μεγαλύτερων εταιρειών (σε μέγεθος) κάνουν χρήση GRI
- 6 Βασικές κατηγορίες δεικτών με ιδιαίτερη έμφαση σε κοινωνικά κριτήρια
 - **Οικονομικοί δείκτες (ECi):** οικονομική απόδοση, παρουσία στην αγορά, έμμεση εμπλοκή (υποδομές, εθνική στρατηγική)
 - **Φυσικοί πόροι (ENi):** ποσότητα και είδος πρώτων υλών, κατανάλωση ενέργειας, χρήση ΑΠΕ, χρήση υδάτινων πόρων, βιοποικιλότητα
 - **Κοινωνικοί δείκτες (LAI):** αριθμός υπαλλήλων, αποδοχές/ δώρα/ παροχές σε υπαλλήλους, αριθμός και είδος ατυχημάτων
 - **Κοινωνικοί δείκτες (HRi):** αριθμός & ύψος επενδύσεων που αφορούν στη βελτίωση / ενημέρωση συνθηκών εργασίας, αριθμός προμηθευτών που αξιολογήθηκαν για την πολιτική της σε ανθρώπινα δικαιώματα
 - **Κοινωνικοί δείκτες (SOi):** διαφθορά, % υπαλλήλων που εκπαιδεύονται για τέτοια θέματα, μέτρα καταστολής ατυχημάτων, δωρεές & χορηγίες
 - **Κοινωνικοί δείκτες (PRi):** αριθμός σταδίων που αξιολογούνται με AK7, ατυχήματα, αριθμός προϊόντων που κατηγοριοποιούνται με ISO, ποσοστό & είδος επικοινωνίας με τον πελάτη, αριθμός παραπόνων, πρόστιμα
- Συνολικά: 79 Δείκτες: 47 κομβικά & 32 βοηθητικά

Δεν υπάρχει ειδική αναφορά σε AKZ, προβλέπονται όμως όλοι οι επιμέρους δείκτες που απαιτούνται για τον υπολογισμό της.

Who cares wins (ESG)

- ESG –κριτήρια (περιβαλλοντικά, κοινωνικά, εταιρικά) που λειτουργούν σαν οδηγός επενδύσεων και σχετίζεται με την καταγραφή της ‘εταιρικής ευθύνης’ σε εταιρείες
- ESG data για Sustainable Development Goals (SDGs) από το 1980
- Έντονη δραστηριότητα απο το 2020 με πρωτόκολλα και επενδύσεις 20 δισ ευρώ να έχουν ήδη διοχετευθεί σε ESG-positive προϊόντα και υπηρεσίες
- ESG & greenwashing
- Η Ε.Ε. έχει εγκρίνει και προωθεί ESG standards επισημαίνοντας πάντα τη σημασία της συνολικής αποτίμησης της δραστηριότητας



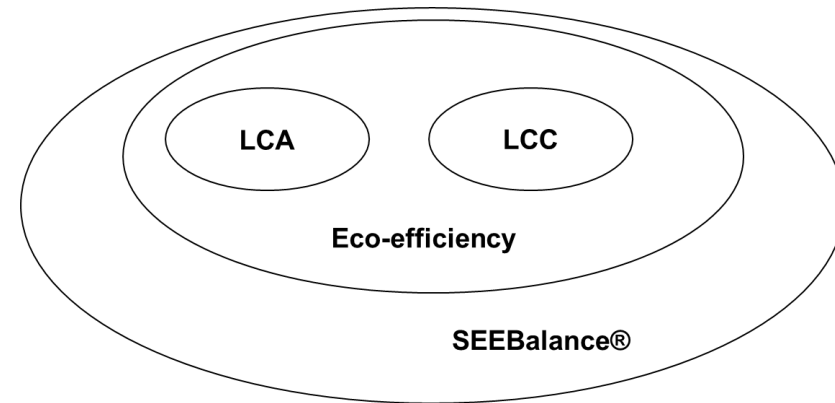
Δείκτες IChemE

2002 IChemE, Institute of Chemical Engineering

- Έμφαση στην μονάδα παραγωγής, όχι σε όλη την αλυσίδα
 - οικονομική, περιβαλλοντική, κοινωνική διάσταση
- Οικονομικοί δείκτες
 - κερδοφορία: κέρδη, έσοδα, φόροι, πωλήσεις
 - επενδύσεις: CAPEX/OPEX, μισθοί, εισφορές εργαζομένων
- Περιβαλλοντικοί δείκτες
 - φυσικοί πόροι: ηλεκτρική ενέργεια, καύσιμα, νερό, πρώτες ύλες, % ανακυκλούμενης ύλης, πακετάρισμα
 - εκπομπές: αέρια θερμοκηπίου, εξάντληση όζοντος, φωτοχημικό νέφος, στερεά και υγρά απόβλητα
- Κοινωνικοί δείκτες
 - Εργασιακά : αριθμός εργαζομένων που απολύθηκε ή παραιτήθηκε, υγεία και ασφάλεια, αριθμός ατυχημάτων
 - Κοινωνικού χαρακτήρα: εμπλοκή κοινωνικών παραγόντων σε εταιρικές συναντήσεις, παιδική εργασία, αριθμός κήσεων κλπ.
- Ουσιαστικά αγνοεί την Ανάλυση Κύκλου Ζωής και επικεντρώνεται αποκλειστικά στον βιομηχανικό χώρο

2010 BASF, Χημική Βιομηχανία για λογαριασμό όλων των παραγωγικών μονάδων, όχι μόνο του χώρου της

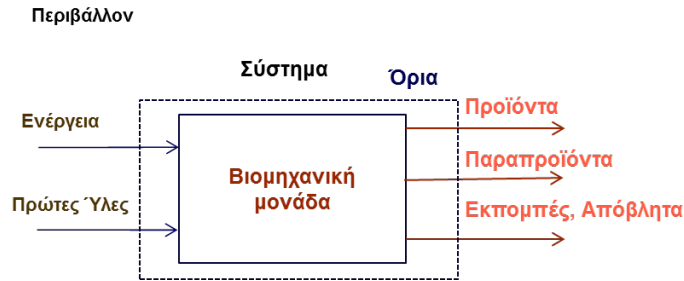
- Περιλαμβάνει:
 - Ανάλυση Κύκλου Ζωής
 - Κόστος Κύκλου ζωής (life cycle costing)
 - Κοινωνικοί δείκτες
- 7 κατηγορίες κοινωνικών δεικτών
 - Συνθήκες εργασίας (ατυχήματα, μισθοί, αποζημιώσεις, επαγγελματική εκπαίδευση, απεργίες)
 - Διεθνείς διασυνδέσεις (παιδική εργασία, επενδύσεις στο εξωτερικό, εισαγωγές από τρίτες χώρες)
 - Μελλοντικές γενιές (αριθμός εκπαιδευομένων, κοινωνική, ασφάλεια, επενδύσεις σε R&D)
 - Καταναλωτής (τοξικότητα, λειτουργικότητα προϊόντων)
 - Τοπική, διεθνής κοινότητα (αριθμός απασχολούμενων, αναλογία φύλων, ποσοστό μερικής απασχόλησης, οικογενειακά επιδόματα, συμμετοχή αναπήρων στην απασχόληση)



Μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Συστημική Προσέγγιση

Συμβατικό σύστημα βιομηχανικής μονάδας

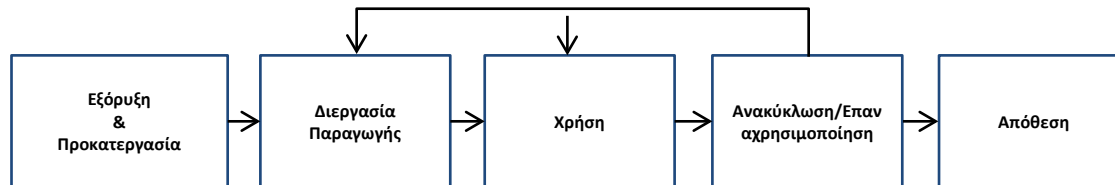


Έμφαση

- Σωστή αξιοποίηση παραπροϊόντων
- Μείωση, επεξεργασία, αξιοποίηση αποβλήτων
- Εξοικονόμηση ενέργειας, προοπτικές συμπαραγωγής



Σύστημα στα πλαίσια Ανάλυσης Κύκλου Ζωής



Έμφαση

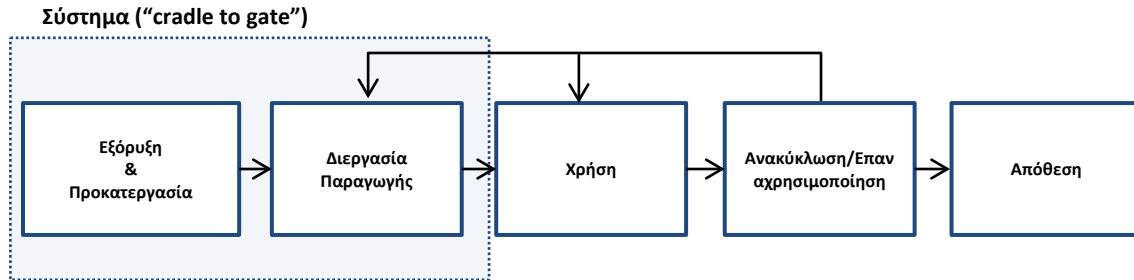
- Διεύρυνση του αρχικού συστήματος σε επίπεδο πολύ-συστημικής προσέγγισης
- Πρόσθετα συστήματα
 - Αρχή αλυσίδας (cradle)
 - Τέλος αλυσίδας (grave)

Πλαίσιο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Cradle-to-gate

Αφορά κυρίως

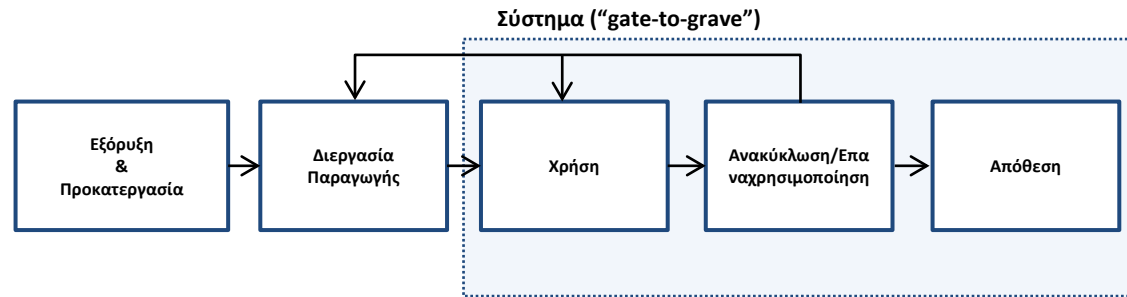
- Καινούργιες πρώτες ύλες και τεχνολογίες
- Γνωστά παραγόμενα προϊόντα για τα οποία το υπόλοιπο της αλυσίδας είναι γνωστό



Gate-to-grave

Αφορά κυρίως

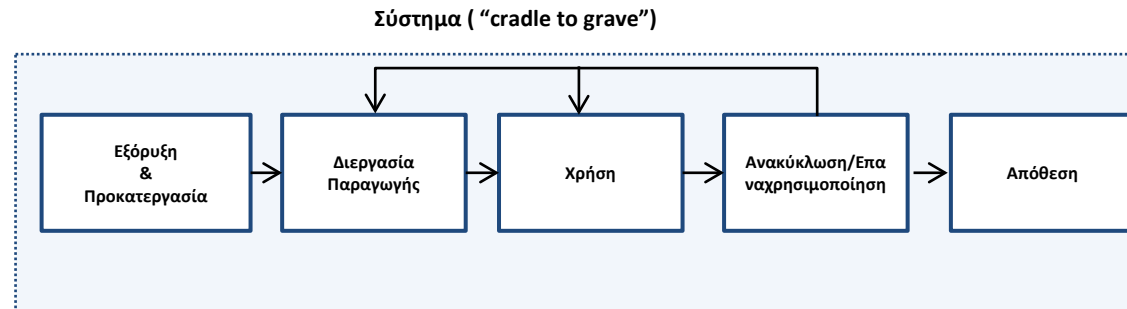
- Εναλλακτικά προϊόντα από τις ίδιες πρώτες ύλες
- Εναλλακτικές τεχνολογίες αξιοποίησης πρώτων υλών



Cradle-to-grave

Αφορά κυρίως

- Ολιστική συστημική προσέγγιση καινούργιων τεχνολογιών
- Εκτίμηση καινοτόμων προϊόντων



Μεθοδολογία ΑΚΖ

- Πρώτη χρήση από το 1970 (πυρηνική ενέργεια)
- Ουσιαστική παρουσία από τα μέσα το 1990
- Μέσα από διάφορες οδηγίες
 - Integrated Pollution Prevented & Control (IPPC)
 - End-of-life vehicles, 2000
 - Waste Electrical and Electronic Equipment, 2003
- Σε μορφή πρότυπου ISO, 2006
 - ISO/DIS 14040, Environmental Management-Life Cycle Assessment – Principles and Framework, ISO, Geneva
 - ISO/DIS 14044, Environmental Management-Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines, ISO, Geneva
 - ISO14025, Environmental Labels and Declarations-Type III Environmental Declarations— Principles and Procedures, ISO, Geneva

Τα βασικά βήματα ISO

1. Καθορισμός προβλήματος και σκοπού
2. Υπολογισμός ισοζυγίων
3. Εκτίμηση επιπτώσεων
4. Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Η ΑΚΖ σύμφωνα με τα πρότυπα ISO

1. Στόχος και ορισμός προβλήματος (Goal and Scope Definition)

□ Στόχος

- Λόγοι εκπόνησης της μελέτης
- Κοινό στο οποίο θα απευθύνεται

□ Ορισμός

- Περιγραφή του συστήματος και πρώιμος καθορισμός ορίων
- Λειτουργία συστήματος και λειτουργική μονάδα
- Καταγραφή απαιτούμενων δεδομένων και ποιότητας δεδομένων
- Διαδικασίες κατανομής επιπτώσεων σε επιμέρους προϊόντα
- Παραδοχές και περιορισμοί
- Κριτική επισκόπηση

Η ΑΚΖ σύμφωνα με τα πρότυπα ISO

2. Συστημικές ροές και ισοζύγια

- ❑ Αναλυτικά διαγράμματα ροής
- ❑ Συλλογή δεδομένων
- ❑ Υπολογισμός της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από τις διεργασίες
- ❑ Επικύρωση μετρήσεων
- ❑ Κατανομή του συνόλου της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης της διεργασίας σε επιμέρους προϊόντα-πολλαπλά ρεύματα εξόδου (Allocation)
 - Αποφυγή κατανομής με διαίρεση του συνολικού συστήματος σε επιμέρους υποσυστήματα (subdivision) ή με επέκταση συστήματος (system expansion)
 - Κατανομή βασισμένη σε φυσικές σχέσεις (πχ με βάση τη μάζα των προϊόντων)
 - Κατανομή βασισμένη σε άλλες σχέσεις (πχ οικονομική αξία προϊόντων)

Η ΑΚΖ σύμφωνα με τα πρότυπα ISO

3. Εκτίμηση Επιπτώσεων

□ Υποχρεωτικά βήματα

- Επιλογή κατηγοριών επιπτώσεων, δεικτών και υποδειγμάτων
- Συσχέτιση των ισοζυγίων ανάλογα με την κατηγορία επιπτώσεων στην οποία συμμετέχουν (Κατηγοριοποίηση)
- Συσχετισμός περιβαλλοντικών δεικτών ανά κατηγορία περιβαλλοντικής επίπτωσης (Χαρακτηρισμός)

□ Προαιρετικά βήματα

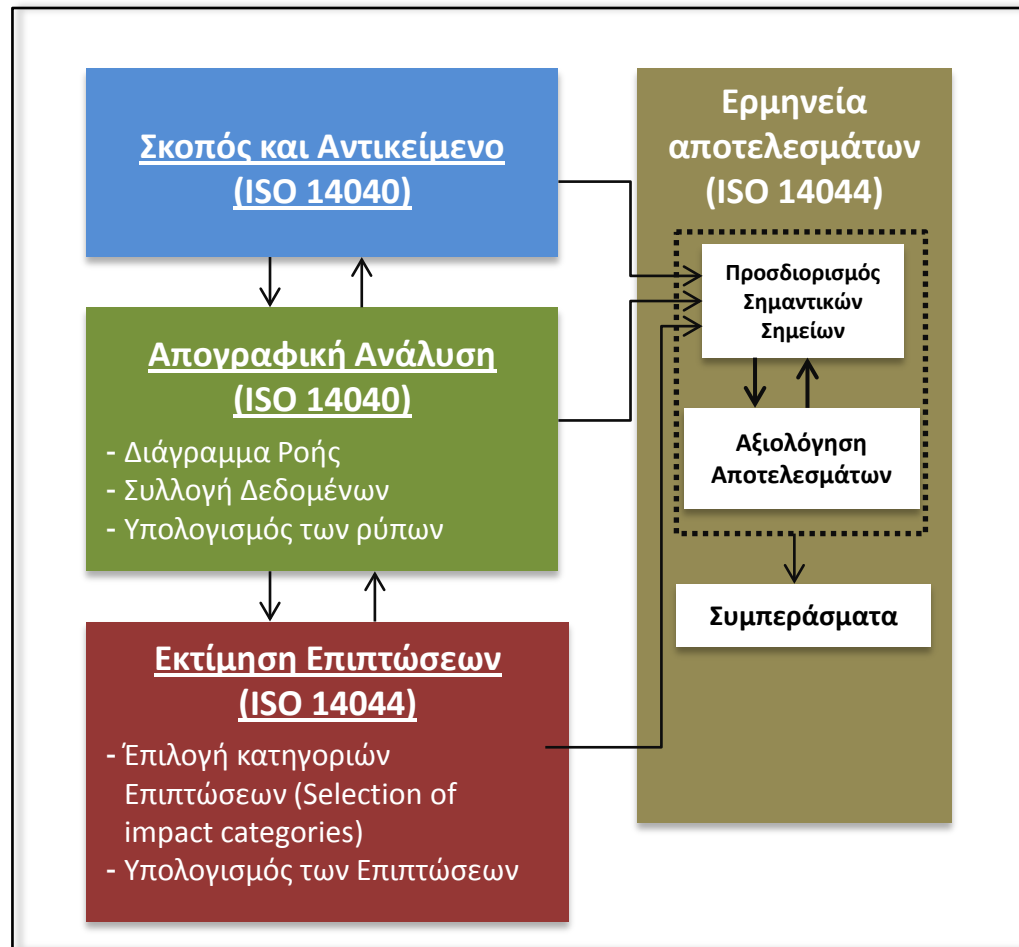
- Υπολογισμός της βαρύτητας κάθε κατηγορίας δεικτών ως προς κάποιες τιμές αναφοράς (Κανονικοποίηση)
- Ομαδοποίηση και κατάταξη δεικτών ως προς τις τιμές τους
- Στάθμιση δεικτών ώστε να είναι εμφανής η σχετική σημασία τους (weighting)
- Ανάλυση ποιότητας αποτελεσμάτων

Η ΑΚΖ σύμφωνα με τα πρότυπα ISO

4. Ερμηνεία αποτελεσμάτων

- Αναγνώριση σημαντικών σημείων της μελέτης
- Αξιολόγηση ως προς την πληρότητα και τη συνεκτικότητα
- Συμπεράσματα
- Προτάσεις
- Υποβολή πλήρους έκθεσης της μελέτης

Μεθοδολογικό πλαίσιο ΑΚΖ όπως ορίζεται από τα πρότυπα ISO



Φάσεις υλοποίησης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

1. Στόχος και ορισμός προβλήματος

□ Σκοπός της μελέτης (*goal and scope definition*),

π.χ.

- επιπτώσεις ανάκτησης αντιοξειδωτικών από απόβλητα ελαιουργείου
- Επιπτώσεις αντικατάστασης H_2SO_4 με οργανικά οξέα στην επεξεργασία βιομάζας
- Επιπτώσεις από την αντικατάσταση συμβατικών καυσίμων με ΑΠΕ (πχ. ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο με φωτοβολταϊκά)

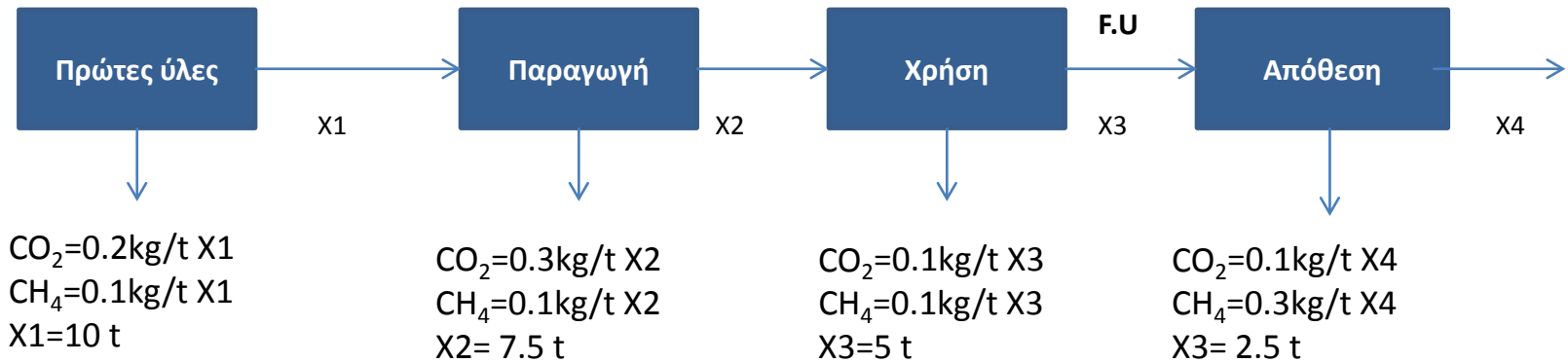
□ Ορισμός πλαισίου μελέτης > οριοθέτηση συστήματος (*system boundaries*)

- πχ cradle-to-grave
- Gate-to-gate κτλ

1. Στόχος και ορισμός προβλήματος

- Επιλογή **λειτουργικής μονάδας** (*functional unit*)
 - Ποσότητα κάποιας ροής στη βάση της οποίας θα παρουσιαστούν οι υπολογισμοί
 - Απαραίτητο μέγεθος αναφοράς στην περίπτωση συγκριτικών αναλύσεων
 - Παράδειγμα: σύγκριση εναλλακτικών τύπων συσκευασίας ενός προϊόντος
 - Θα πρέπει να βασίζεται σε ένα λειτουργικά ισοδύναμο μέγεθος πχ στην ποσότητα του συσκευασμένου προϊόντος → Λ.Μ = 1kg συσκευασμένου προϊόντος
- Μελέτη είδους και προέλευσης δεδομένων

Παράδειγμα – Περίπτωση απλών ρευμάτων



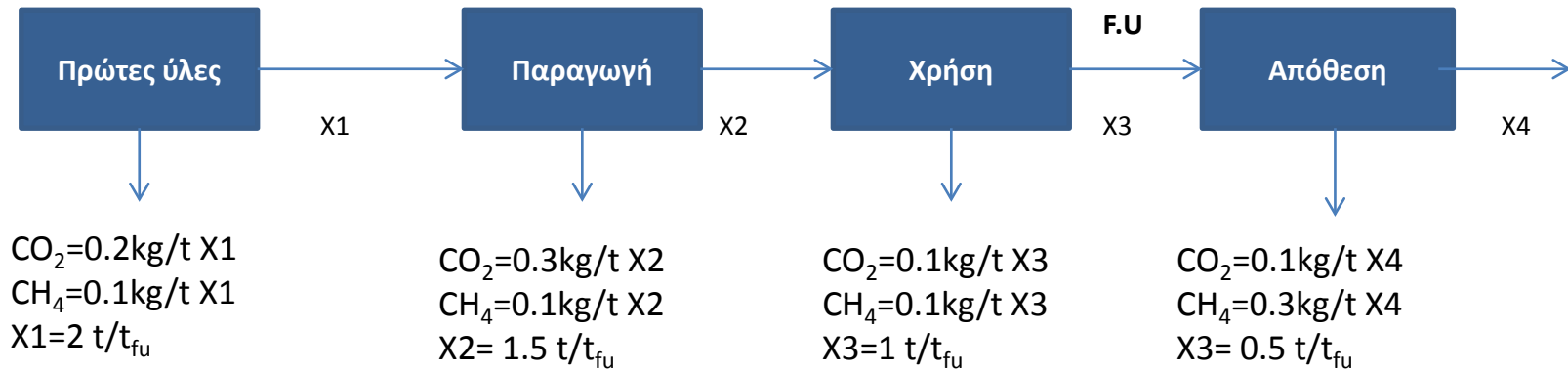
Σκοπός

Υπολογισμός συνολικών εκπομπών όλων των σταδίων ζωής (Cradle-to-grave) ως προς τη λειτουργική μονάδα

Η ποσότητα προϊόντος από το στάδιο της χρήσης, X_3 , ορίζεται ως η λειτουργική μονάδα ίση με 1t

Ρυπαντές ανά στάδιο: CO_2 , CH_4

Αναγωγή στην λειτουργική μονάδα

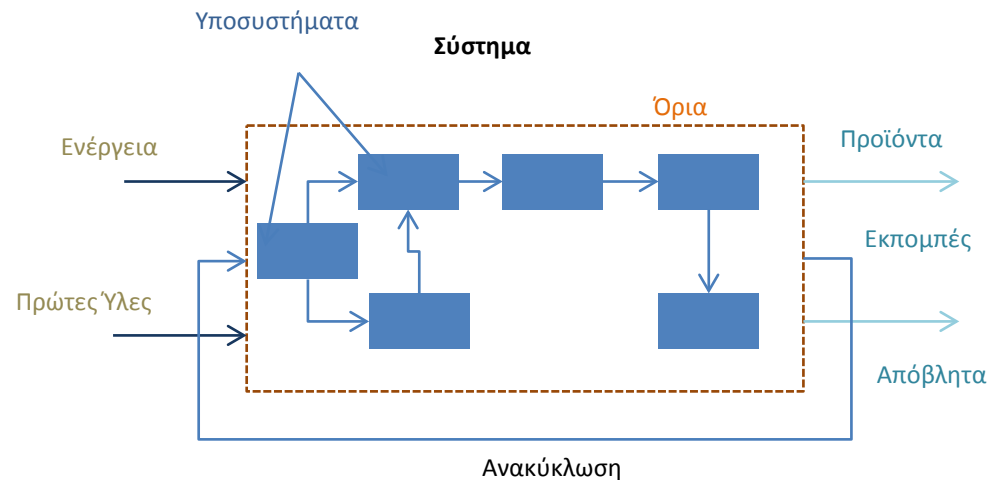


- Χρησιμοποιώντας την εξ. (1) οι συνολικοί περιβαλλοντικοί ρύποι ανά λειτουργική μονάδα για τις εκπομπές CO₂ και CH₄ είναι:
- $B_{CO_2} = \sum bc_{CO_2} \cdot X_i = 0.2 \cdot 2 + 0.3 \cdot 1.5 + 0.1 \cdot 1 + 0.1 \cdot 0.5 \Rightarrow B_{CO_2} = 1.0 \text{ kg/t}_{fu}$
- $B_{CH_4} = \sum bc_{CH_4} \cdot X_i = 0.1 \cdot 2 + 0.1 \cdot 1.5 + 0.1 \cdot 1 + 0.3 \cdot 0.5 \Rightarrow B_{CH_4} = 0.6 \text{ kg/t}_{fu}$

Πολλαπλά Ρεύματα

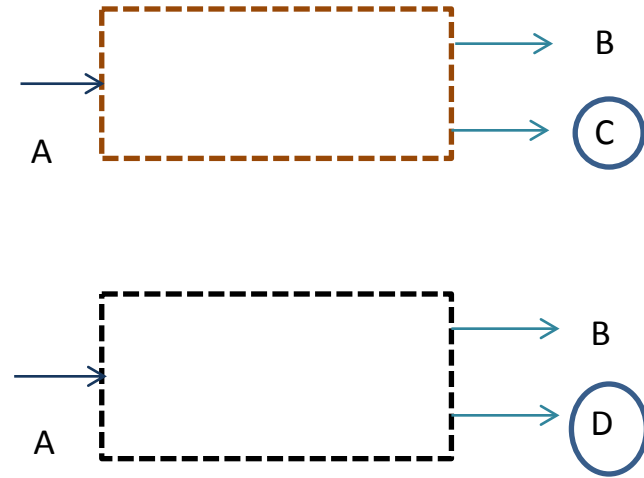
□ Το σύστημα και τα υποσυστήματα έχουν πρόσθετες εκροές η καθεμιά από τις οποίες θα πρέπει να συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς

- Παραπροϊόντα
- Απόβλητα
- Ρεύματα ανακύκλωσης

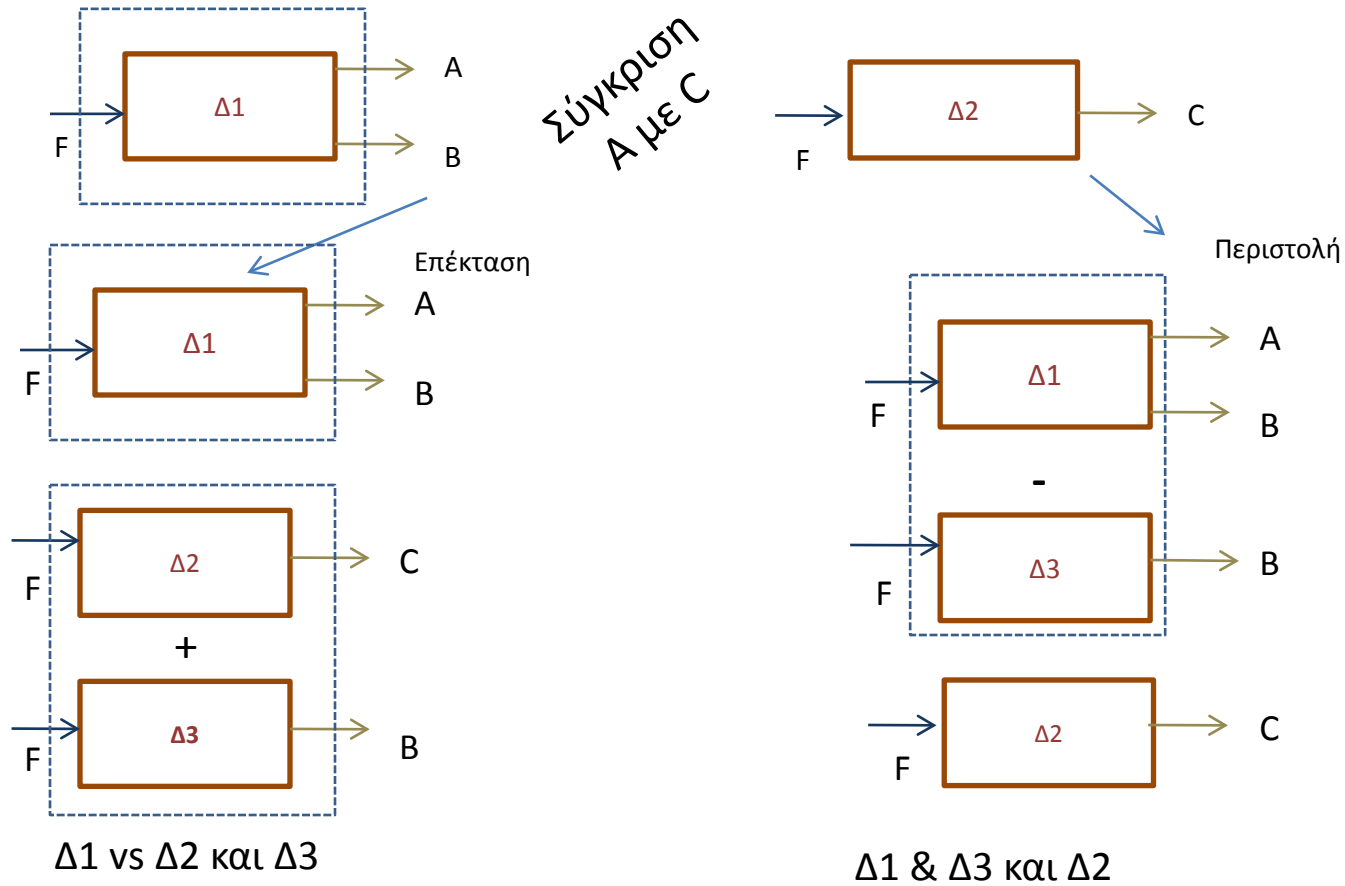


Πολλαπλά Ρεύματα

- Απλή επέκταση υπολογισμών για απλά ρεύματα μπορεί να αποβεί παραπλανητική
- Η σύγκριση των δύο συστημάτων ως προς το προϊόν B, θα έπρεπε ουσιαστικά να εμπεριέχει περαιτέρω συγκρίσεις ανάμεσα στις αλυσίδες παραγωγής των C και D
 - καθώς η υποκατάσταση συμβατικής παραγωγής C&D από άλλες διεργασίες θα προσδίδει διαφορετικές επιπτώσεις στο B
- → **Πρόβλημα κατανομής επιπτώσεων** σε συστήματα πολλαπλών προϊόντων (*allocation problem*)



Πρόβλημα κατανομής επιπτώσεων και ιεράρχηση επιλογών (ISO 14044)

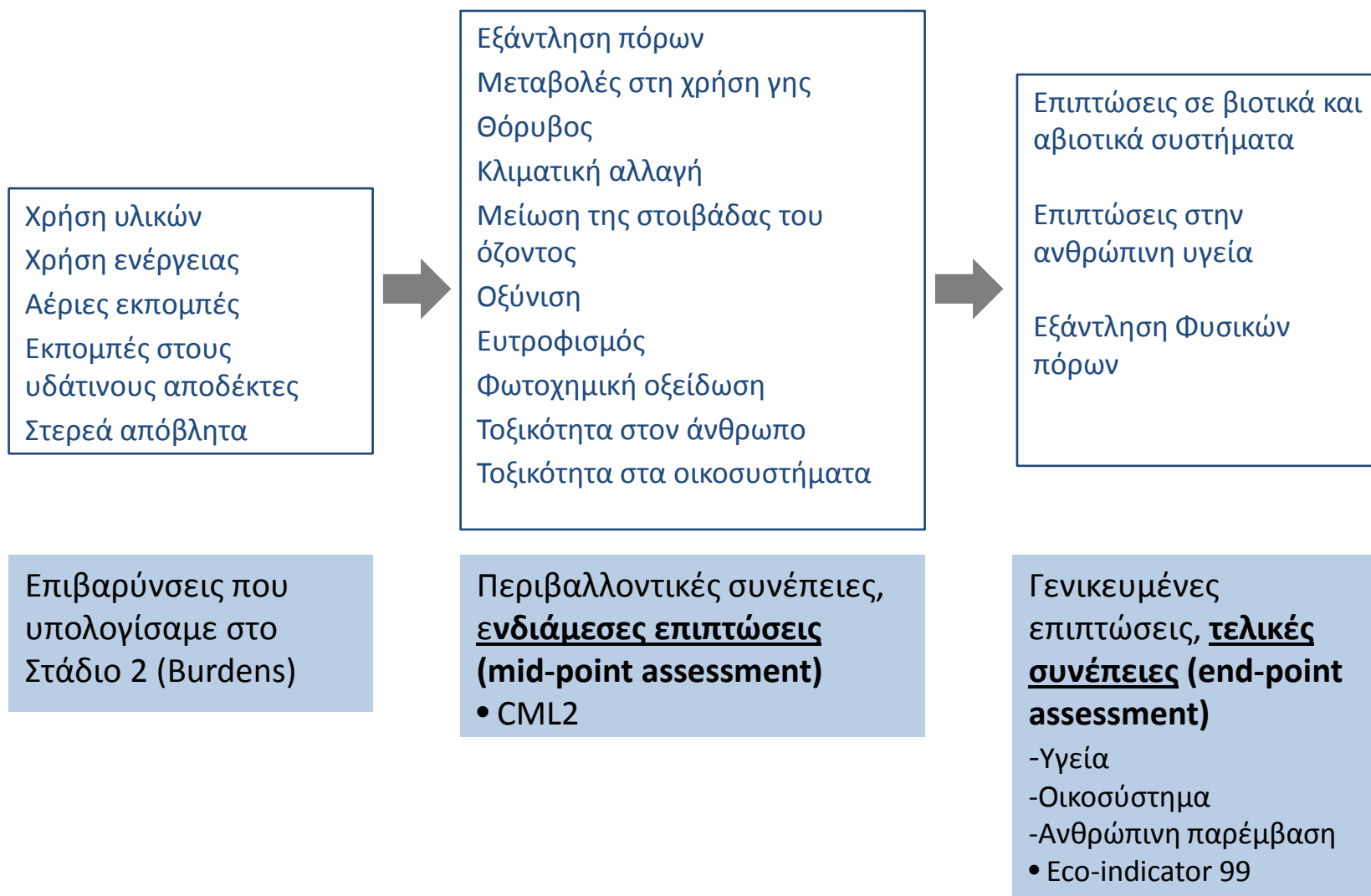


- ❑ Η επιλογή του Δ3 μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα
- ❑ Η επιλογή επέκτασης ή περιστολής ανάλογα με το αν η Δ3 συνάδει με τις Δ1 και Δ2 με τους στόχους της μελέτης

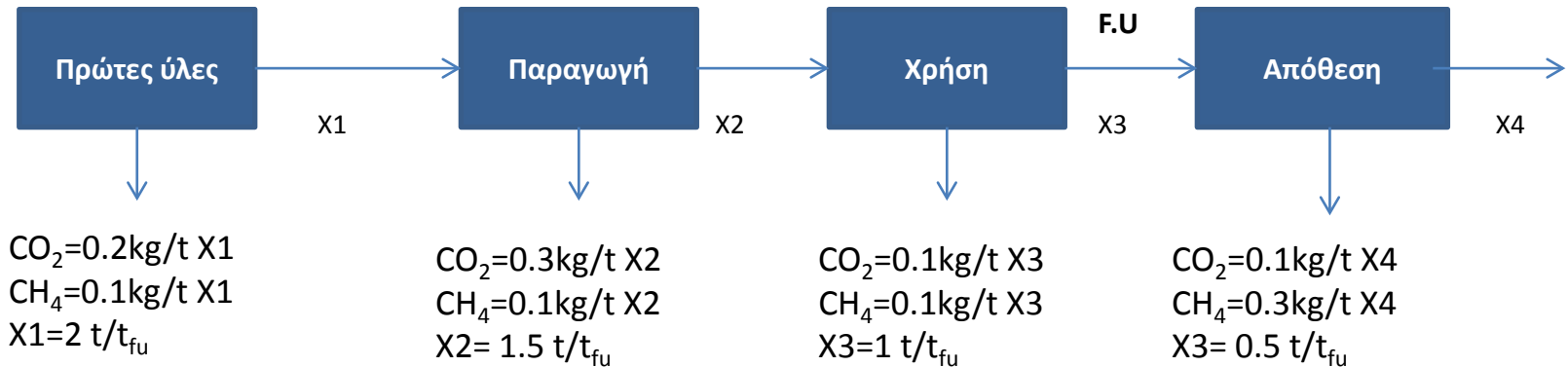
Ιεράρχηση επιλογών (ISO 14044)

- ❑ Η κατανομή πρέπει να αποφεύγεται όσο είναι δυνατό
- ❑ Περιορισμός αποκλίσεων στην επιλογή της κατανομής
 - Προσθετικές και αφαιρετικές μονάδες (πχ Δ3) μικρής και περιορισμένης κλίμακας
 - Μεγαλύτερη ανάλυση υποσυστημάτων
- ❑ Η κατανομή περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων να ακολουθεί τις σχετικές ροές του φυσικού συστήματος ή της διεργασίας (marginal allocation approach)

3. Εκτίμηση επιπτώσεων - Κατηγορίες Επιπτώσεων



Υπολογισμοί



- Χρησιμοποιώντας την εξ. (1) οι συνολικές περιβαλλοντικοί ρύποι ανά λειτουργική μονάδα για τις εκπομπές CO_2 και CH_4 είναι:
- $B_{\text{CO}_2} = \sum b_{\text{CO}_2} \cdot X_i =$
 $0.2 \cdot 2 + 0.3 \cdot 1.5 + 0.1 \cdot 1 + 0.1 \cdot 0.5 \Rightarrow B_{\text{CO}_2} = 1.0 \text{ kg/t}_{\text{fu}}$
- $B_{\text{CH}_4} = \sum b_{\text{CH}_4} \cdot X_i =$
 $0.1 \cdot 2 + 0.1 \cdot 1.5 + 0.1 \cdot 1 + 0.3 \cdot 0.5 \Rightarrow B_{\text{CH}_4} = 0.6 \text{ kg/t}_{\text{fu}}$
- **Ο υπολογισμός της συνεισφοράς των Αερίων του Θερμοκηπίου υπολογίζεται με την εξίσωση (2) και τους συντελεστές χαρακτηρισμού των CO_2 και CH_4**
 $E_{\text{GWP}} = e_{\text{CO}_2} \cdot B_{\text{CO}_2} + e_{\text{CH}_4} \cdot B_{\text{CH}_4} = 1 \cdot 1 + 25 \cdot 0.6 = 16 \text{ kg CO}_2\text{-Eq}$

Τελικές επιπτώσεις (end-point impacts and assessment)

- ❑ Προκύπτουν από την άθροιση των ενδιάμεσων επιπτώσεων (Midpoint Impact Categories) σε τελικές κατηγορίες

- ❑ Επιπτώσεις σε:
 - Ανθρώπινη υγεία (disability adjusted life years, DALY's)
 - Μεταβολές στοιχείων οικοσυστήματος (potentially disappeared fraction, PDF)
 - Μεταβολές σε ορυκτά κοιτάσματα και πόρους

Τελικές επιπτώσεις

(end-point impacts and assessment)

- ❑ Υπολογισμός επιπτώσεων μετά από συνδυασμό ενδιάμεσων επιπτώσεων, χρήση γης, φυσικών πόρων κτλ
- ❑ Οι υπολογισμοί βασίζονται σε εμπειρικές σχέσεις, μελέτες έκθεσης ανθρώπων σε μη-κανονικές συνθήκες (εμπειρικά μοντέλα) που είναι συνήθως γραμμικά
- ❑ Λεπτομέρειες και υποθέσεις περιλαμβάνονται στα λογισμικά χρήσης
- ❑ Εμπειρικοί συντελεστές βαρύτητας περιβαλλοντικών επιπτώσεων (E_i)
- ❑ Αναγωγή κατά άτομο/πολίτη
- ❑ Εναλλακτικά μοντέλα συμπεριφοράς

Στερεότυπα συμπεριφοράς και συντελεστές

❑ Συμβατική συμπεριφορά (Hierarchist)

- Συμβιβαστικοί, λειτουργούν στα πλαίσια των κανόνων της κοινωνίας
- Ανθρώπινη υγεία: 40% στον τελικό συντελεστή

❑ Φιλελεύθερη συμπεριφορά (Individualist)

- Έμφαση στο άτομο, όχι στην κοινωνία
- Η ανθρώπινη υγεία είναι η σημαντικότερη κατηγορία: 55% στον τελικό συντελεστή

❑ Οικολογική συμπεριφορά (Egalitarian)

- Έμφαση στο οικοσύστημα και στο μέλλον του πλανήτη
- Ισορροπία του οικοσυστήματος: 50% συντελεστής
- Υγεία 30%
- Εξάντληση πόρων 20%

Μέθοδος Eco-indicator 99 (I)

- Υπολογισμός ενδιάμεσων και τελικών επιπτώσεων
- 1. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ως συνδυασμός των ακόλουθων δεικτών
 - 1. Καρκινογένεσεις
 - 2. Αναπνευστικές επιπτώσεις
 - 3. Ιονίζουσα ακτινοβολία
 - 4. Καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος
 - 5. Κλιματική αλλαγή
- Εκφράζονται σε μονάδες DALY's

Μέθοδος Eco-indicator 99 (II)

2. Καταστροφή της ποιότητας των οικοσυστημάτων
 - Συνδυασμός των ακόλουθων δεικτών
 - Οικοτοξικότητα
 - Οξύνιση
 - Ευτροφισμός
 - Χρήση γής και μεταβολές

3. Καταστροφές των φυσικών πόρων
 - Εξάντληση μετάλλων και ορυκτών καυσίμων

Λογισμικά Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (I)

☐ CCalc: LCA - Carbon Footprinting tool:

- Ακολουθεί τα γενικευμένα βήματα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής
- Εκτίμηση περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής του προϊόντος
- Διαθέσιμο στο σύνδεσμο <http://www.ccalc.org.uk/>



☐ Umberto LCA software:

- Αναπαράσταση διεργασιών με μορφή δικτύων, κατάστρωση ισοζυγίων μάζας και ενέργειας
- Υπολογισμός δεικτών LCA
- Διαθέσιμο (δοκιμαστική έκδοση) στο σύνδεσμο <http://www.umberto.de/en/>

umberto®
know the flow.

Λογισμικά Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (II)

☐ SimaPro :

- Εργαλείο εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Υπολογίζει δείκτες αειφορίας για προϊόντα ή διεργασίες
- Διαθέσιμο (δοκιμαστική έκδοση) στο σύνδεσμο <http://www.prsustainability.com/simapro-demo>



☐ Εκτενής λίστα λογισμικών διαθέσιμη στο σύνδεσμο:

☐ <http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/resources.html#Software>

Εισαγωγή στο λογισμικό CCaLC

CCaLC

Carbon Calculations over the Life Cycle of Industrial Activities

<http://www.ccalc.org.uk>

About CCaLC:

CCaLC was developed by a research group based at the University of Manchester and led by Professor Adisa Azapagic.
The project was funded by Carbon Trust, EPSRC and NERC (grant No. EP/F003501/1).
The following researchers were involved in the project:
David Amienyo (case studies);
Haruna Gujba (case studies and databases);
Harish Jeswani (case studies and databases);
Namy Espinoza-Orias (case studies and databases);
Anthony Morgan (software development);
Yu Rong (software development); and
Heinz Stichnothe (methodology and case studies).

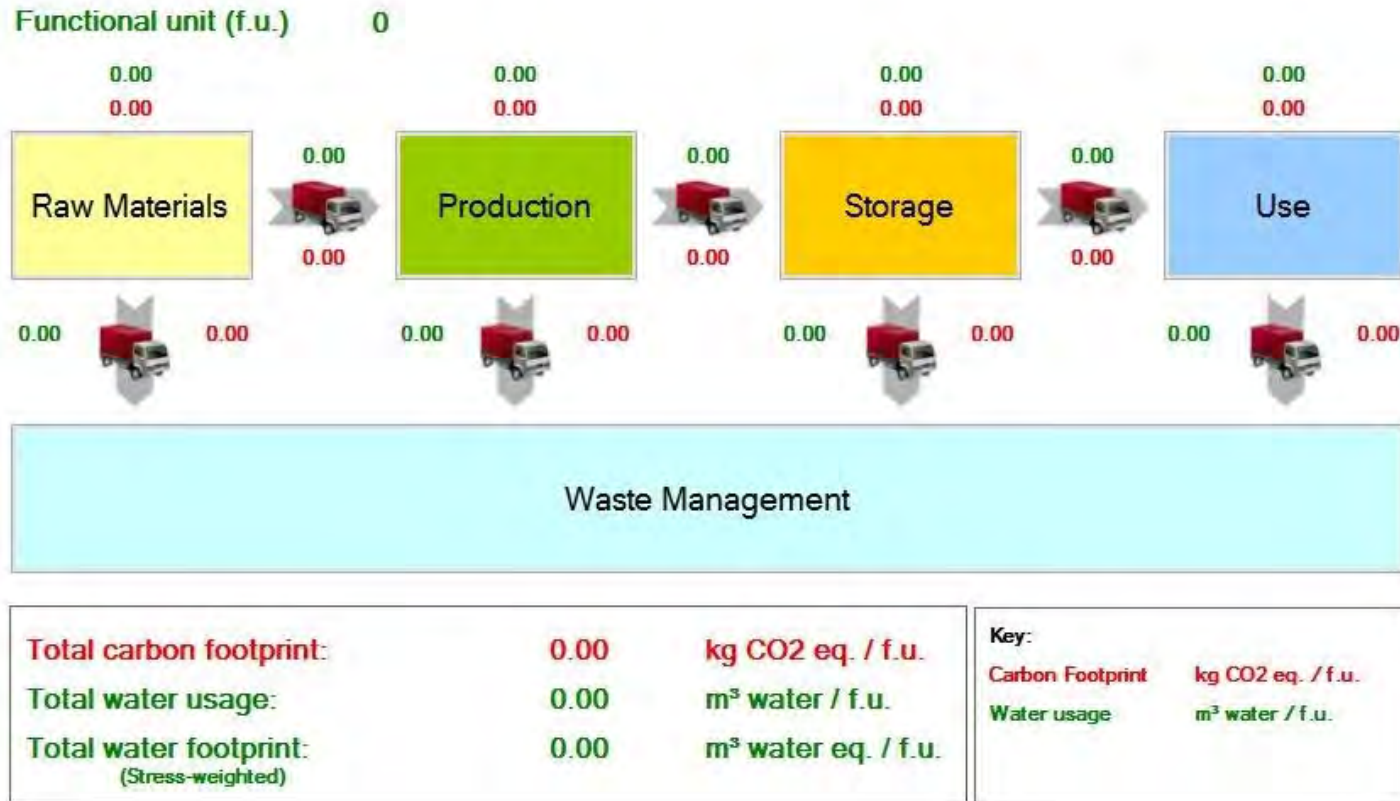


Χαρακτηριστικά και λειτουργίες

- ❑ Ακολουθεί τα γενικευμένα βήματα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής
 - Footprint analysis
- ❑ Αναγνώριση “hot spots”
- ❑ Εκτίμηση περιβαλλοντικών δεικτών (κλιματική αλλαγή κλπ.)
 - Global Warming Potential
 - Toxicity
 - Eutrophication
 -
- ❑ Υποστηρίζει ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων με τη μεταβολή παραμέτρων του συστήματος (ροές, είδος χημικών κλπ.)

Εμφάνιση περιβάλλοντος CCaLC

Γραφική αναπαράσταση συστήματος και αποτελεσμάτων



Βάσεις δεδομένων και βιβλιοθήκες διεργασιών στο CcaLC

Βάσεις δεδομένων AKZ

- Ccalc
- Ecoinvent
- Διεργασίες γεωργικής παραγωγής
- Πρώτες ύλες
- Χημικά
- Ενέργεια
- Εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων

Βιβλιοθήκες

- Χημικά
- Διεργασίες βιομηχανίας τροφίμων
- Βιομάζα
- Βιοκαύσιμα

Define raw materials: [X]

Define materials | Modify database | Search database

CCaLC database Ecoinvent database User-defined

Database section: Chemicals & related

Ammonia

Stage for material use:

Amount (kg/f.u.):

Data quality for amount:

Cost (£/kg):

Agricultural inputs

define inputs in terms of mass per agricultural area

define inputs in terms of mass per functional unit

Comments on amount used: [Update]

Details | Energy use | Impacts | Water use

kg CO2 eq./kg: 2.393e+000

Year: 2005

Location: Europe

Source: PlasticsEurope

Quality of dataset: High

Comments:

Data are from the Eco-profiles of the European plastics industry (PlasticsEurope);
<http://ca.plasticseurope.org/index.htm>

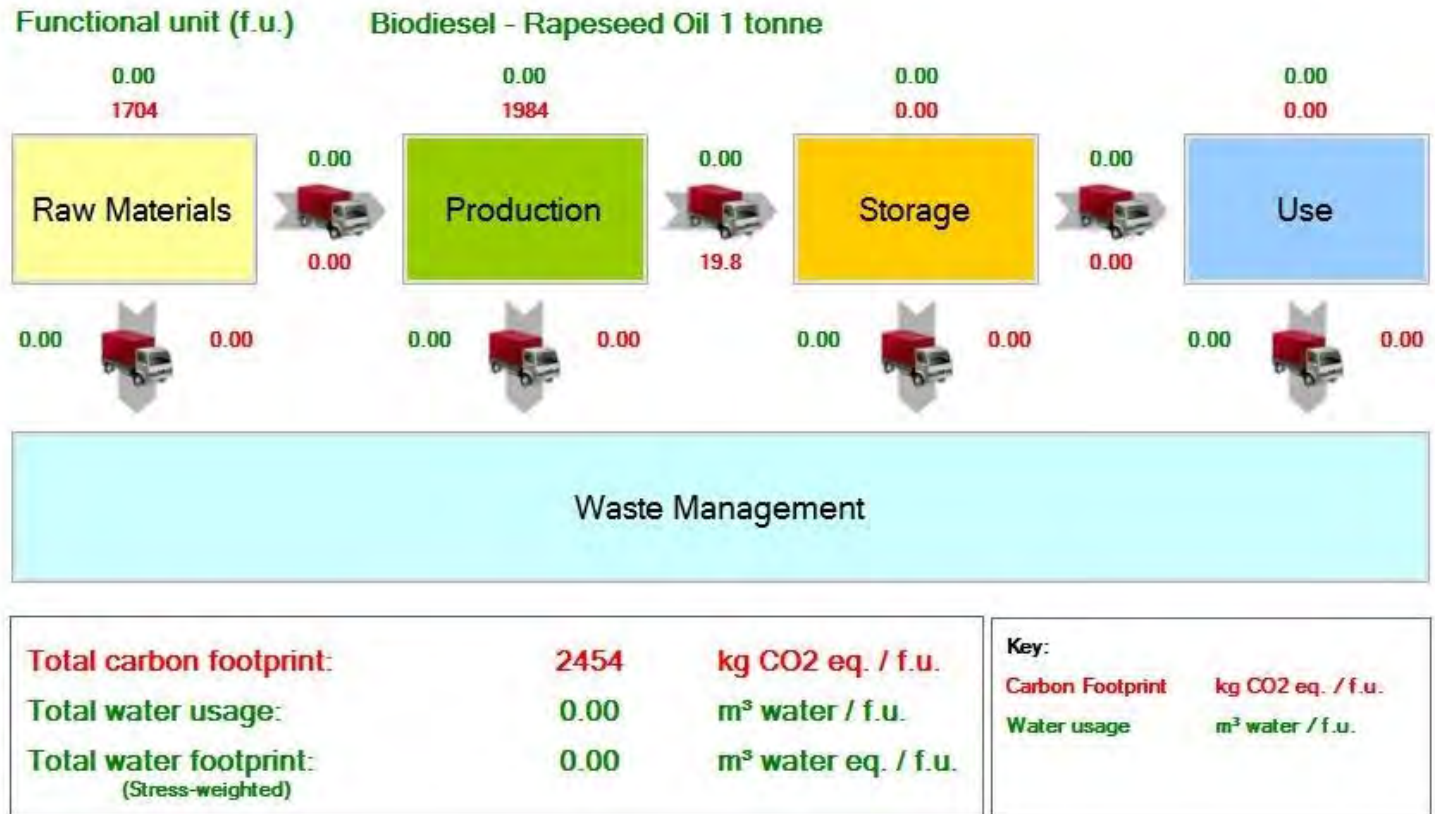
[Exit]

Ερωτήματα

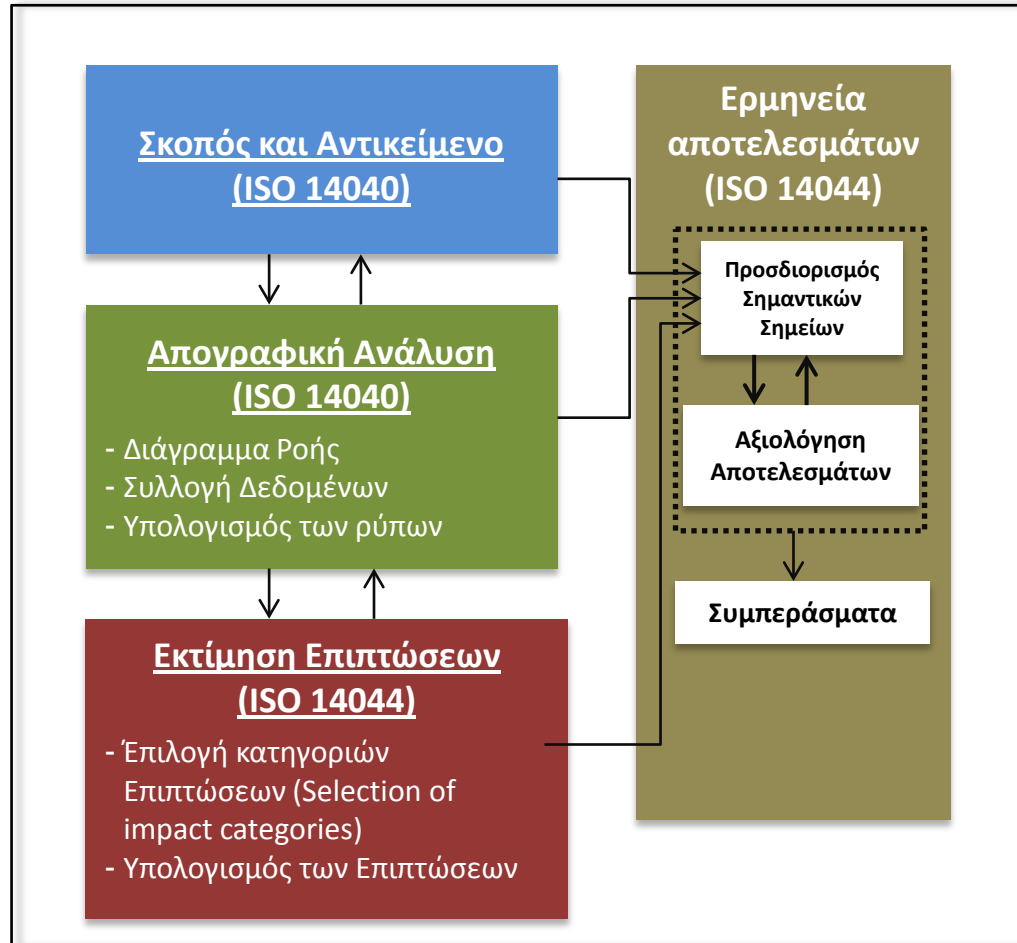
- Ποιο είναι το «**αποτύπωμα άνθρακα**» κατά μήκος μιας αλυσίδας αξιοποίησης (πχ βιομάζας), μιας διεργασίας, ενός προϊόντος;
- Ποια είναι τα πιο **ρυπογόνα στάδια** μιας διεργασίας; (hot spots)
- Με ποιες **παρεμβάσεις** επιτυγχάνεται **βελτίωση του αποτυπώματος άνθρακα**;
- **Υπολογισμός κόστους** κατά μήκος της αλυσίδας
- Άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις;

Παράδειγμα Εφαρμογής στο CCaLC

Βιοκαύσιμα από κραμβέλαιο (rapeseed oil)



ΑΚΖ σύμφωνα με το ISO



Επιλογή λειτουργικής μονάδας

Enter System Details

Functional unit (f.u.) Biodiesel - Rapeseed Oil 1 tonne

0.00 -1794 0.00 -1984 0.00 0.00

Raw Materials → **Production** → **Storage**

0.00 0.00 0.00 19.8 0.00 0.00

Waste Management

Total carbon footprint:	2454	kg CO2 eq. / f.u.
Total water usage:	0.00	m³ water / f.u.
Total water footprint: (Stress-weighted)	0.00	m³ water eq. / f.u.

Key:
Carbon Footprint
Water usage

CCaLC2 - System Details

Name: Biodiesel - Rapeseed Oil

Functional Unit: Value: 1 Units: tonne

Settings: Units

Mass Units: kg Change the units displayed and convert (default)

Energy Units: MJ Change only the units displayed

Distance Units: km

Volume Units: m3

Monetary Units: Pound

Exchange Rate (per £): 1.00

Data Collected (yr): 2009

Data Source: BEAT (2010)

Last Updated (date): 27/06/2011

Author: HJ

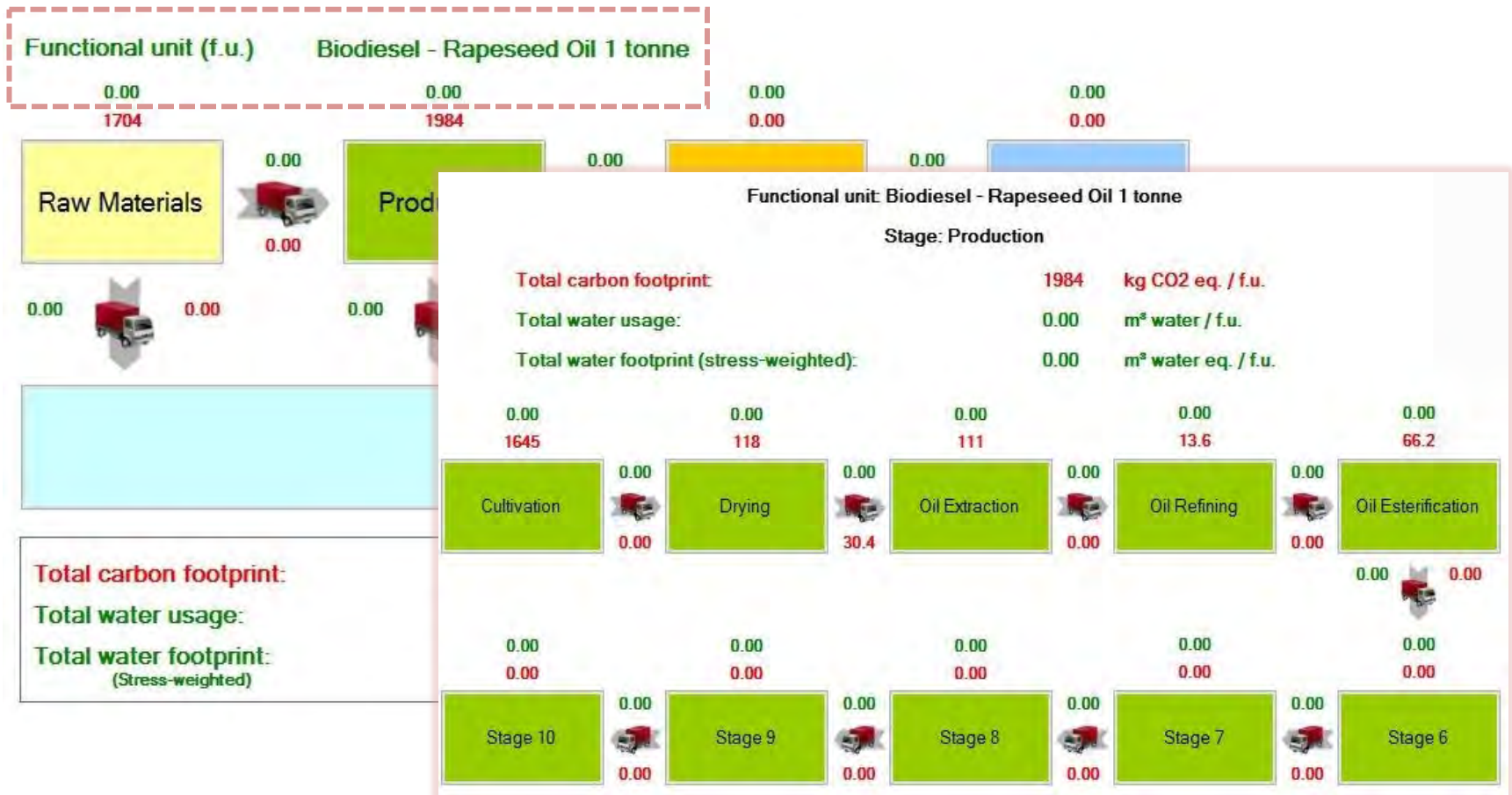
Comments: Bioenergy Technologies Environmental Impact Assessment Tool V2.1, prepared by North Energy Associates Ltd. for DEFRA Project NFD434. www.biomassenergycentre.org System boundary: Cradle to gate. The transport of raw materials and waste is not included. Allocation method: mass or economic

OK Cancel

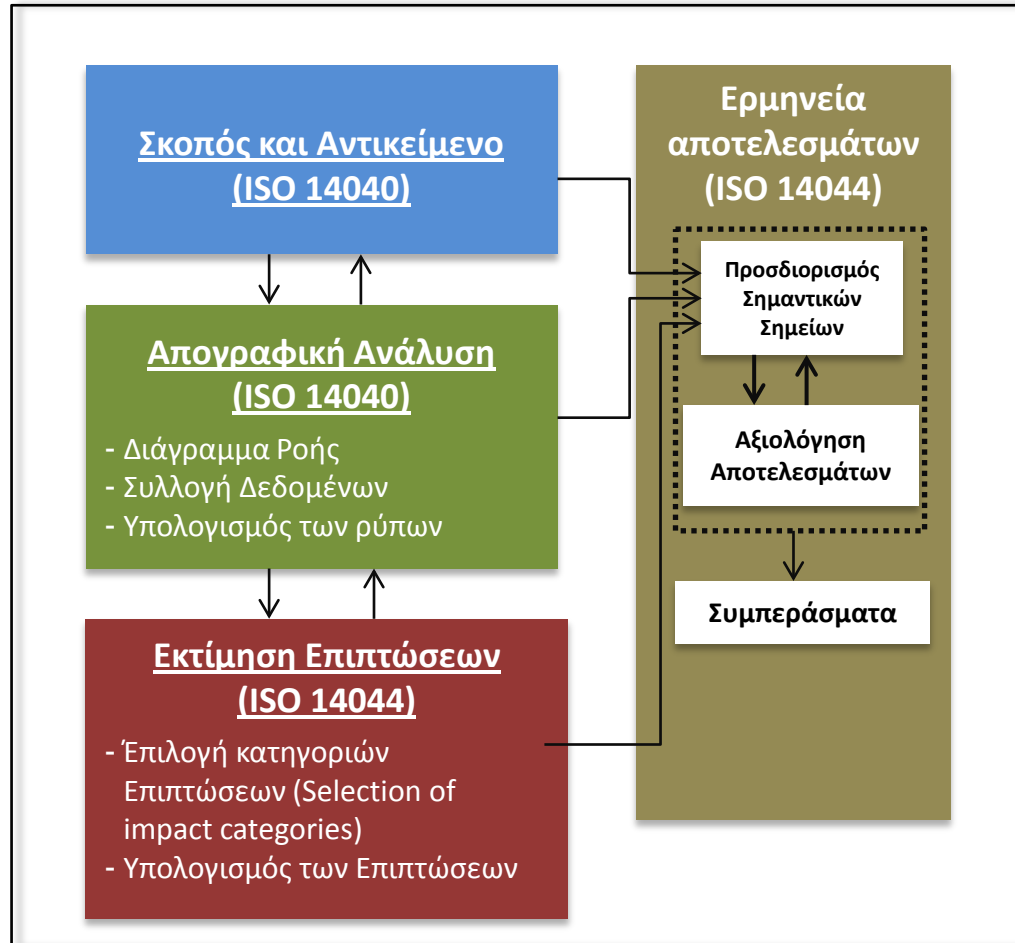
Οριοθέτηση συστήματος

Σκοπός και Αντικείμενο
(ISO 14040)

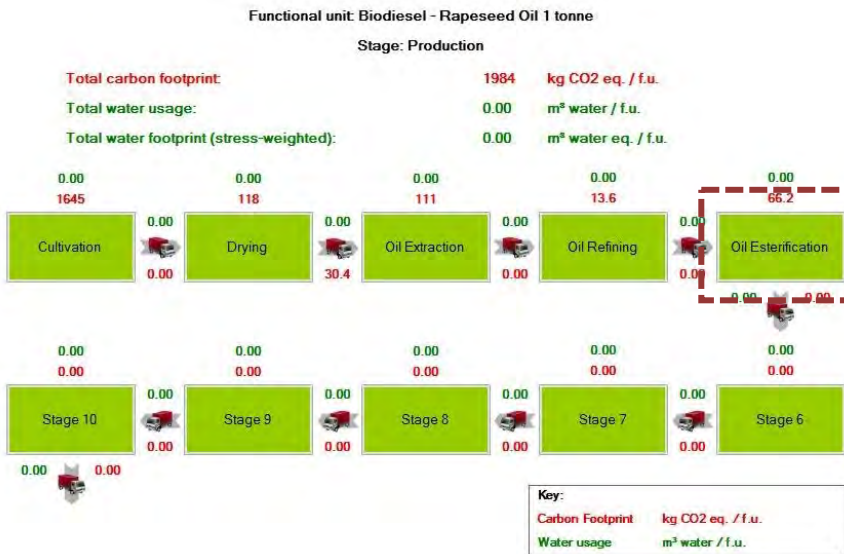
“Cradle-to-gate” οριοθέτηση



ΑΚΖ σύμφωνα με το ISO



Πίνακες απογραφής



Πίνακας απογραφής διεργασίας εστεροποίησης ελαίου

Functional unit: Biodiesel - Rapeseed Oil 1 tonne
Stage: Oil Esterification

Total carbon footprint for stage: 66.2 kg CO2 eq. / f.u.
Total water usage for stage: 0.00 m³ water / f.u.
Total water footprint (stress-weighted) for stage: 0.00 m³ water eq. / f.u.

Material/Packaging inputs	Amount (kg)	Total mass in (materials + packaging) (kg)
Methanol	109	1162
Sodium hydroxide (Caustic soda 4...)	1.20	
Refined rapeseed oil	1052	
Total:	1162	

Water type:	Water used (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)
Agricultural	0.00	0.00
Process	0.00	0.00

Energy	Amount (MJ/f.u.)	CO2 eq. (kg/MJ energy)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/MJ energy)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)	Database section
Electricity - CHP-11	82.8	0.086	7.09	0.00	0.00	0.00	CCaL/C/Energy
Heat - CHP-11	1379	0.043	59.1	0.00	0.00	0.00	CCaL/C/Energy
Total:	1462	Total:	66.2	Total:	0.00	0.00	

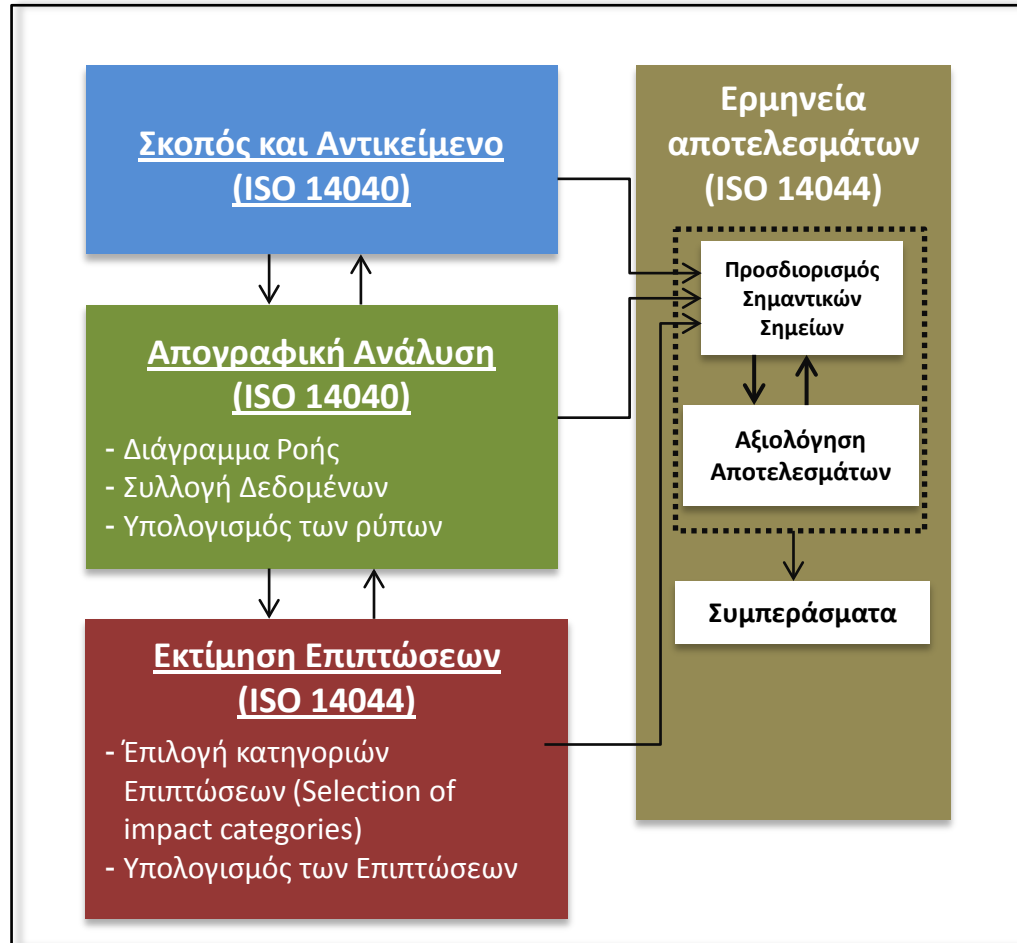
Direct emissions	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg GHG)	CO2 eq. (kg/f.u.)
Total:	0.00	Total:	0.00

Packaging	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg packaging)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/kg packaging)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)	Database section
Total:	0.00	Total:	0.00	Total:	0.00	0.00	

Waste	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg waste)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m³/kg waste)	Water usage (m³/f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m³ eq./f.u.)	Database section
Total:	0.00	Total:	0.00	Total:	0.00	0.00	

Material outputs	Amount (kg)	Destination
------------------	-------------	-------------

ΑΚΖ σύμφωνα με το ISO



Εκτίμηση επιπτώσεων

Διεργασία εστεροποίησης ελαίου

- Μοντελοποίηση ροών εισόδων και εξόδων μέσω βάσεων δεδομένων AKZ
 - Ενεργειακές ανάγκες
 - Εισροές ύλης
- Απόδοση AKZ επιπτώσεων

Define energy

Material/Packaging inputs	Amount (kg)
Methanol	109
Sodium hydroxide (Caustic soda 4...)	1.20
Refined rapeseed oil	1052
Total:	1162

Water type:	Water used (m ³ /f.u.)	Water footprint (stress-weighted) (m ³ eq./f.u.)
Agricultural	0.00	0.00
Process	0.00	0.00

Energy	Amount (MJ/f.u.)	CO2 eq. (kg/MJ energy)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m ³ /MJ energy)	Water usage (m ³ /f.u.)
Electricity - CHP-11	82.8	0.086	7.09	0.00	0.00
Heat - CHP-11	1379	0.043	59.1	0.00	0.00
Total:	1462	Total:	66.2	Total:	0.00

Direct emissions	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg GHG)	CO2 eq. (kg/f.u.)
Total:	0.00	Total:	0.00

Packaging	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg packaging)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m ³ /kg packaging)	Water usage (m ³ /f.u.)
Total:	0.00	Total:	0.00	Total:	0.00

Waste	Amount (kg/f.u.)	CO2 eq. (kg/kg waste)	CO2 eq. (kg/f.u.)	Water usage (m ³ /kg waste)	Water usage (m ³ /f.u.)
Total:	0.00	Total:	0.00	Total:	0.00

Material outputs	Amount (kg)	Destination
------------------	-------------	-------------

Εκτίμηση Επιπτώσεων (ISO 14044)

- Έπιλογή κατηγοριών Επιπτώσεων (Selection impact categories)
- Υπολογισμός των Επιπτώσεων

Define energy for Production - Oil Esterification

Define energy | Modify database | Search database

CCaLC database Ecoinvent database User-defined

Electricity - CHP-11

Amount (MJ/f.u.): 82.8

Data quality for amount: High

Cost (£/MJ): 0.013

Comments on amount used:

Details | Energy use | Impacts | Water use

kg CO2 eq./MJ: 8.563e-002

Year: 2009

Location: UK

Source: BEAT (2010)

Quality of dataset: High

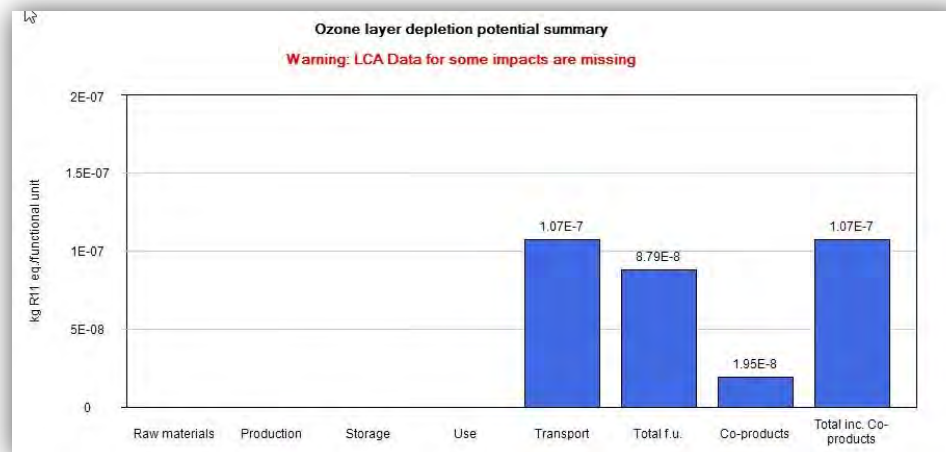
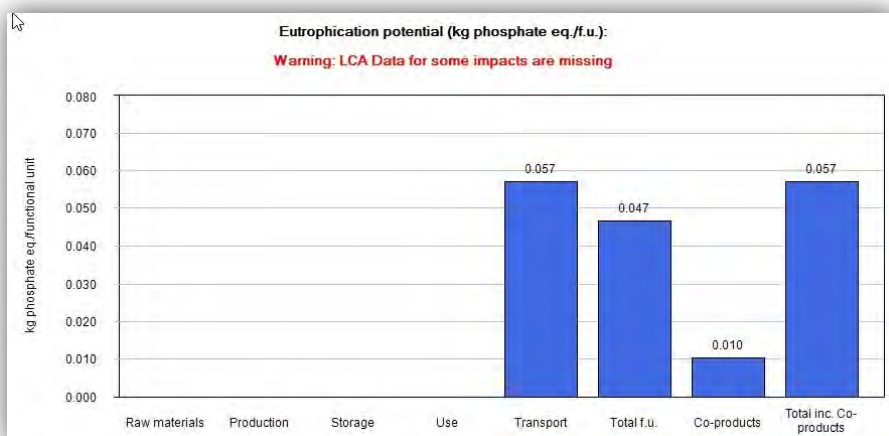
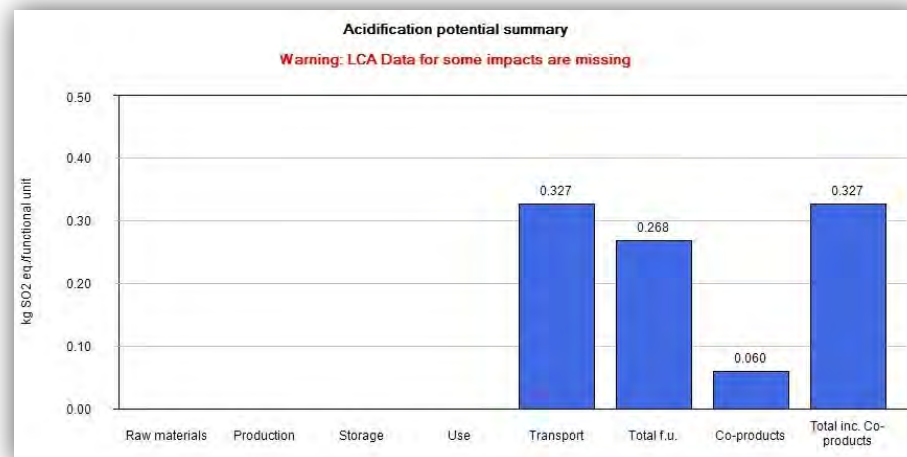
Comments: CHP power plant capacity: 9MW; Plant eff.: 85%; Heat to power ratio: 1.93 BEAT (2010) Bioenergy Technologies Environmental Impact Assessment Tool V2.1, prepared by North Energy Associates Ltd. for DEFRA Project NF0434.

Εκτίμηση περιβαλλοντικών δεικτών

Εκτίμηση Επιπτώσεων (ISO 14044)

- Επιλογή κατηγοριών Επιπτώσεων (Selection of impact categories)
- Υπολογισμός των Επιπτώσεων

- ❖ Οξύνιση
- ❖ Ευτροφισμός
- ❖ Καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος
- ❖ Φωτοχημικό νέφος
- ❖ Τοξικότητα στον άνθρωπο
- ❖ Υδατικό Αποτύπωμα



Εντοπισμός ρυπογόνων σταδίων (I)

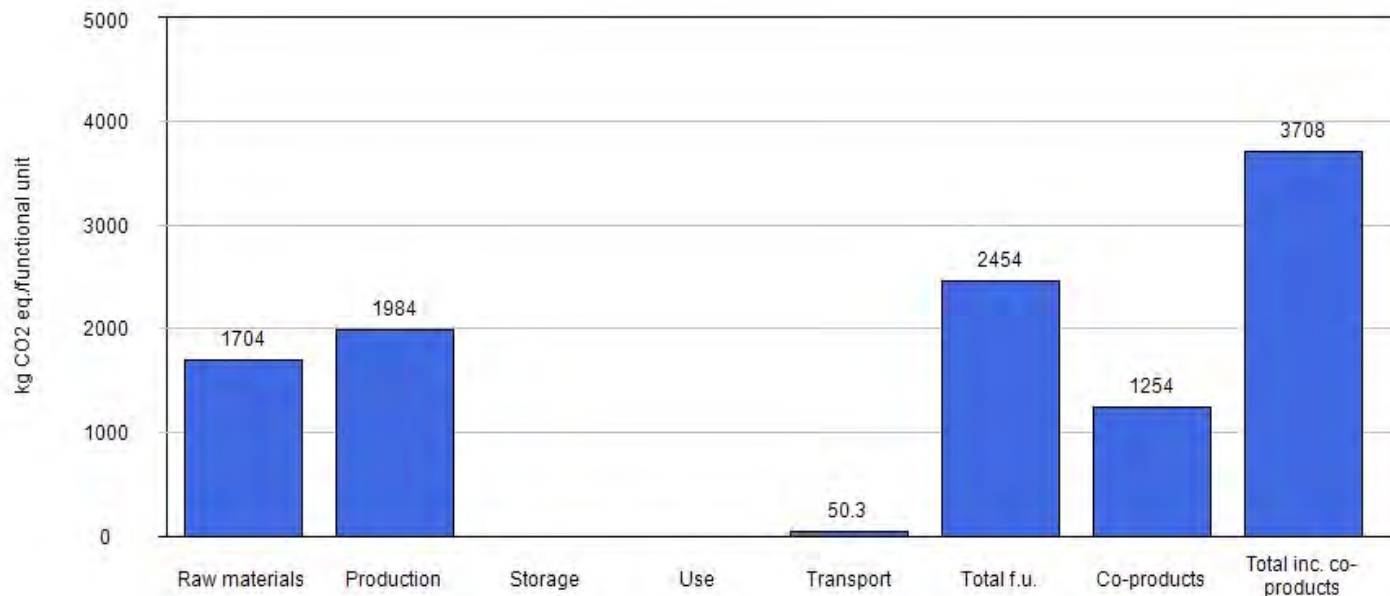
Ερμηνεία
αποτελεσμάτων
(ISO 14044)

Σύνοψη Αποτελεσμάτων Αποτυπώματος Άνθρακα **ανά στάδιο κύκλου ζωής**

View carbon
footprint graph



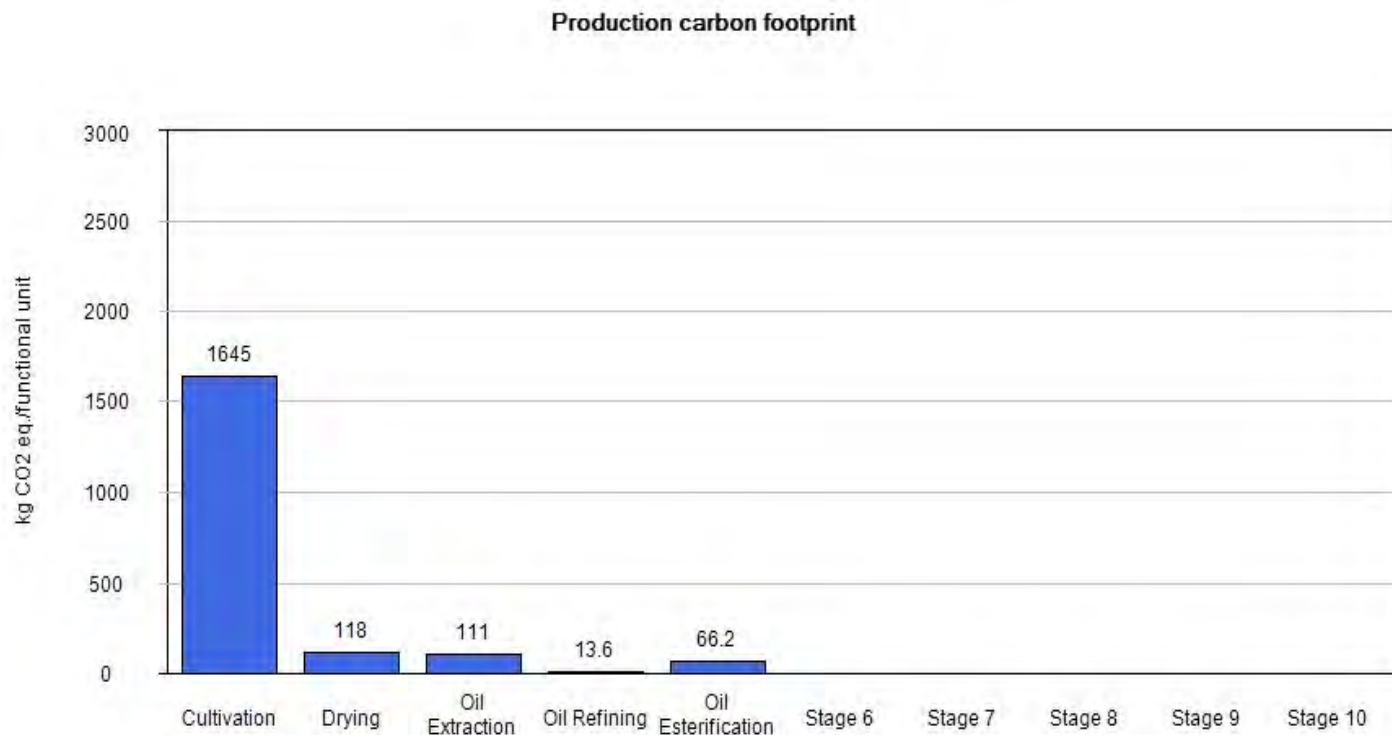
Summary of carbon footprint



Εντοπισμός ρυπογόνων σταδίων (II)

Ερμηνεία
αποτελεσμάτων
(ISO 14044)

Σύνοψη Αποτελεσμάτων Αποτυπώματος Άνθρακα ανά στάδιο παραγωγής



Εισαγωγή στο λογισμικό SimaPro

SimaPro

Χαρακτηριστικά και λειτουργίες

- ❑ Αποτελεί ένα λεπτομερές εργαλείο περιβαλλοντικής ανάλυσης
- ❑ Χρησιμοποιείται για προϊόντα ή/και διεργασίες
 - Προϊόντα και διεργασίες αναφέρονται ως διεργασίες (processes)
- ❑ Ποσοτικοποίηση των πρώτων υλών, της κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών στον αέρα, το νερό και το έδαφος
- ❑ Χαρακτηρισμός περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- ❑ Οι βάσεις δεδομένων περιέχουν πολλές κοινές διεργασίες (και προϊόντα) αλλά όχι όλες
 - Προϊόντα ή διεργασίες που δεν περιέχονται στις βάσεις δεδομένων θα πρέπει να αξιολογηθούν σύμφωνα με τα παρακάτω

Επιλογές πλοήγησης

Wizards
Wizards
Goal and scope
Description
Libraries
Inventory
Processes
Product stages
System descriptions
Waste types
Parameters
Impact assessment
Methods
Calculation setups
Interpretation
Interpretation
Document Links
General data
Literature references
Substances
Units
Quantities
Images

1. Σκοπός και αντικείμενο

- “Description”: Επεξεργασία στοιχείων και περιγραφής μιας καινούριας διεργασίας
- “Libraries”: Βιβλιοθήκες – Βάσεις δεδομένων διεργασιών (χημικά, καύσιμα κλπ.)

2. Απογραφή

- “Processes”: Υπάρχοντα μοντέλα ή δημιουργία νέων
- “Product stages”: Στάδια κύκλου ζωής

3. Εκτίμηση επιπτώσεων

- Επιλογή μεθόδου υπολογισμού επιπτώσεων (CML, RECIPE, Eco-Indicator 99 κλπ.)

4. Ερμηνεία αποτελεσμάτων

- Σχόλια και βιβλιογραφία

Περιβάλλον εργασίας

Επιλογές
πλοήγησης



Διεργασίες

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Demo; Introduction to SimaPro

File Edit Calculate Tools Window Help

LCA Explorer

Wizards
Goal and scope
Inventory
Impact assessment
Interpretation
General data

Processes

- Material
 - Agricultural
 - Ceramics
 - Market
 - Infrastructure
 - Transformation
 - Chemicals
 - Acids (inorganic)
 - Market
 - Infrastructure
 - Transformation
 - Acids (organic)
 - Market
 - Infrastructure
 - Transformation
 - Fertilisers (inorganic)
 - Market
 - Transformation
 - Fertilisers (organic)
 - Market
 - Transformation
 - Gases
 - Market
 - Infrastructure
 - Transformation
 - Inorganic
 - Market
 - Transformation
 - Infrastructure
 - Organic
 - Market
 - Infrastructure
 - Transformation
 - Others
 - Pesticides
 - Silicons
 - Washing agents
 - Construction
 - Electronics
 - Fuels
 - Biofuels
 - Biogas
 - Market
 - Transformation
 - Ethanol
 - Methane
 - Others
 - Coal
 - Lignite
 - Natural gas
 - Oil
 - Peat
 - Uranium

Name	Unit	Waste type	Project	Status
Argon, crude, liquid (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Argon, liquid (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Carbon dioxide, liquid (RER) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Carbon dioxide, liquid (RoW) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Carbon monoxide (RER) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Carbon monoxide (RoW) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Chlorine dioxide (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Chlorine, gaseous (RER) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Chlorine, gaseous (RoW) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Chlorine, liquid (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Ethane (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Fluorine, liquid (RER) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Fluorine, liquid (RoW) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Helium (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Helium, crude (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Helium, crude stockpiling (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Hydrogen sulfide (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Hydrogen, liquid (RER) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Hydrogen, liquid (RoW) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Krypton, gaseous (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Natural gas liquids (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Nitrogen, liquid (RER) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Nitrogen, liquid (RoW) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Nitrous dioxide (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Nitrous oxide (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Oxygen, liquid (RER) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Oxygen, liquid (RoW) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Ozone, liquid (RER) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Ozone, liquid (RoW) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Propane (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Sulfur dioxide, liquid (RER) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Sulfur dioxide, liquid (RoW) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Sulfur hexafluoride, liquid (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - system	None
Sulfur hexafluoride, liquid (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Sulfur trioxide (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None
Xenon, gaseous (GLO) market for Alloc Def, U	kg	not defined	Ecoinvent 3 - allocation, default - unit	None

In this market, expert judgement was used to develop product specific transport distance estimations.

Production volume: 4 kg
Technology level: 0 undefined
Start date: 2011-01-01
End date: 2014-12-31
Is data valid for entire period: true
Macro-economic scenario name: Business-as-Usual

Version: 3.0.3.0
Created: 2011-08-02T09:57:47
Source: 05a39056-95c6-4f16-bc2e-f6005fa4bb7f_ab5dcfa8-e8f9-4923-84d4-51b25a898fa1.spold

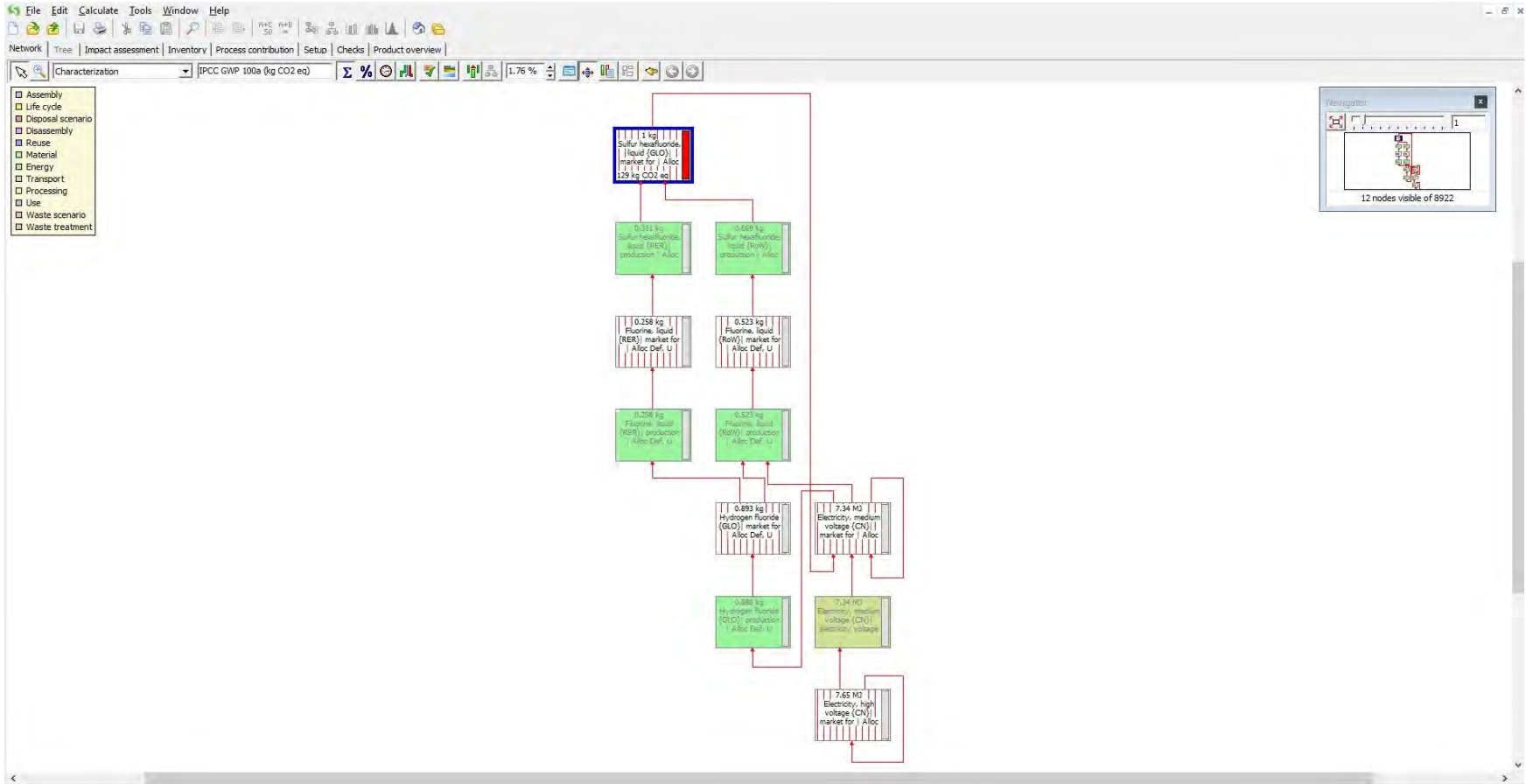
Filter on and or Clear 36

11606 items 1 item selected

Πίνακας απογραφής

Documentation Input/output Parameters System description							
Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment
	1	kg	Mass	100 %	not defined	Chemicals/Gases/Market	
Known outputs to technosphere. Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Alloc Def, U	0,2088	tkm	Lognormal	2,281			(1,1,4,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007, US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics. Of the total road transport, 6% is assumed to be by delivery van for goods with a large share of retail sale, and 3% for goods that are mainly sold via wholesale.
Sulfur hexafluoride, liquid {RER} production Alloc Def, U	0,3305923515	kg	Undefined				Production Volume Amount: 1.32236940655721
Sulfur hexafluoride, liquid {RoW} production Alloc Def, U	0,6694076483	kg	Undefined				Production Volume Amount: 2.67763059344279
Transport, freight train {Europe without Switzerland} market for Alloc Def, U	0,0201465820	tkm	Lognormal	2,281			(1,1,4,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007, US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics.
Transport, freight train {CH} market for Alloc Def, U	0,0681819633	tkm	Lognormal	2,281			(1,1,4,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007, US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics.
Transport, freight train {CH} market for Alloc Def, U	0,0004015638	tkm	Lognormal	2,281			(1,1,4,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007, US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics.
Transport, freight train {US} market for Alloc Def, U	0,0957745405	tkm	Lognormal	2,281			(1,1,4,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007, US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics.
Transport, freight train {RoW} market for Alloc Def, U	0,1245953300	tkm	Lognormal	2,281			(1,1,4,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007, US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics.
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							

Υπολογισμός επιπτώσεων

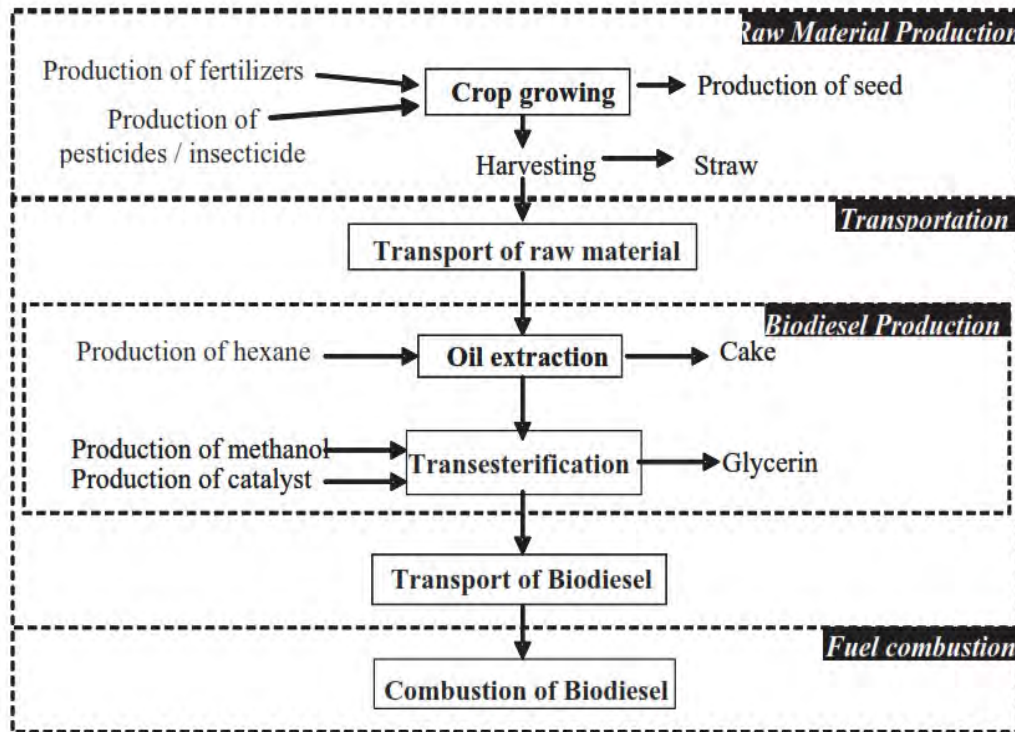


Παράδειγμα

Παραγωγή βιοντίζελ από το φυτό jatropha

Περιγραφή προβλήματος

Ανάλυση Κύκλου Ζωής παραγωγής βιοντίζελ από το φυτό jatropha



Ερωτήματα

- Ποιες είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διεργασίας;
- Ποιο/ποια στάδια συνεισφέρουν σε μεγαλύτερο βαθμό στην καταστροφή του περιβάλλοντος (αναγνώριση hot-spot);

Σκοπός και αντικείμενο

Σκοπός και Αντικείμενο
(ISO 14040)

Οριοθέτηση συστήματος

Cradle-to-grave σύστημα με 4 διαφορετικά στάδια: Καλλιέργεια → Κατανάλωση



Λειτουργική μονάδα

- Παραγωγή 1000 kg βιοντίζελ

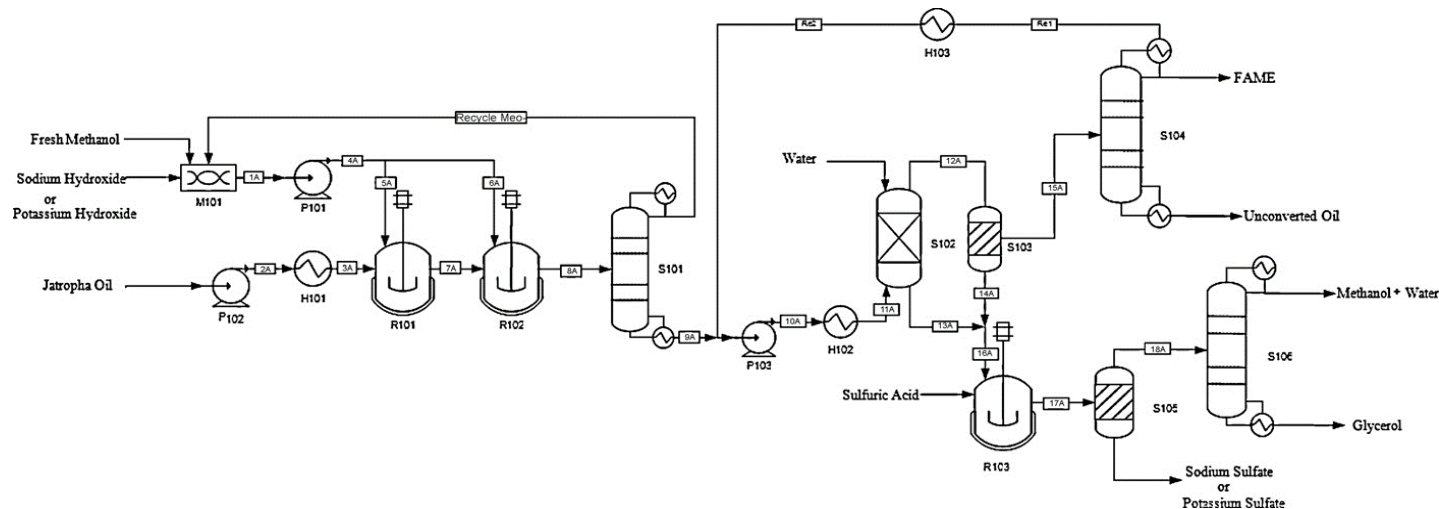
Απογραφική ανάλυση

Απογραφική Ανάλυση (ISO 14040)

- Διάγραμμα Ροής
- Συλλογή Δεδομένων
- Υπολογισμός των ρύπων

Πηγές δεδομένων

- Καλλιέργεια: Δεδομένα από τοποθεσία αναφοράς (real-life data)
- Μεταφορά πρώτης ύλης: Υπόθεση μέσης απόστασης (150 km)
- Παραγωγή βιοντίζελ: Συνδυασμός δεδομένων από σχεδιασμό διεργασίας σε Aspen Plus και πραγματικής εγκατάστασης παραγωγής βιοντίζελ



- Κατανάλωση καυσίμου: Δεδομένα εκπομπών καύσης από SimaPro

Εκτίμηση επιπτώσεων

Εκτίμηση Επιπτώσεων (ISO 14044)

- Έπιλογή κατηγοριών Επιπτώσεων (Selection of impact categories)
- Υπολογισμός των Επιπτώσεων

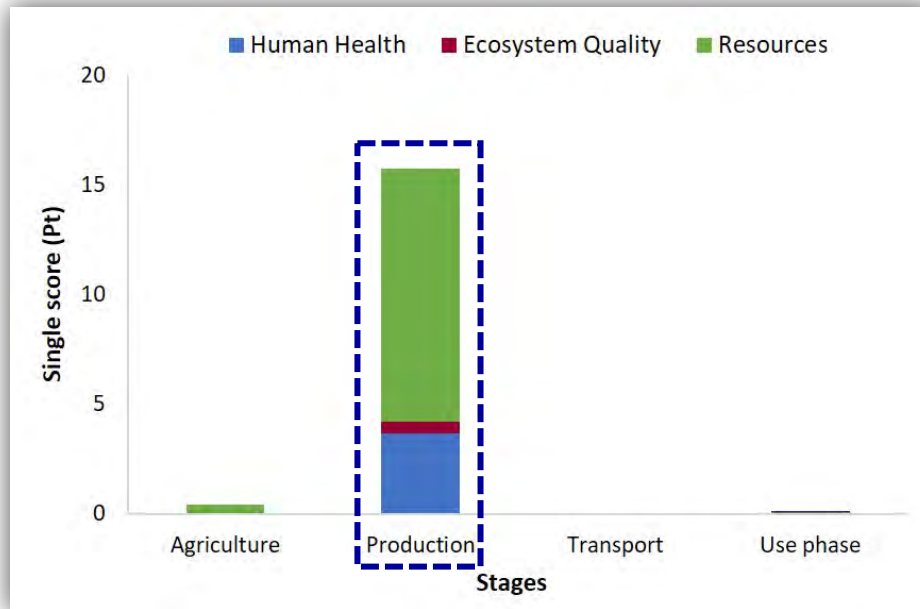
Eco-indicator 99

1. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Human Health)
 - Καρκινογόνες ουσίες (carcinogens)
 - Αναπνευστικές επιπτώσεις (respiratory organics, inorganics)
 - Κλιματική αλλαγή (climate change)
 - Ακτινοβολία (radiation)
 - Καταστροφή της στριβάδας του όζοντος (ozone layer)
2. Επιπτώσεις στην ποιότητα του οικοσυστήματος (Ecosystem Quality)
 - Οικοτοξικότητα (eco-toxicity)
 - Οξύνιση (acidification)
 - Ευτροφισμός (eutrophication)
 - Χρήση γης (land use)
3. Επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους (Resources)
 - Εξάντληση μετάλλων και φυσικών πόρων (minerals, fossil fuels)

Υπολογισμός και ερμηνεία αποτελεσμάτων (I)

Ερμηνεία
αποτελεσμάτων
(ISO 14044)

Τελικές επιπτώσεις ανά στάδιο

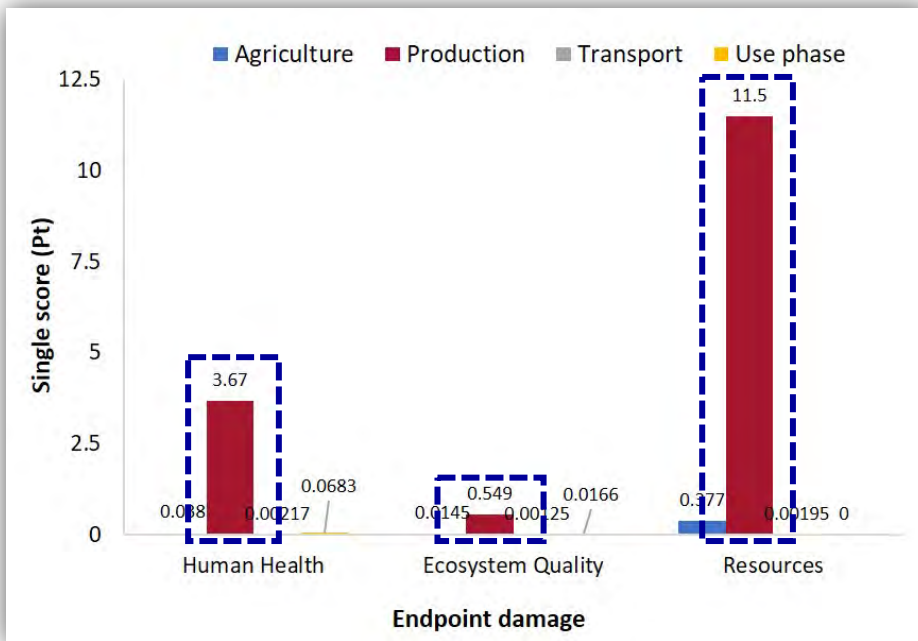


- Μεγαλύτερες επιπτώσεις → στάδιο παραγωγής βιοντίζελ (15.7 Pt)

Υπολογισμός και ερμηνεία αποτελεσμάτων (II)

Ερμηνεία
αποτελεσμάτων
(ISO 14044)

Τελικές επιπτώσεις ανά κατηγορία

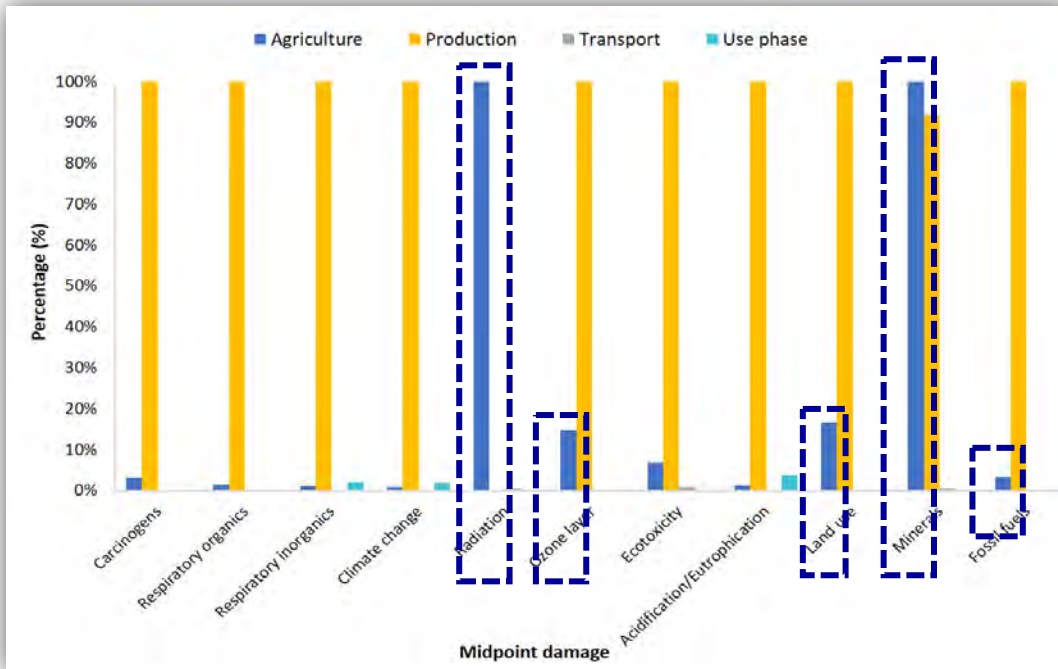


- Μείωση φυσικών πόρων κατά 11.5 Pt: Χρήση μεγάλης ποσότητας πόρων (καύσιμα, ηλεκτρική ενέργεια κλπ.)
- Ανθρώπινη υγεία: επιπτώσεις κατά 3.67 Pt → εκπομπές τοξικών αερίων από χρήση πόρων
- Ποιότητα οικοσυστήματος: μικρότερες επιπτώσεις → θεωρούνται αποδεκτές

Υπολογισμός και ερμηνεία αποτελεσμάτων (II)

Ερμηνεία
αποτελεσμάτων
(ISO 14044)

Ενδιάμεσες επιπτώσεις για όλα τα στάδια



Καλλιέργεια (Agriculture)

- Καταστροφή της στρώσης του όζοντος → ψυκτικά μέσα κατά το λίπασμα (CFCs / HFCs)
- Χρήση γης → έδαφος για καλλιέργεια
- Εξάντληση μετάλλων και φυσικών πόρων → χρήση εδάφους, καύσιμα για οχήματα κατά την καλλιέργεια
- Ακτινοβολία → χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής (ευρωπαϊκή βάση δεδομένων) → ανάλογα με τόπο αναφοράς μπορεί να εξαλειφθεί σαν επίπτωση

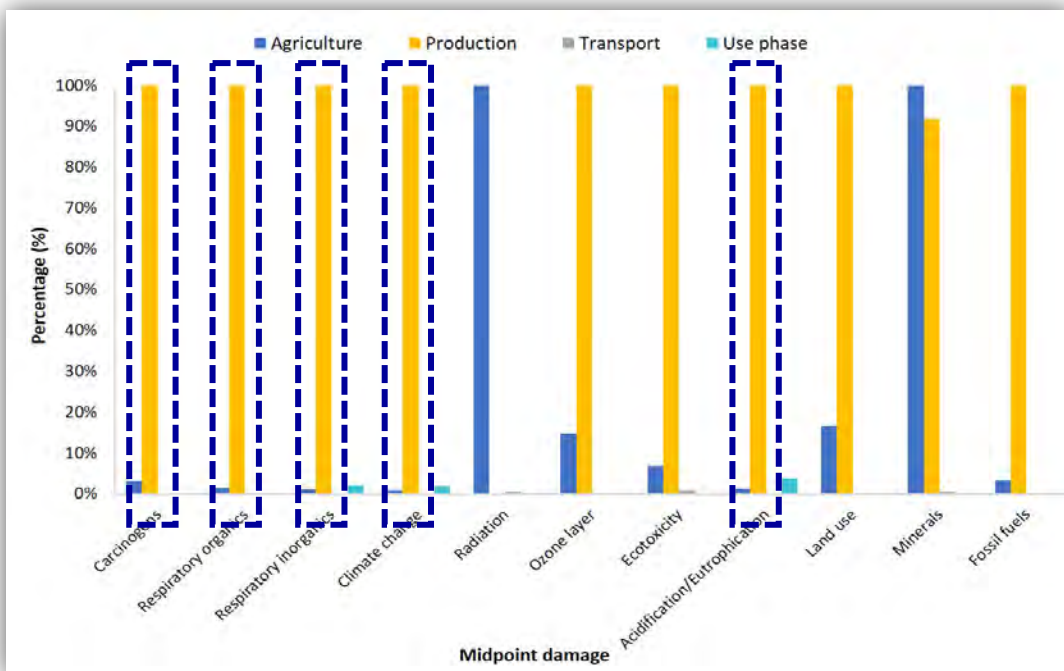


Κατάλληλη ερμηνεία αποτελεσμάτων

Υπολογισμός και ερμηνεία αποτελεσμάτων (IV)

Ερμηνεία
αποτελεσμάτων
(ISO 14044)

Ενδιάμεσες επιπτώσεις για όλα τα στάδια



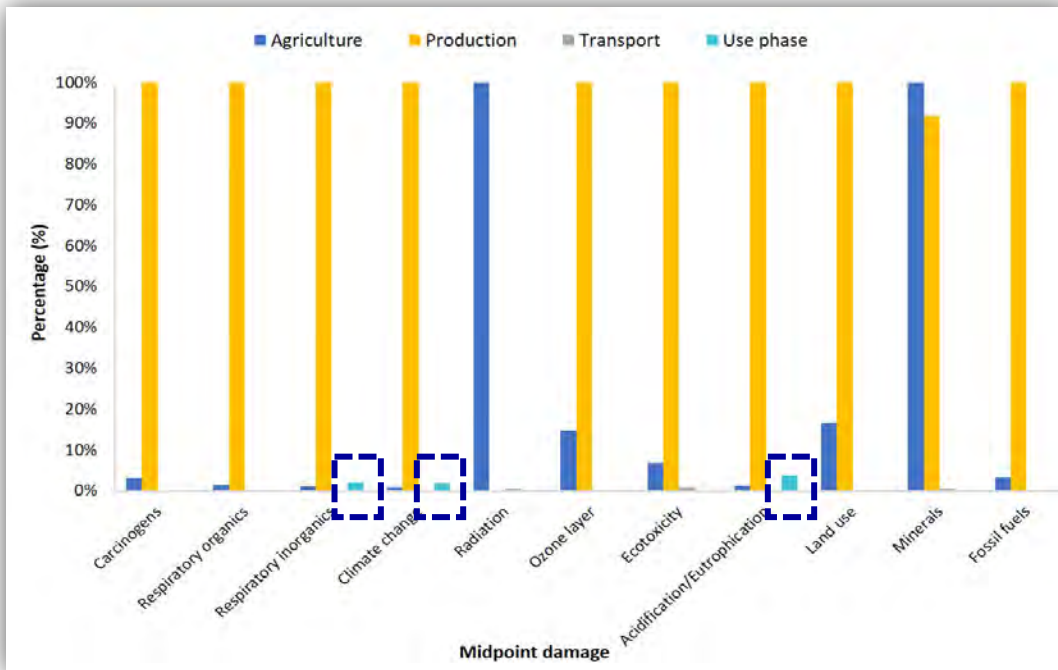
Παραγωγή (Production)

- Συμβολή σε όλες σχεδόν τις επιπτώσεις → μεγάλες ποσότητες πρώτων υλών με υψηλές εκπομπές, μεγάλη χρήση ενέργειας
- Εκπομπές CO, CO₂, NO₂, NH₃, SO_x → αναπνευστικές επιπτώσεις, κλιματική αλλαγή, οξύνιση/ευτροφισμός
- Εκπομπές αρωματικών (μεθάνιο, βενζόλιο) → αναπνευστικές επιπτώσεις
- Καρκινογόνες ουσίες → νικέλιο, κάδμιο

Υπολογισμός και ερμηνεία αποτελεσμάτων (V)

Ερμηνεία
αποτελεσμάτων
(ISO 14044)

Ενδιάμεσες επιπτώσεις για όλα τα στάδια



Μεταφορά (Transport)

- Σχεδόν μηδενικές επιπτώσεις → εξαρτάται από την επιλογή στοιχείων από τη βάση δεδομένων

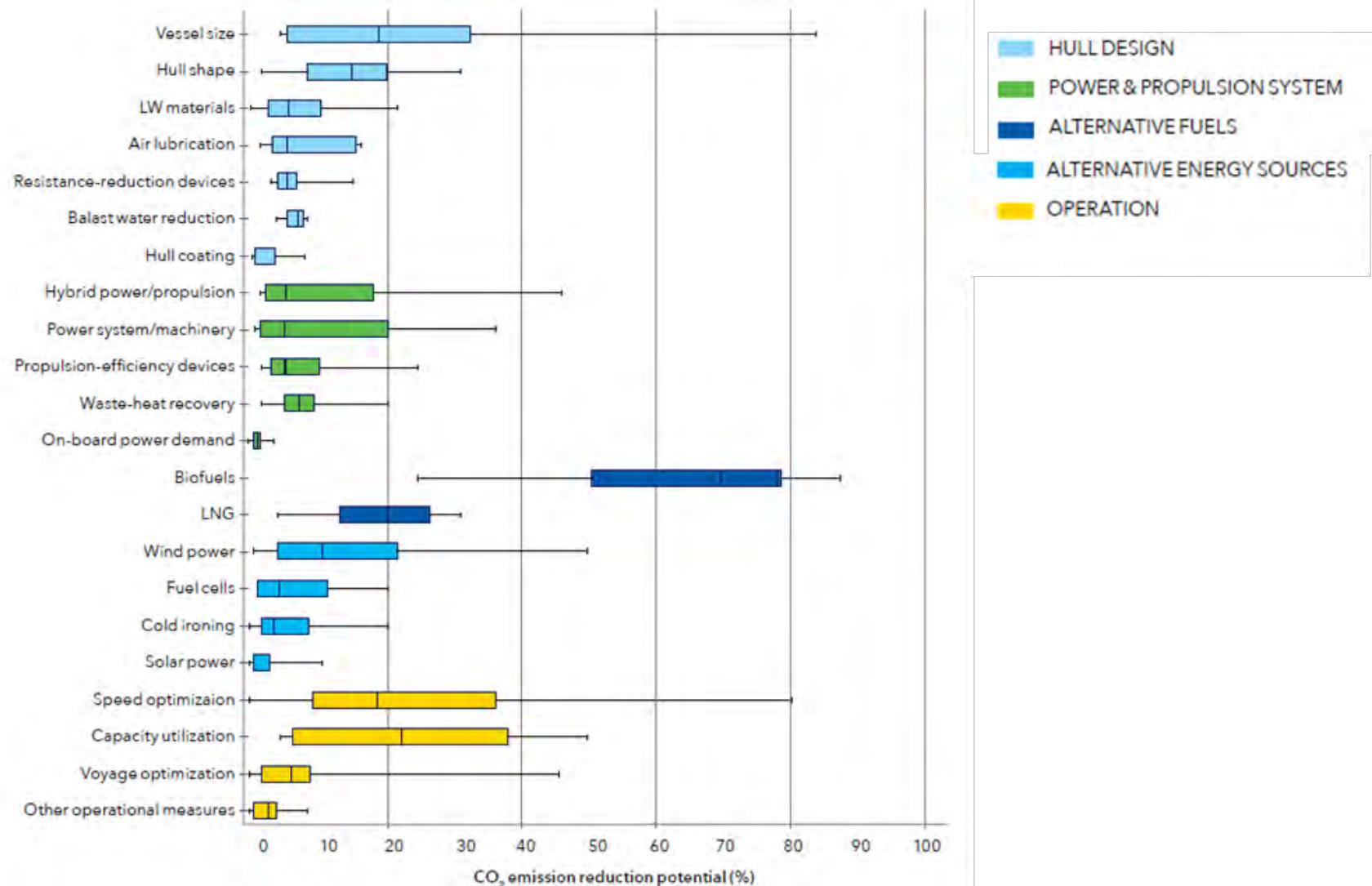
Κατανάλωση (Use Phase)

- Εκπομπές CO, CO₂ και NO₂ λόγω καύσης του βιοντίζελ → αναπνευστικές επιπτώσεις, κλιματική αλλαγή, οξύνιση/ευτροφισμός υδάτινων σωμάτων

Παράδειγμα

Εναλλακτικά καύσιμα πλοίων

Δυναμικό βελτίωσης ανά κατηγορία τεχνολογίας



Alternative fuels - Candidates for the future



	Energy Density Per unit volume	Emissions	Challenges
LNG	High	Mid	Cryogenic storage
Methanol	Adequate	Low	Limited green sourcing
Hydrogen	Low	Zero	Limited green sourcing
Bio-fuels	High	Zero	Safety and availability

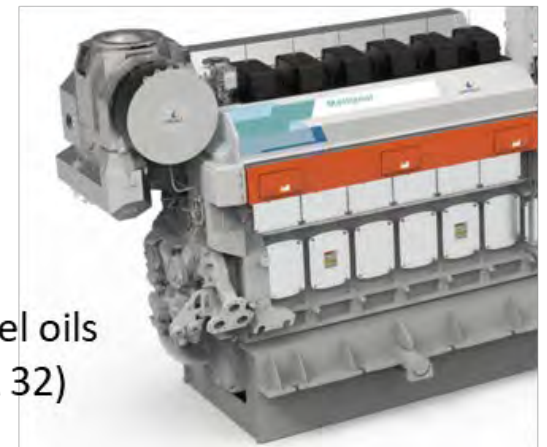
Μηχανολογικός εξοπλισμός

85% hydrogen gas and 15%
conventional fuel engine (16DZD
H2 BEHYDRO ABC)

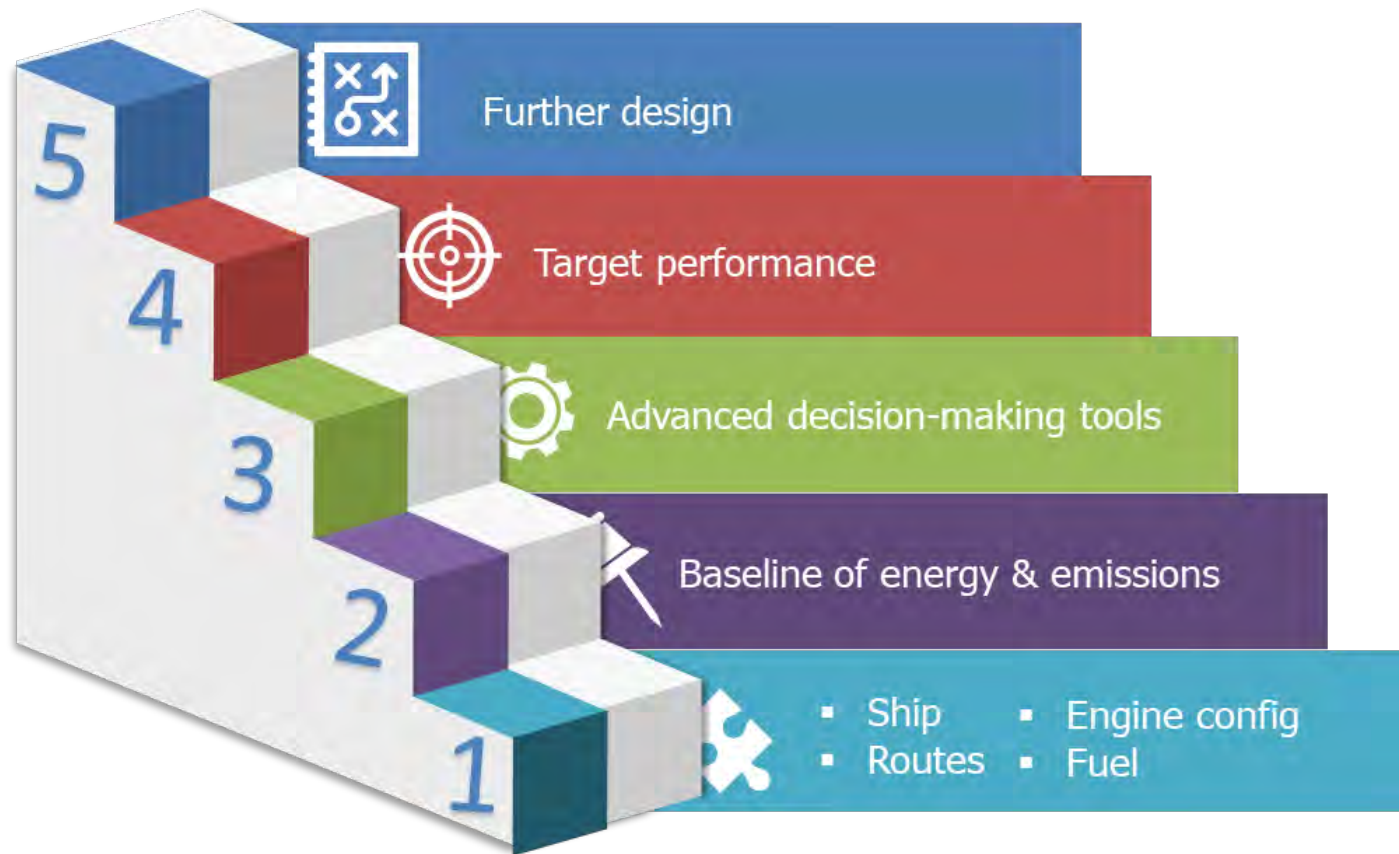
- Constant improvements in efficiency in new generation engines
- Alternative fuel engines are either on the market or close to being released
- Engines supporting multiple fuels are available allow flexibility for fuel use optimization



Methanol and/or fuel oils
engine (WÄRTSILÄ 32)



Μεθοδολογική προσέγγιση

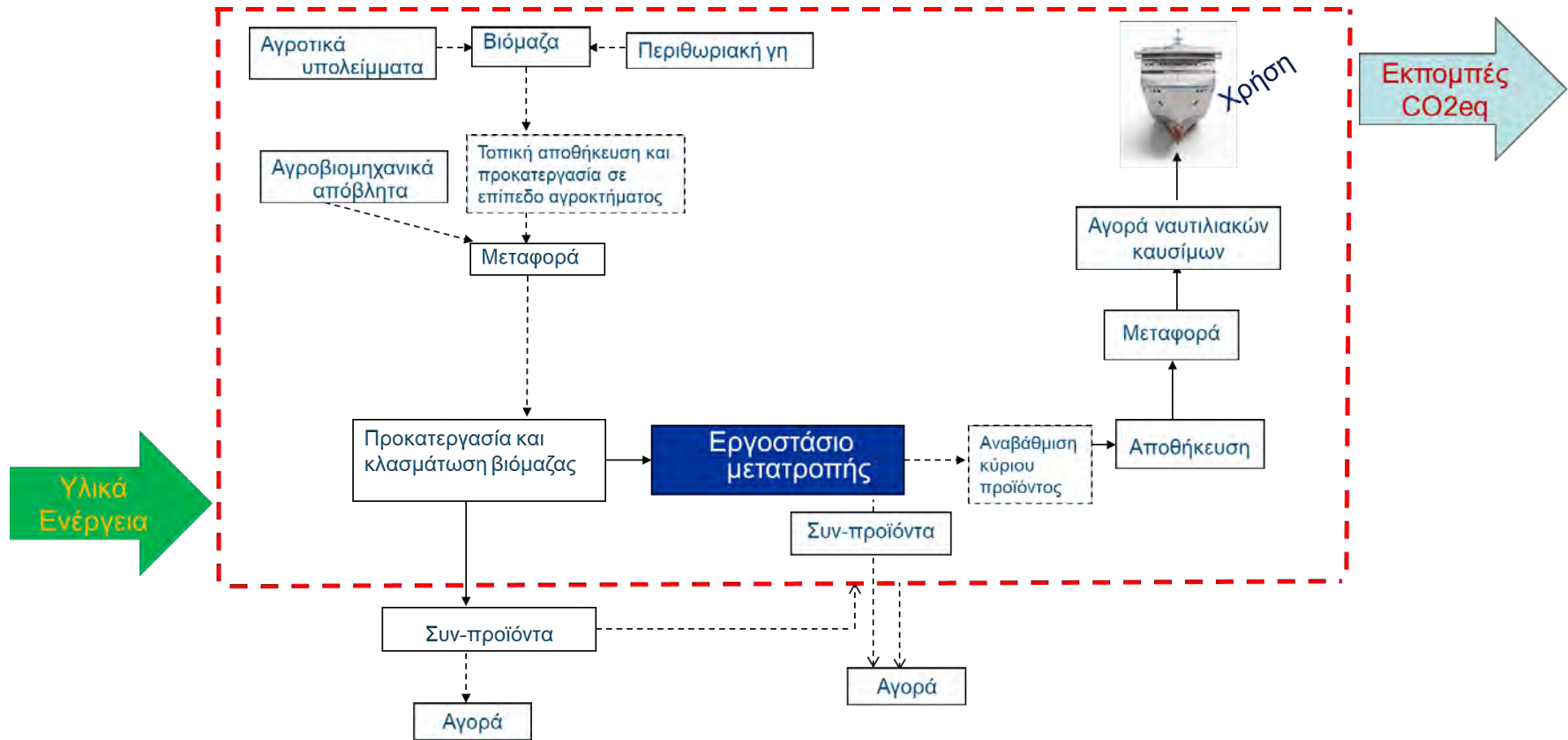


Πιλοτική εφαρμογή

RO-PAX vessel Blue Star
Patmos
L 145.9m, W 23,2m
Max speed (knots): 25.5
Passengers: 2000
Age: 11y
Fuel : MDO + bio-MDO



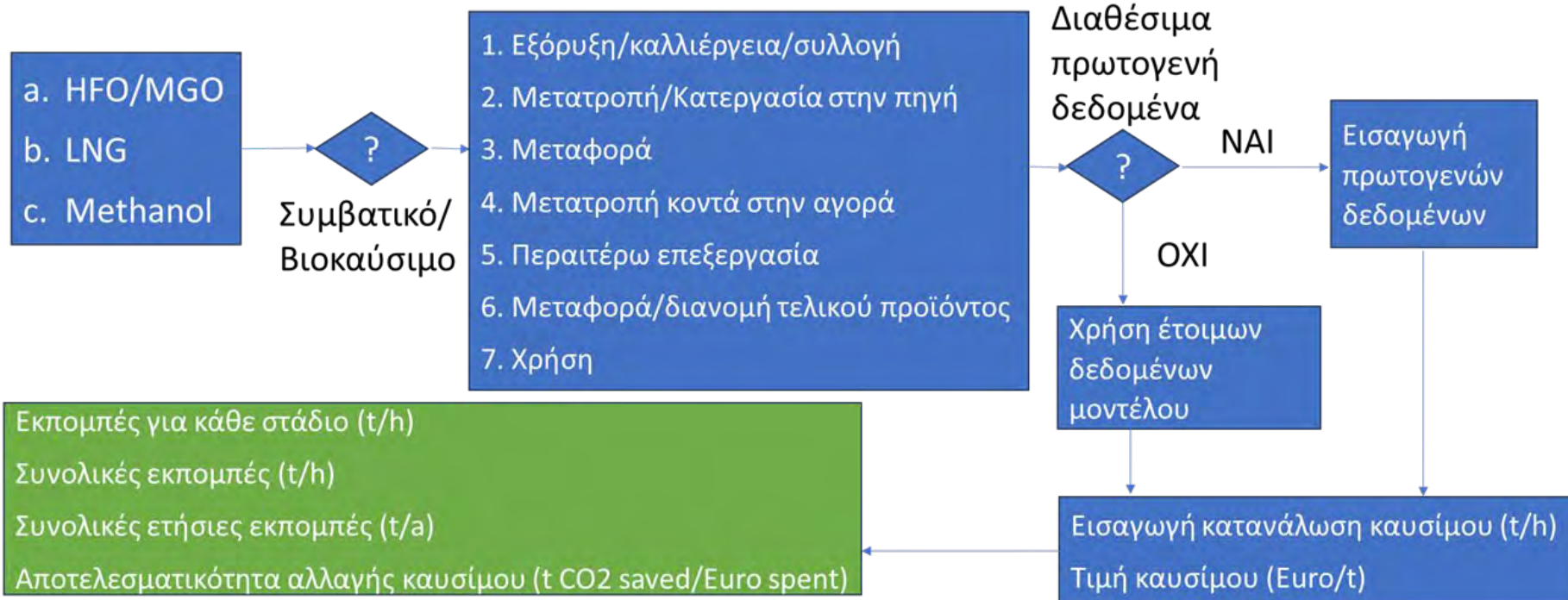
Αποτυπώματα - πλαίσιο υπολογισμών



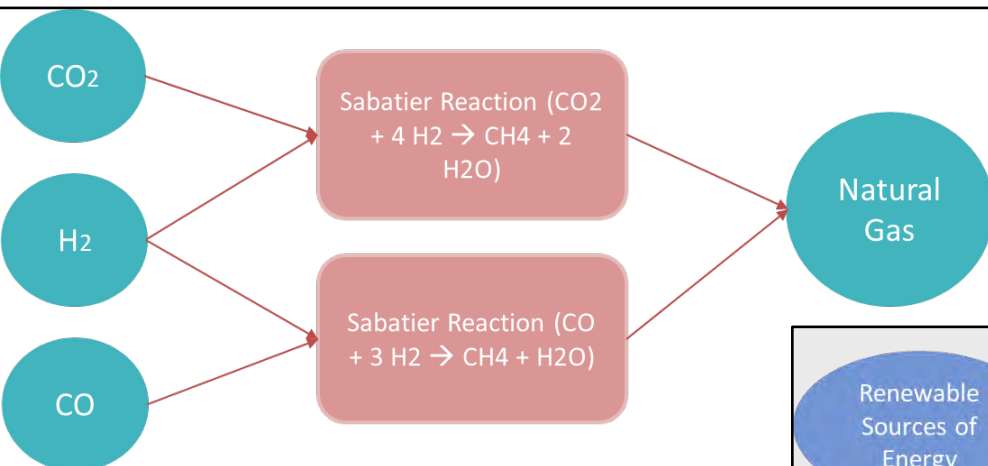
- ❑ Όλα τα στάδια από την παραγωγή της πρώτης ύλης του καυσίμου μέχρι την τελική του χρήση στο πλοίο. (Well-to-Propeller; WtP)
- ❑ Η αντίστοιχη προσέγγιση ακολουθείται και για τα συμβατικά καύσιμα.
- ❑ Η WtP αναμένεται να επικρατήσει κατ'αντιστοιχία των προσεγγίσεων για τα καύσιμα μεταφορών στην ξηρά.

Περιβαλλοντικά αποτυπώματα εκπομπών και καυσίμων

Υπολογισμοί εργαλειοθήκης 

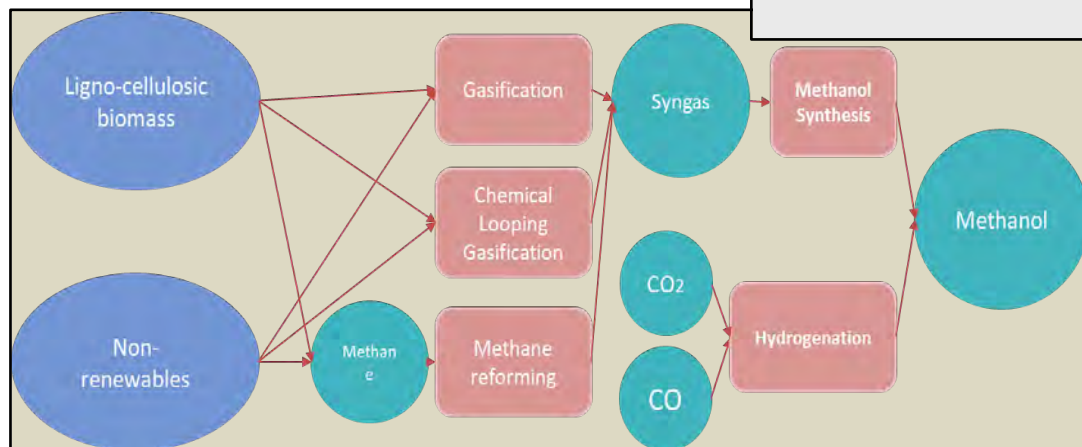
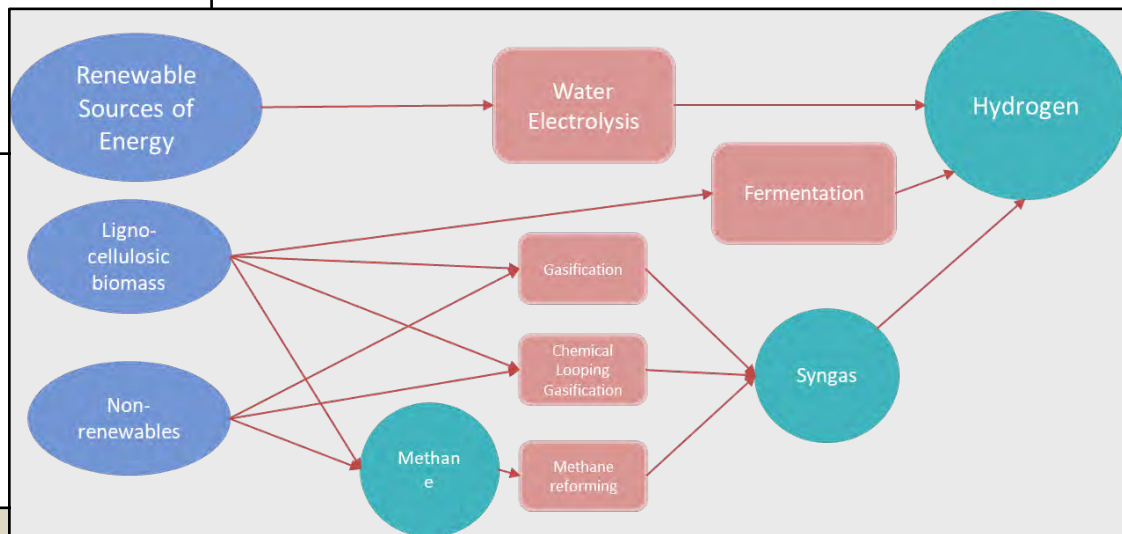


Εναλλακτικές διεργασίες παραγωγής ανά καύσιμο



Συνθετικό φυσικό αέριο, αέριο αεριοποίησης

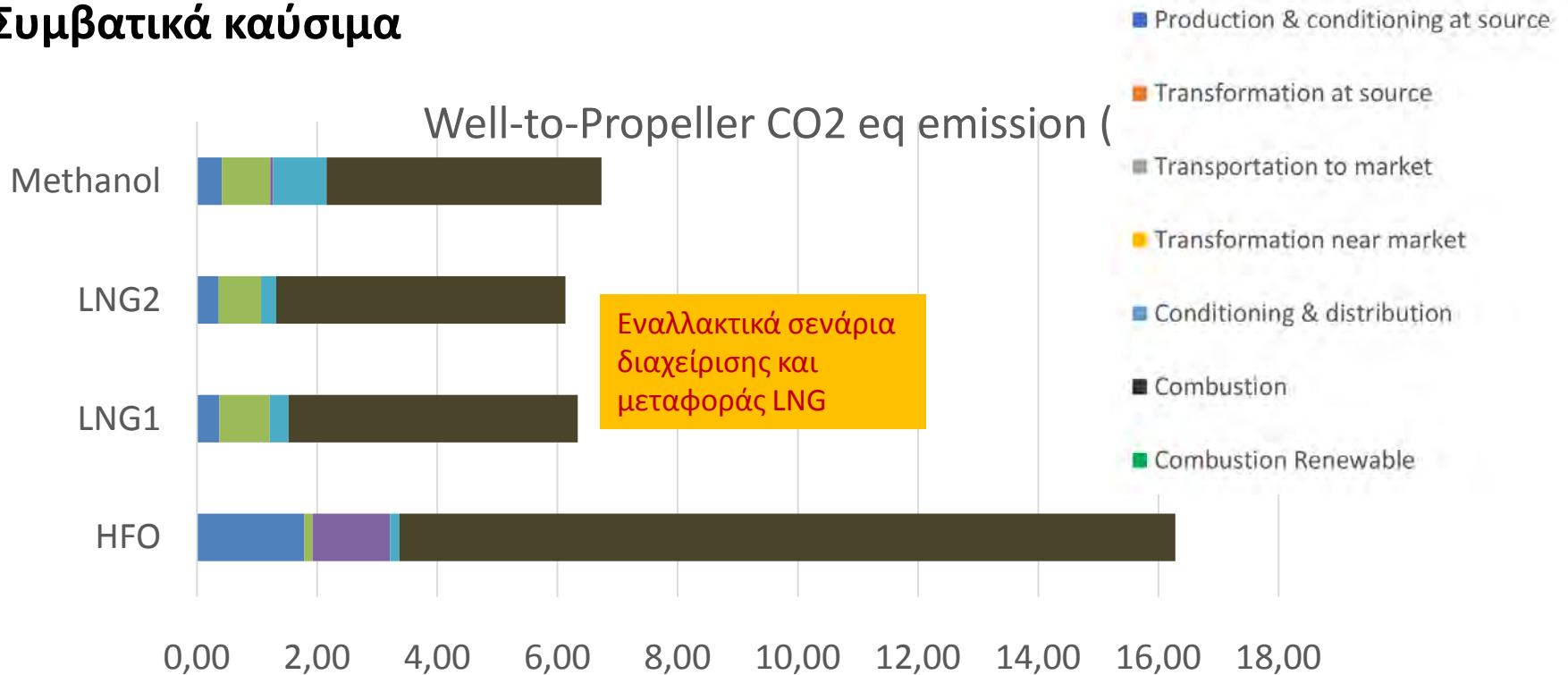
Αέριο σύνθεσης



Μεθανόλη

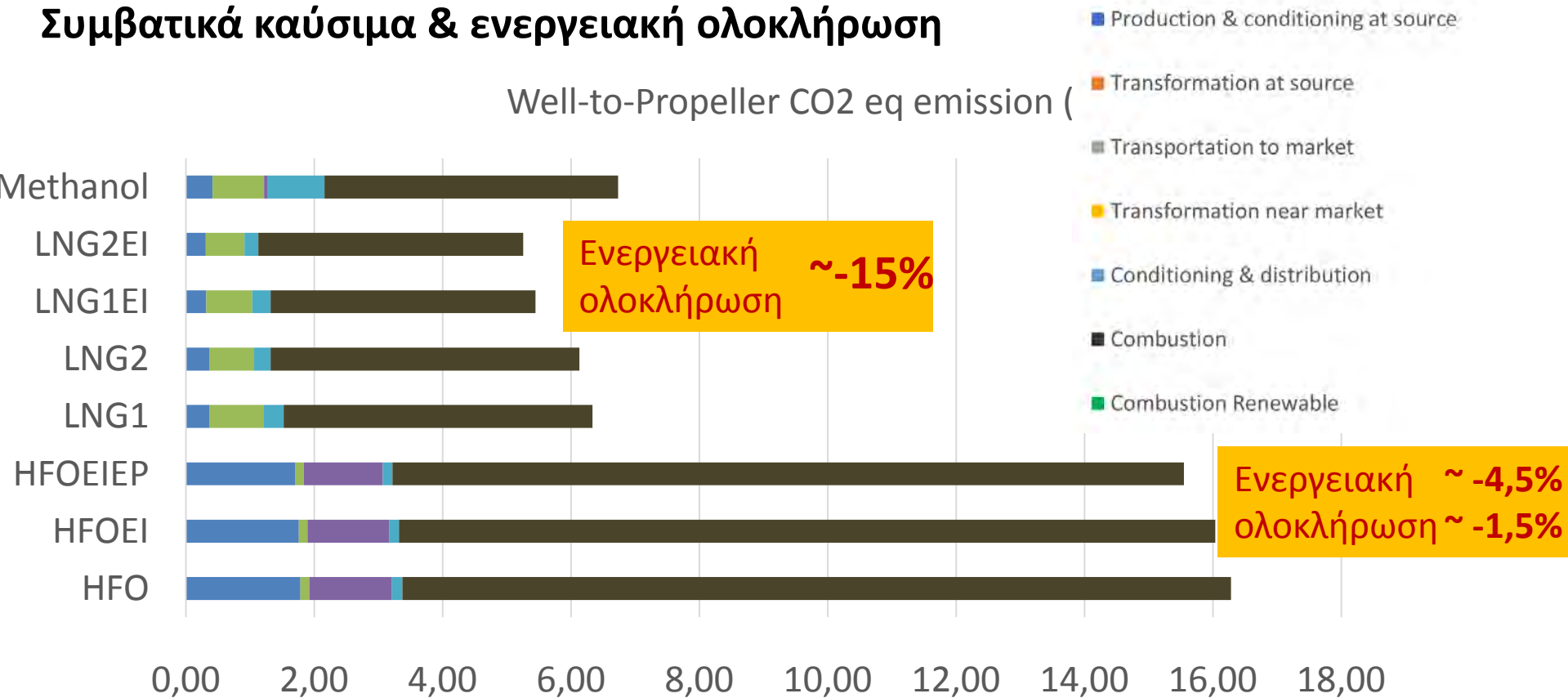
Περιβαλλοντικά αποτυπώματα εκπομπών και καυσίμων

Συμβατικά καύσιμα



Περιβαλλοντικά αποτυπώματα εκπομπών και καυσίμων

Συμβατικά καύσιμα & ενεργειακή ολοκλήρωση



Πόση διαφορά κάνουν τα βιοκαύσιμα?

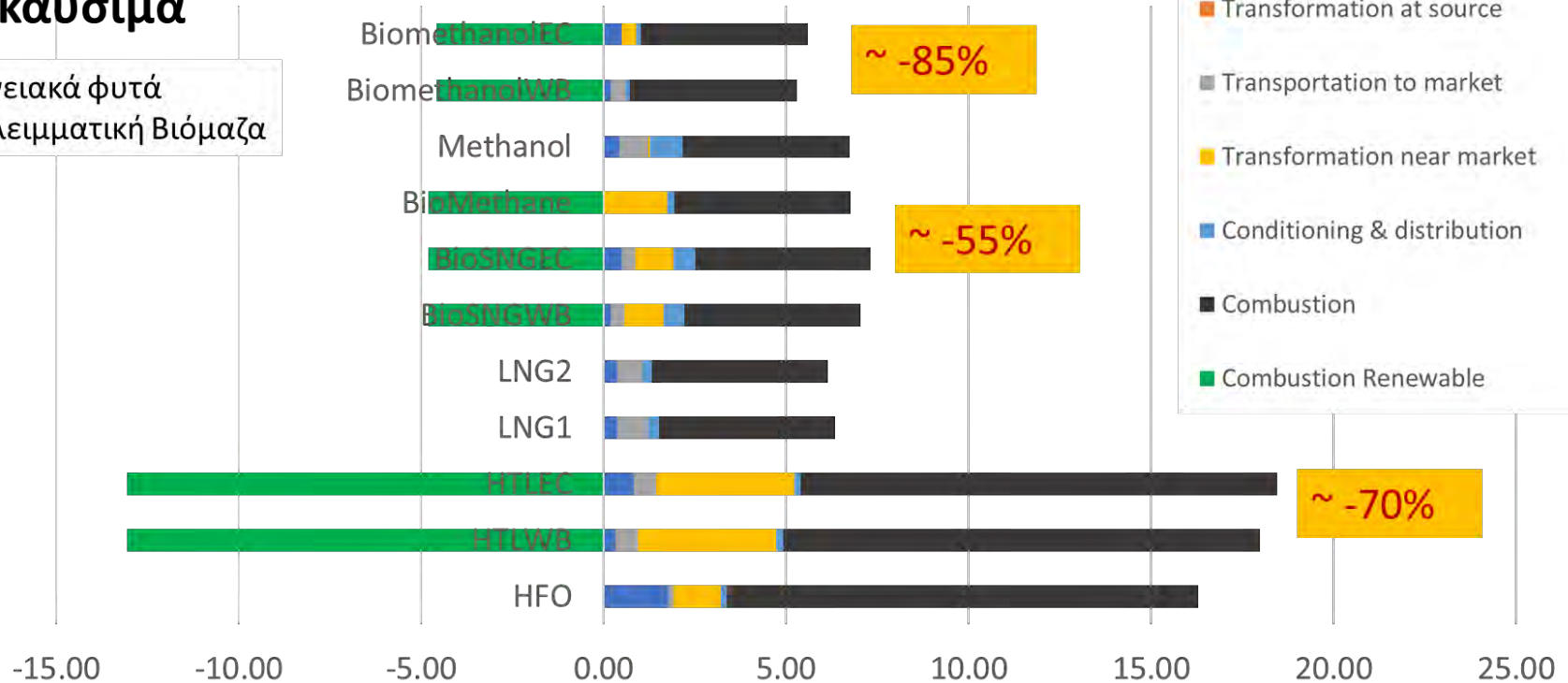
Περιβαλλοντικά αποτυπώματα εκπομπών και καυσίμων

Συμβατικά καύσιμα & Βιοκαύσιμα

Well-to-Propeller CO2 eq emission (t/h)

- Production & conditioning at source
- Transformation at source
- Transportation to market
- Transformation near market
- Conditioning & distribution
- Combustion
- Combustion Renewable

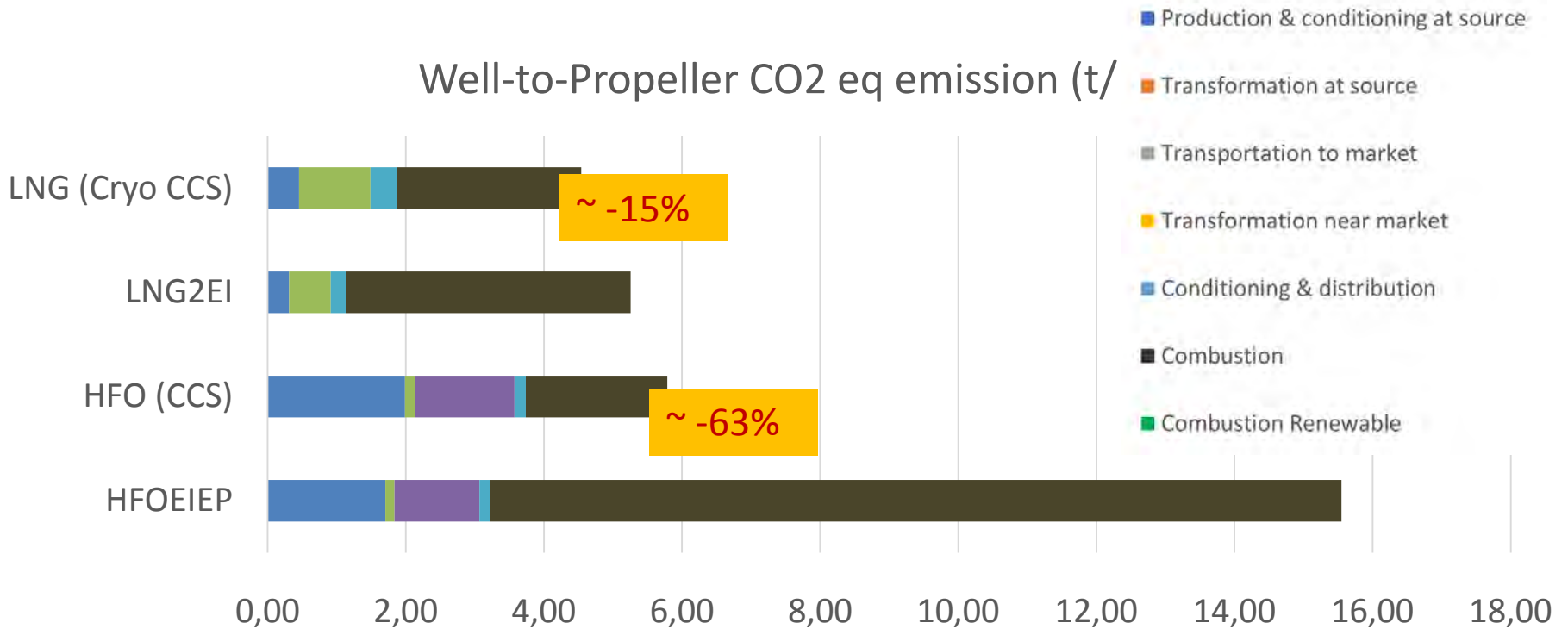
EC: Ενεργειακά φυτά
WB: Υπολειμματική Βιόμαζα



Πόση διαφορά κάνει το CCS & CCU?

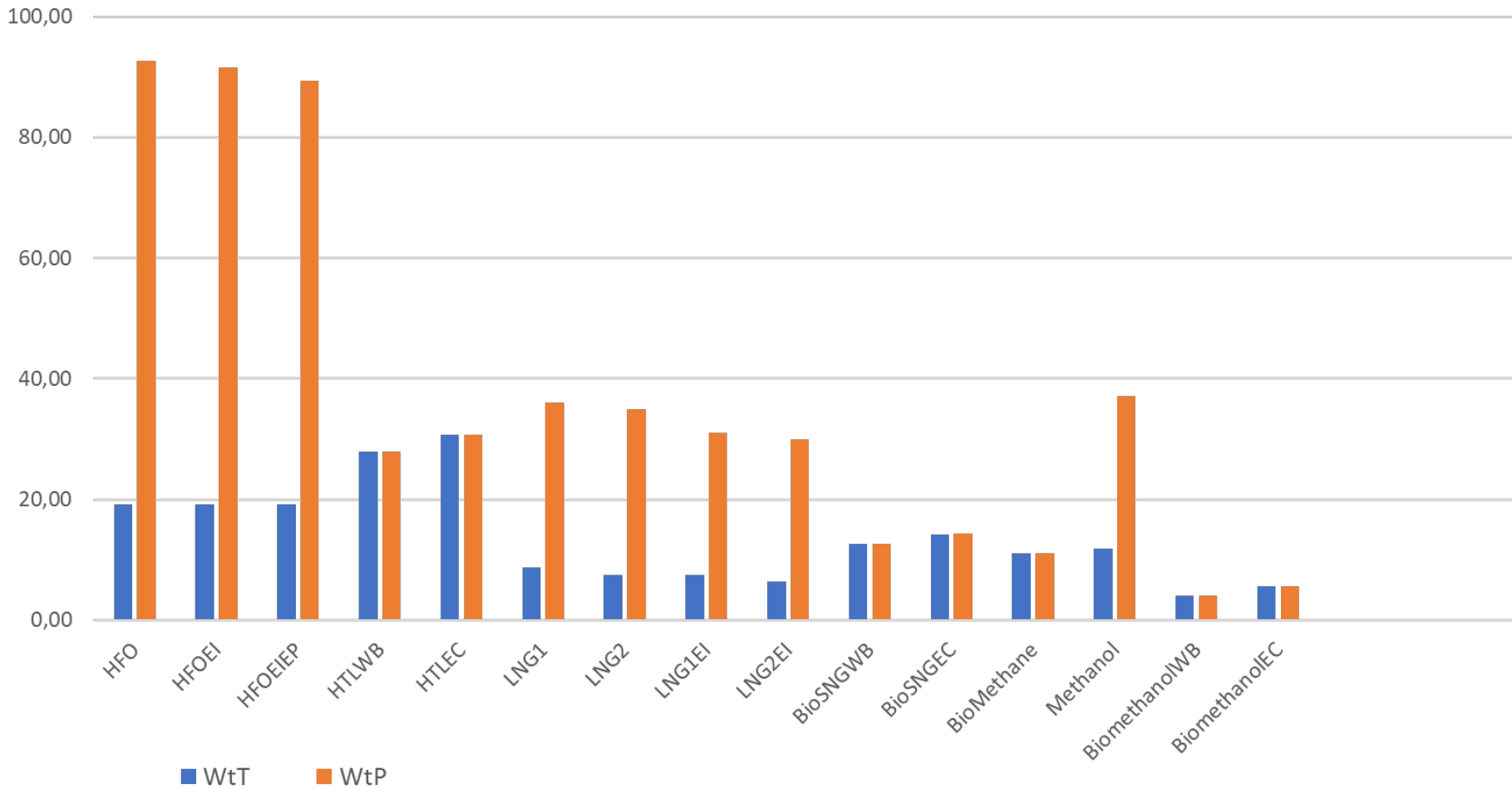
Περιβαλλοντικά αποτυπώματα εκπομπών και καυσίμων

Δυνητικός ρόλος του CCS



Ετήσιες εκπομπές

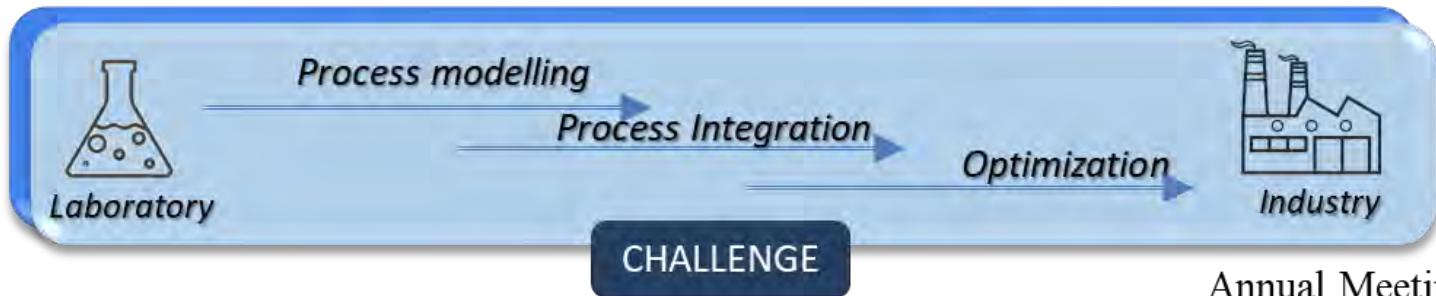
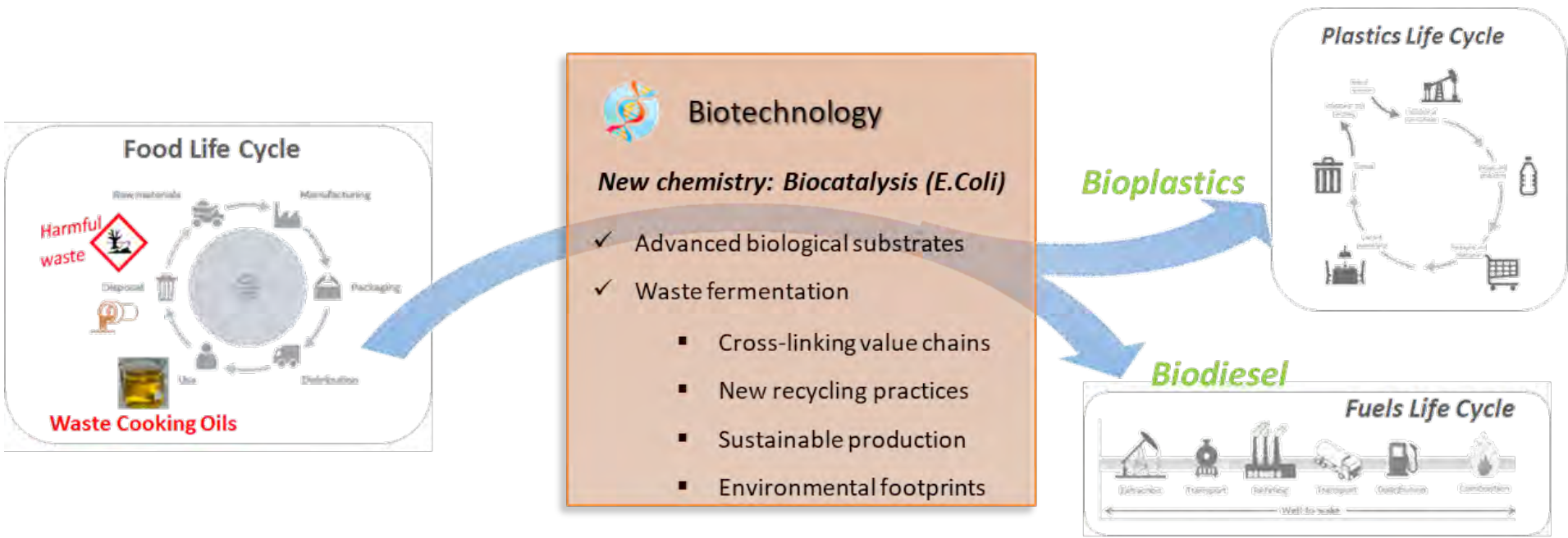
Annual CO₂e_q Emissions (kt/a)



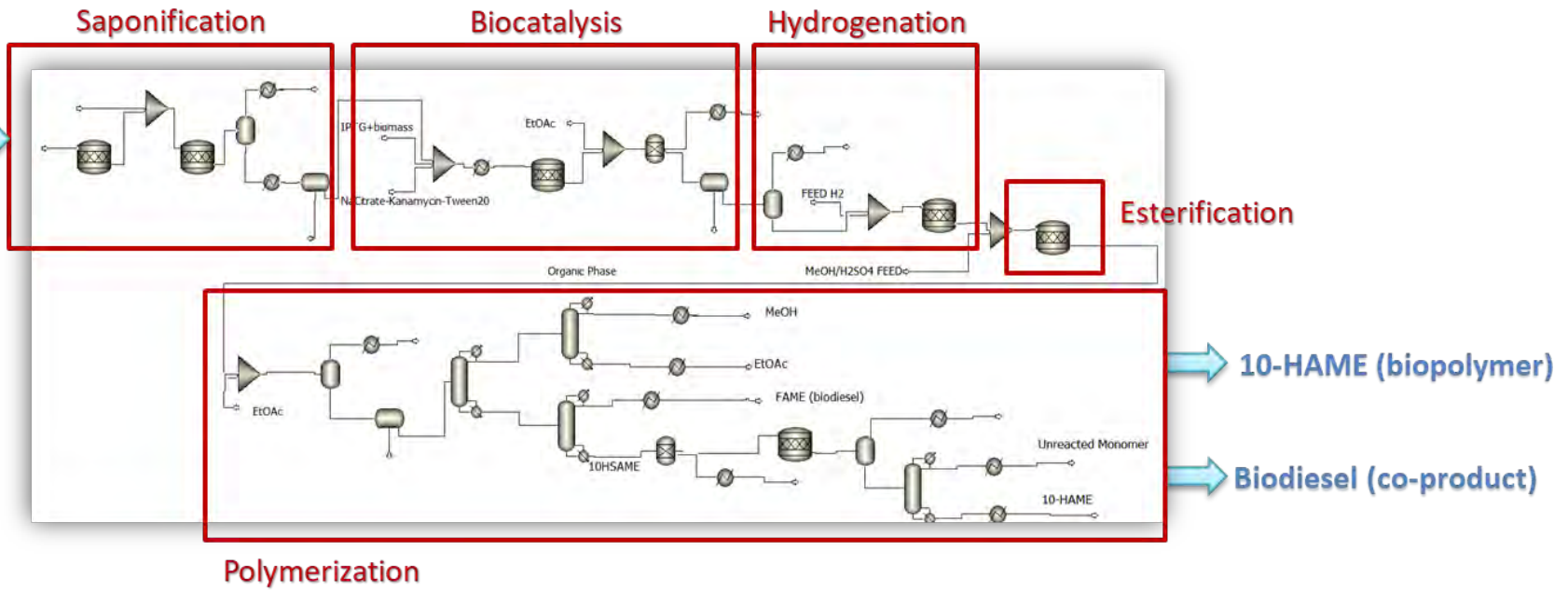
Παράδειγμα

Παραγωγή πλαστικών απο βιοαπόβλητα

Παράλληλη παραγωγή μονομερών (HA, κύριο προϊόν) και βιοντήζελ (παραπροϊόν)



Διάγραμμα ολοκληρωμένης εγκατάστασης



Income sources (Production)

- ❖ Bio-polymer: 11.2 ktn/yr
- ❖ Biodiesel: 17.6 ktn/yr

Financial Indications

- ❖ CAPEX: 141 M€
- ❖ OPEX: 65 M€/yr

For a depreciation period of 20 years
(Cost allocation strategy 34%-64% Biodiesel-Biopolymer)

	Proposed chemistry	Conventional production
Biopolymer PVC equivalent	1.66 €/ kg	1.80 €/ kg
Biodiesel	0.84 €/ kg	0.91 €/ kg

★ Improved prices by 8% ★

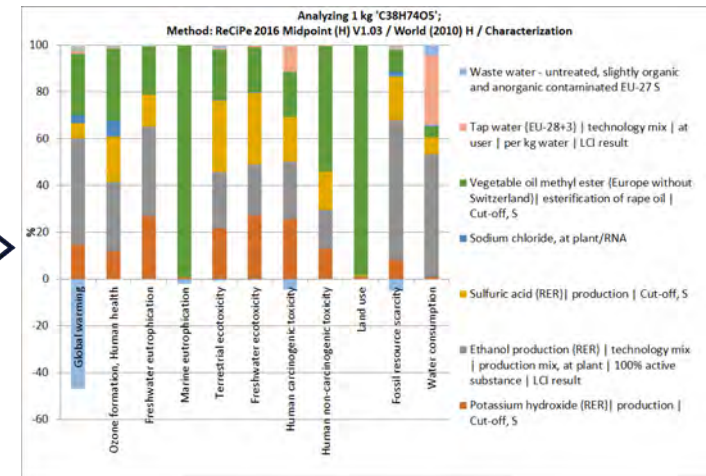
Results: Life Cycle Analysis (Gate-to-Gate)

Quantities of Inputs & Outputs

SimaPro

Inputs [kg/hr]		Outputs [kg/hr]	
Triolein	1,837	Tristearin	87
Trilinolein	750	Oleic acid	15
Tripalmitin	226	Linoleic acid	0.2
KOH	637	Palmitic acid	11
H2O	20,859	Stearic acid	20
ETHANOL	731	Potassium oleate	8.3
H2SO4	2,125	Potassium linoleic	3.4
NaCl	477	Potassium palmitate	22
Isopropyl β-d-1-thiogalactopyranoside	1.7	Potassium stearate	234
e.Coli	278	H2O	285,413
Polysorbate	0.0004	KHSO4	1027
Kanamycin	0.1	Glycerol	257
Sodium Citrate	25	10-Hydroxyl-stearic-acid	82
Ethyl Acetate	149	Methyl stearate	378
Methanol	408	Methyl palmitate	172
Energy [MW]	2.2	O2	24
		Poly-10-HA	1424
		Energy [MW]	9

- ✓ Mid- & End-point Environmental Indicators
- ✓ Ecoinvent database
- ✓ ReCiPe Method



Up to 30% less GHG emissions

- ✓ Bio-catalysis: 2.4 kg CO_{2,eq}/kg biopolymer
- ✓ Traditional fossil-based: 3.5 kg CO_{2,eq}/kg polymer

Παράδειγμα

Ηλεκτρικές συσκευές & αλυσίδες
καταναλωτικών προϊόντων

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής σαν επιχειρησιακό εργαλείο: εφαρμογές σε καταναλωτικά eco-labeling για προϊόντα & ηλεκτρικές συσκευές (MATHER)

MATHER CONSORTIUM PARTNERS



COORDINATOR

Provides the LIFE MATHER Tool requirements, data on manufacturing processes and data on products and components. It will also validate the tool with a sample of its products.



Replication focuses activities to involve EU companies for the LIFE MATHER tool validation. Socio economic impacts analysis and dissemination



IT development of the LIFE MATHER Tool including DBs integration. Knowhow and tool integration of principles of LCA and impacts on the environment and chemicals data.

Καταναλωτικά προϊόντα – μια διαφορετική προσέγγιση

- Σήμερα: κύρια διαφοροποίηση με βάση την τιμή, χωρίς σαφείς αναφορές σε οικολογικές επιδόσεις
- Κλιματική αλλαγή
 - Αναφορές στην ένταση της παραγωγικής διεργασίας και της χρήσης του προϊόντος
 - Στόχος - Προώθηση προϊόντων με περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα
- Εξάντληση πόρων
 - Αναφορά στις ενεργειακές επιδόσεις της κατασκευής, της χρήσης νερού, ποσοστό και είδος αποβλήτων που εξαντλούνται
 - Στόχος - Ενίσχυση οικονομικότερης παραγωγής (όχι σε όρους κερδοφορίας)
- Επιπτώσεις στη υγεία
 - Έκθεση εργατικού δυναμικού σε τοξικά, έκθεση στο εργατικό δυναμικό σε κίνδυνο
 - Στόχος – Ενίσχυση ασφαλέστερων όρων παραγωγής
- Περιβαλλοντικό αποτύπωμα κατά το τέλος της ζωής των προϊόντων
 - Δυνατότητες ανάκτησης και ανακύκλωσης υλικών
 - Περιορισμός επικίνδυνων και τοξικών
 - Στόχος – Ενίσχυση χρήσης ανακυκλούμενων υλικών

Διαμορφώνεται νέα καταναλωτική συνείδηση

Χαρακτηρισμός προϊόντων & Eco-labelling

- Ο χαρακτηρισμός προϊόντων και υπηρεσιών είναι θεσμοθετημένος
- Κατηγοριοποίηση με βάση ταξινομήσεις του International Standards Organisation (ISO):
 - Ecolabelling – μεγαλύτερη αξία
 - Type II – αυτοπροσδιοριζόμενος χαρακτηρισμός (self-declaration claims) ποσοτικών επιδόσεων
 - Type III – αναφορά σε γενικόλογες περιβαλλοντικές επιδόσεις (environmental declarations, report cards/information labels)
- Έκθεση ποσοτικών στοιχείων: απαραίτητη για eco-labelling, απλά επιθυμητή για τις άλλες κατηγορίες
- AKZ – γενικευμένα αποδεκτό πλαίσιο αναφοράς

Βασική ιδέα

Προώθηση και χρήση ΑΚΖ σαν εργαλείο με ένα σκοπό

- **Επιχειρησιακό εργαλείο & eco-labeling**

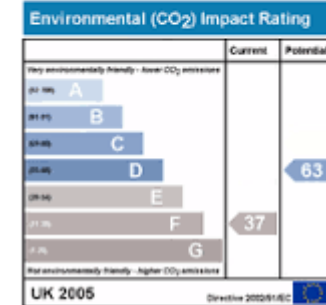
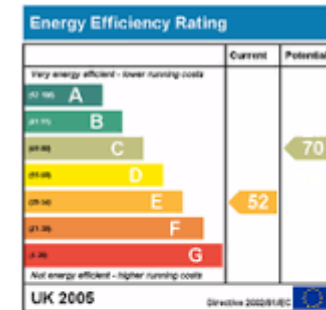
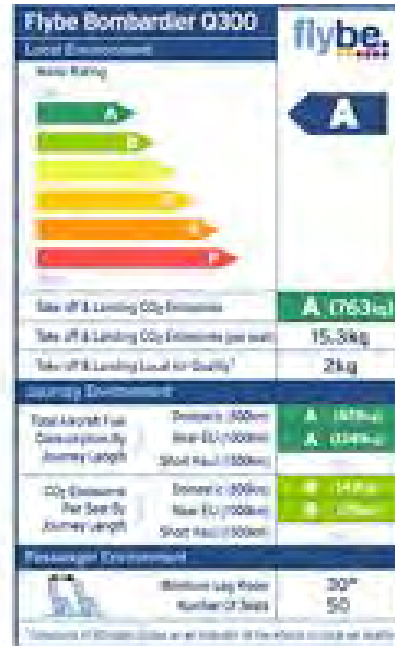


- Σαν οδηγό βελτιστοποίησης και καθοδήγησης παραγωγικής διεργασίας (**reengineering**) σε οικολογικά καταναλωτικά προϊόντα



Eco-labelling: προηγούμενη εμπειρία

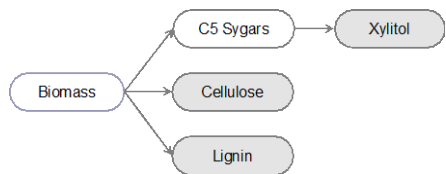
- Έχει θεσμοθετηθεί ήδη για το χαρακτηρισμό επιδόσεων ηλεκτρικών συσκευών στη χρήση τους



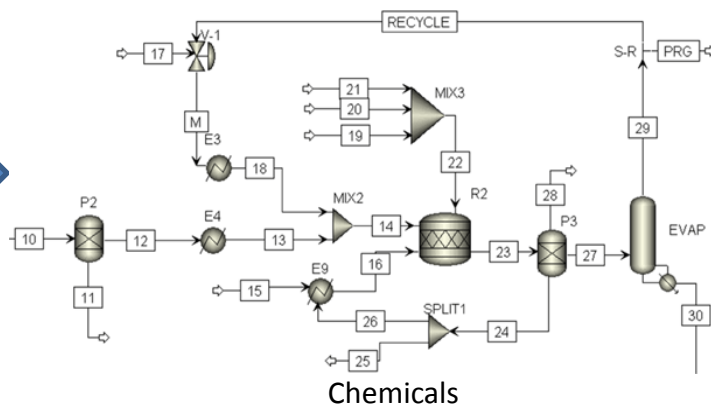
- Δεν έχει θεσμοθετηθεί καθόλου
 - Χαρακτηρισμός της παραγωγικής διεργασίας
 - Η χρήση και ανακυκλωσιμότητα των υλικών που απαιτούνται

AKZ και παραγωγική διαδικασία

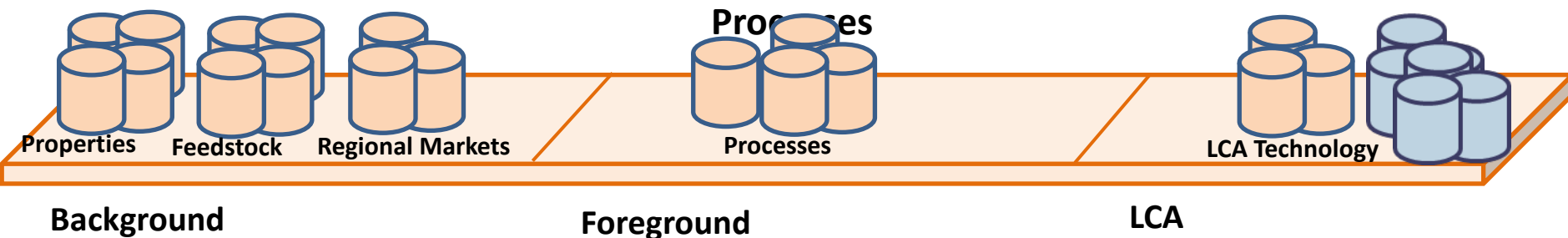
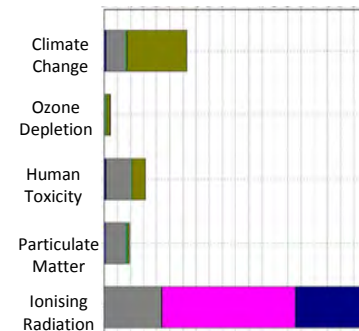
Background system



Foreground system



LCA performance



Διαθέσιμα δεδομένα: περίπτωση blender

- **Bill of materials (BoM)**

Items of the appliance through assembly

- Item → Component → Material
- e.g. Motor → rotor → steel

- **Full material disclosure (FMD)**

Construction material & source

- Item → Component → Material
- Material → Substance
- e.g. Motor → rotor → steel
- Steel → silicon, iron

- **Δεδομένα παραγωγικής διεργασίας**

Διαθέσιμα απο τις βιομηχανικές μονάδες που παράγουν τις συσκευές

- Natural gas, electricity, Municipal water, Wastewater, wastes



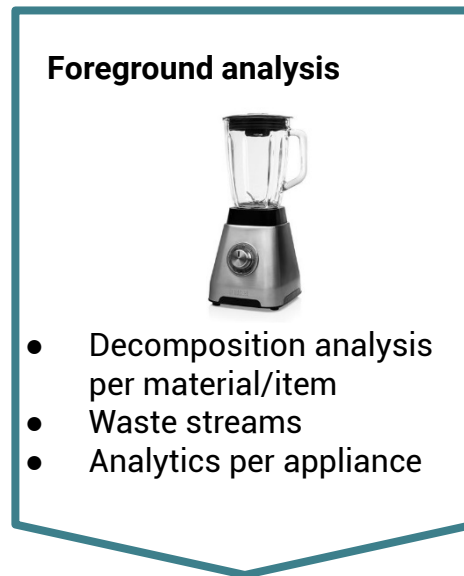
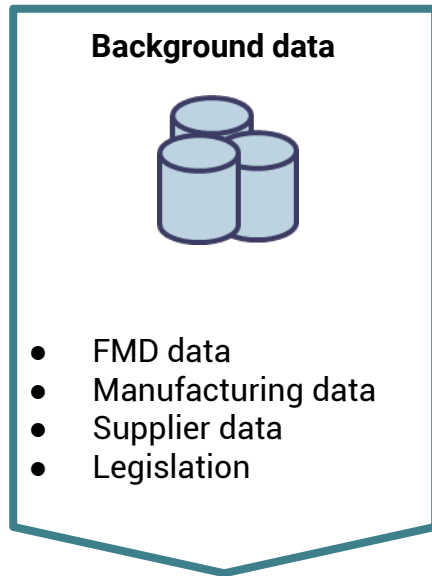
Η αξιοποίηση δεδομένων που διευκολύνεται (και αυτοματοποιείται) απο εγκατεστημένα ERPs

The MATHER sustainability workflow

Background system

Foreground system

LCA performance



Consumer products



Background

Foreground

LCA

Πηγές ανοικτών δεδομένων

- Επαγγελματικούς σύνδεσμούς
 - υλικά, διεργασίες, ενεργειακές ανάγκες
 - ασφάλεια, υγεία
- Ανοικτές βάσεις ΑΚΖ
- Βιβλιογραφικές αναφορές
- Εμπορικό λογισμικό
 - Πρωτογενή δεδομένα (materials & processes)
 - Impact indicators
 - Mid and endpoint calculations
- Widely used in Europe: Gabi, SimaPro
- US based: USLCI database

MATHER LCA tool

LCA Performance

Process ⓘ
Select an option ▼

Manufacturing Data ⓘ

Input Flow ⓘ ⓘ
Select an option ▼

Output Flow ⓘ ⓘ
Select an option ▼

Completed ⓘ

BoM / FMD Data ⓘ

Item ⓘ ⓘ
Select an option ▼

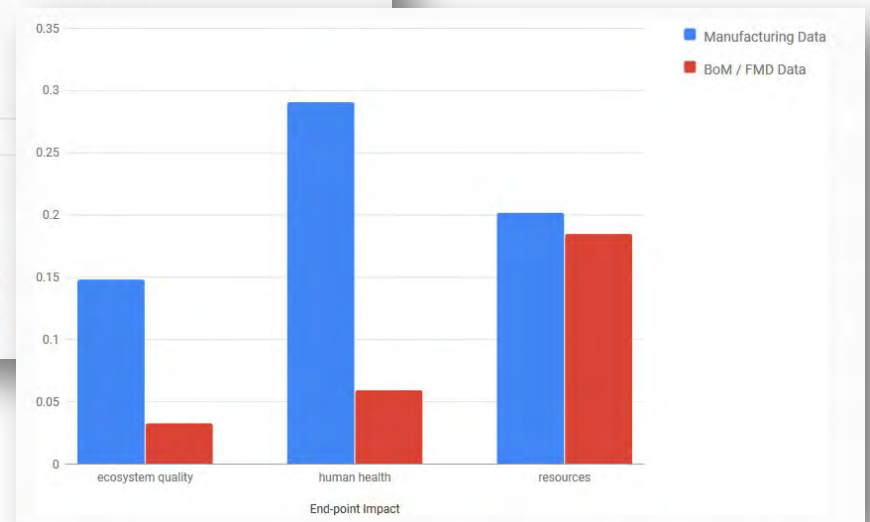
Component ⓘ ⓘ
Select an option ▼

Material ⓘ ⓘ
Select an option ▼

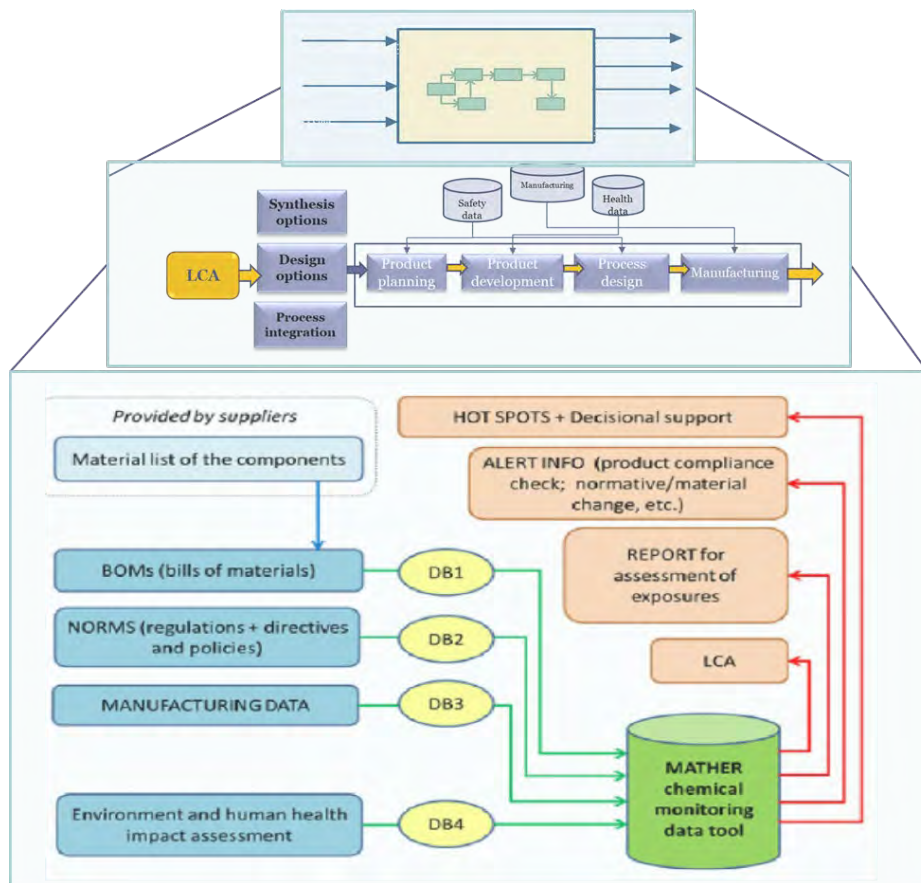
Completed ⓘ Completed ⓘ Completed ⓘ

Calculate ⚙️

Clear all 🗑️



Διαμορφωμένο πλαίσιο διαχείρισης – προοπτικές AI για στήριξη αποφάσεων



Capture external data &
knowledge

Integrate data with internal
databases

Enable reasoning and
screening

Παράδειγμα

Βιοδιυλιστήρια πρώτης γενιάς και
ολοκληρωμένες εγκαταστάσεις βιοδιυλιστηρίων

Αξιοποίηση περιθωριακής γης για την παραγωγή Βιομηχανικών καλλιεργειών πρώτης γενιάς



Στόχος: Αξιολόγηση εναλλακτικών επιλογών καλλιεργειών και αξιακών αλυσίδων που σχετίζονται με αυτές

Μεθοδολογία: Ολοκληρωμένη προσέγγιση ΑΚΖ, για την οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική αποτίμηση της βιωσιμότητας κι αειφορίας συγκεκριμένων αξιακών αλυσίδων

Πεδίο εφαρμογής: Χώρες της ΕΕ

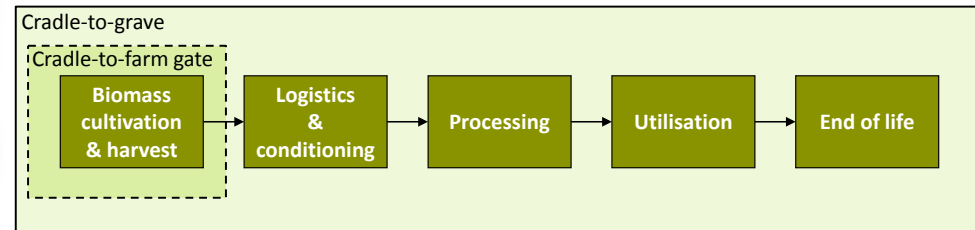
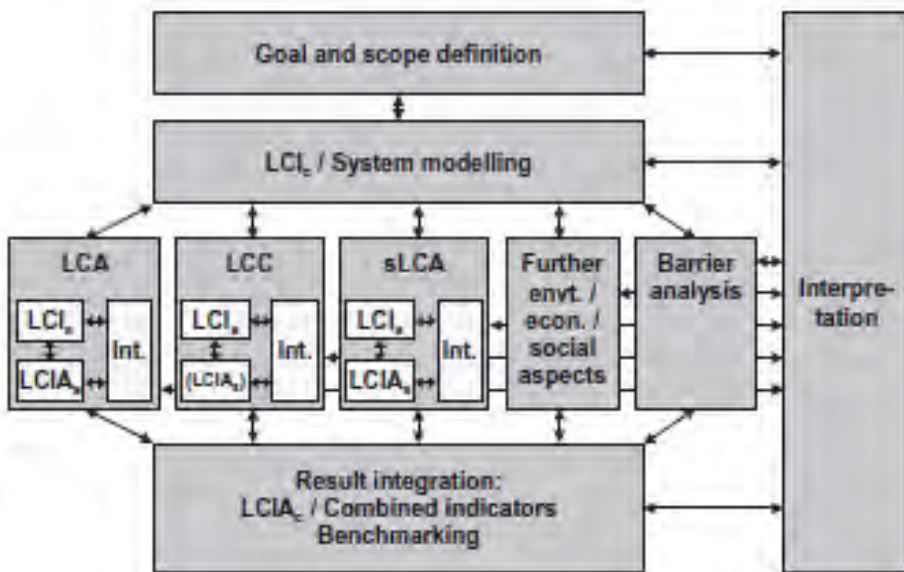
Έργο: EU funded project “MAGIC: Marginal lands for Growing Industrial Crops” (2017-2021)

Crop	Conversion technology	Main products ¹
Miscanthus	Pyrolysis	Energy (industrial heat)
Poplar	Gasification	Energy (SNG)
Switchgrass	Fermentation	Ethanol
Willow	Pyrolysis	Biochemicals (biotumen)
Safflower (high oleic)	Oxidative cleavage	Azelaic and pelargonic acid
Camelina (high oleic)	Metathesis	Methyl decenoate
Castor	Alkaline cleavage	Sebacic acid
Industrial hemp	Mechanical processing	Insulation material
Sorghum	Anaerobic digestion	a) heat & power b) biomethane
Lupin	Extraction	Adhesives

https://magic-h2020.eu/wp-content/uploads/2022/05/D6.7_Report-on-Economic-Analysis.pdf

Μεθοδολογία

Integrated life cycle sustainability assessment (ILCSA)



https://magic-h2020.eu/wp-content/uploads/2022/05/D6.7_Report-on-Economic-Analysis.pdf

Σύστημα αναφοράς

- Συμβατικό σύστημα παραγωγής – ορυκτά καύσιμα
- Συμβατικό σύστημα γεωργικής παραγωγής – αγροτική γη

Ενδεικτικά αποτελέσματα

Value chain	Biodiversity & Landscape	Wastes production	Soil Quality	Water Use
Industrial heat from Miscanthus	0	0	+++	-
SNG from poplar	+	-	++	0
Ethanol from switchgrass	--	-	+	---
Biotumen from willow	+	0	++	-
Organic acids from safflower	-	---	---	-
Sebacic acid from castor oil	---	---	-	-
Adhesives from lupin	-	--	---	---
Insulation material from hemp	-	0	0	--
Biogas/biomethane from sorghum	--	-	0	-

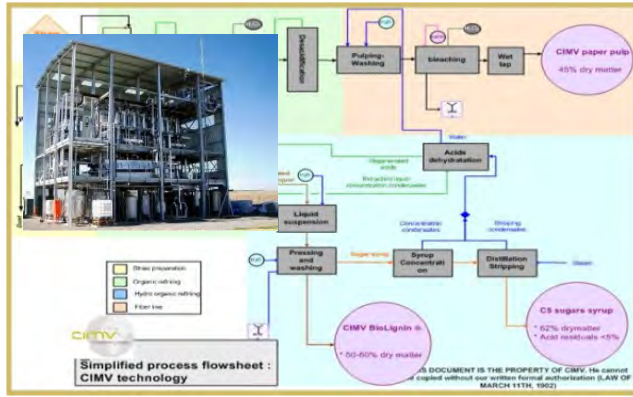
0 Similar to idle land

- / -- / --- Compared to idle land increases the impact buy a small, medium and high amount

+ / ++ / +++ Compared to idle land reduces the impact buy a small, medium and high amount

Indicator	Unit	MAGIC scenarios								
		Miscanthus — Industrial heat			Poplar — SNG			Switchgrass — Ethanol		
		C1	C2	Std	C1	C2	Std	C1	C2	Std
Environment: LCA										
Non-renewable energy use (NREU)	GJ / (ha-yr)	-114	-140	-204	-16	-32	-48	-34	-50	-67
Climate change	t CO ₂ eq / (ha-yr)	-8,5	-6,9	-10,5	-0,5	-1,9	-3,3	-1,2	-2,3	-3,4
Acidification	kg SO ₂ eq / (ha-yr)	10	13	16	12	25	37	11	17	23
Eutrophication, terrestrial	kg PO ₄ eq / (ha-yr)	2,4	2,9	4,3	2,0	4,2	5,4	2,1	3,2	4,3
Eutrophication, freshwater	kg PO ₄ eq / (ha-yr)	1,1	1,3	1,6	0,9	1,4	1,9	1,8	2,4	3,0
Ozone depletion	g CFC-11 eq / (ha-yr)	41	50	74	11	24	37	41	62	83
Particulate matter	kg PM2.5 eq / (ha-yr)	10	13	18	12	25	38	7	11	14
Summer smog	kg NMVOC eq / (ha-yr)	11	14	20	12	25	38	5	7	10
Phosphate rock use	kg phosphate rock eq / (ha-yr)	45	55	79	37	72	108	190	284	378
Land use	m ² all-req · a / (ha-yr)	3750	3750	3760	2560	2660	2730	3780	3790	3800
Environment: LC-EA										
Water	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-
Soil	-	++	++	++	++	++	++	+	+	+
Biodiversity & landscape	-	+	+	0	+	+	+	-	-	-
Wastes production	-	+	+	0	-	-	-	-	-	-
Economy										
Feedstock costs	€ / t _{DM}	105	93	81	153	92	80	105	84	76
Payback Period	years	18+	15+	13+	20+	20+	20+	20+	20+	20+
NPV	million €	-13,2	-8,1	-3,3	-200,9	-147,5	-137,0	-238,1	-168,7	-142,2
IRR	%	1%	2%	4%	<-40%	<-30%	-21%	<-40%	<-30%	-11%
Profitability Index (PI)	-	0,6	0,8	0,9	-0,5	-0,1	0,0	-0,6	-0,1	0,1
Return on Equity	%	2%	4%	6%	-146%	-16%	-12%	-105%	-11%	-5%
Society										
Working conditions	-	-	-	++	-	-	+	-	-	++
Innovation	-	++	++	+	++	++	+	++	++	++
Natural resources	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
Rural development	-	++	++	0	++	++	0	++	++	0
Governance	-	++	++	++	+	+	+	+	+	+
Sustainable employment	-	+	+	-	++	++	-	++	++	-

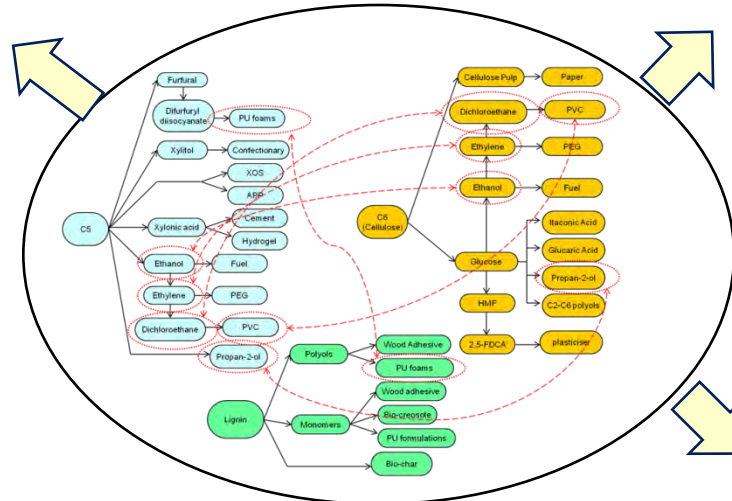
Γαλλική τεχνολογία αξιοποίησης βιόμαζας



- Bulk chemicals: C6, C5, lignin
- Feedstocks: wheat straw, corn stover, rice, bagasse, hardwood
- 85 different products and chemistries



C6 Sugars - Cellulose		
Ranking	Product Name	Price €/tn
1	Polyamide_1	4000
2	Polyester	7523
3	Polyamide_1	4000
4	HMF_1	5000
5	Propan-2-ol	1667
6	Polyacrylate	1971
7	PEIF	1079
8	Pulp	550
9	Polypropylene1	970
10	Wood Adhesive 1	500
11	PEF	1079
12	Ethylene_Glycol	800
13	Dichloroethane1	442
14	Bio_PVC1	681
15	2_6_FDCA Ester	622
16	Glucose	373
17	Sorbitol	583
18	Ethanol1	560
19	Ethylene1	906
20	Isosorbite	502
21	2G sorbitan_esters	502



C5 Sugars		
Ranking	Product Name	Price €/tn
1	Xyloonic Acid	61370
2	1,2,4-Butanetriol trinitrate	90000
3	Difurfuryl diisocyanate	15000
4	XOS	8500
5	Xylitol	3500
6	APP	2500
7	Hydrogel	1888
8	Bio_Polyester	1483
9	XB_polyester	1750
10	New_Polyamide	1000
11	Dichloroethane2	442
12	Bio_PVC2	681
13	Wood Adhesive2	360
14	C5 fraction	360
15	Ethanol2	560
16	Ethylene3	906
17	Polypropylene2	970
18	Furfural	597
19	Propylene2	930

Lignin		
Ranking	Product Name	Price €/tn
1	Lignin Castor Oil	4200
2	BIO_PU_Coating	10000
3	RF Resin	1076
4	Aromatic Polyols	1620
5	Vanillin	12000
6	Activated Carbon	2093
	Phenolic oligomers	800
7	Phenolic monomers	1750
	Carbon Black	835
8	Phenolic oligomers	1076
	Bio Char	109
	Pyrolysis Oil	

- Scope for savings: bulk products
- Scope to expand: products and feedstocks
- Scope to integrate production paths of bulk and specialties

Συνδυασμός ΤΕΑ και ΑΚΖ

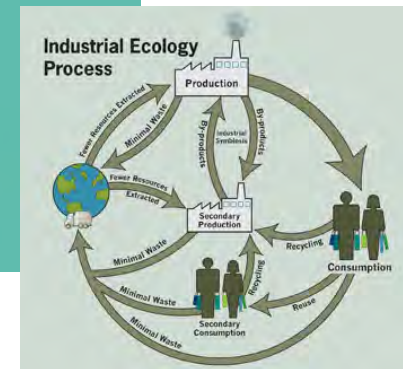
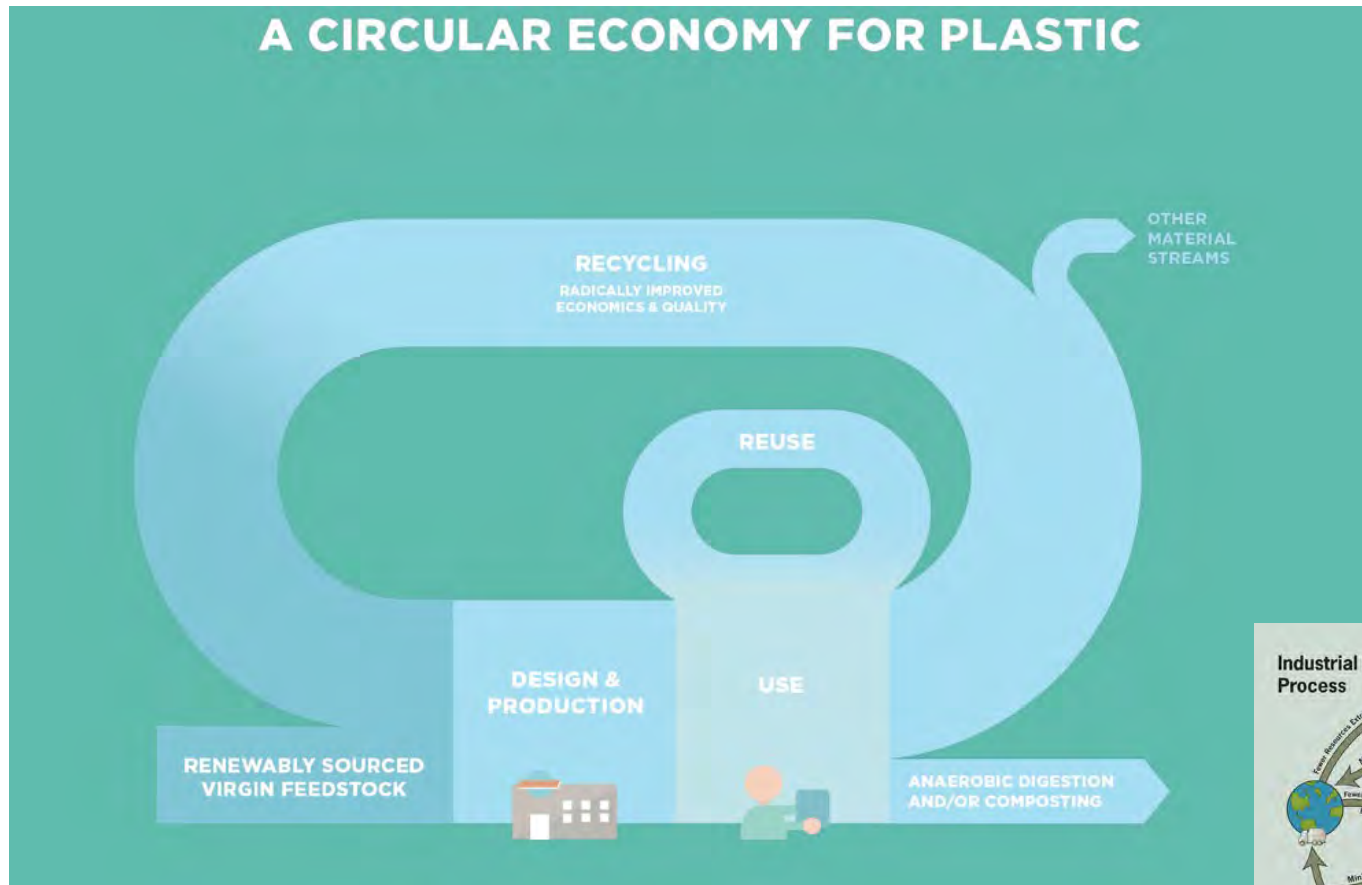
Cellulose								
Product name	Economic					Greenhouse gases		
	Rank (Econ)	Plant profit	Profit [%]	Price €/t	CAPACITY t/y	Rank (GHG)	GHG balance t CO ₂ eq. / t	Reference product t CO ₂ eq. / t
Polyamide_1	1	2,76E+07	110	4000	32400	1	-4,8	-6,4
Polyester_1	2	2,66E+07	106	7523	23760	12	-0,4	-2,7
Polyamide_2	3	2,64E+07	105	4000	39420	5	-2,3	-6,4
HMF_2	4	2,63E+07	105	5000	30000			
Propan_2_ol_1	5	2,57E+07	102	1667	55800	7	-0,7	-1,9
Polyacrylate	6	2,55E+07	101	1971	34200	2	-3,4	-6,8
PEIF	7	2,53E+07	100	1079	41310	14	-0,2	-1,8
PEF	8	2,52E+07	100	1079	33480	8	-0,6	-2,7
Pulp	9	2,52E+07	100	550	75000	19	0,4	-0,4
Polypropylene_1	10	2,52E+07	100	970	39060			
Wood_adhesive2	11	2,52E+07	100	500	75000	3	-3,4	-4,2
bioPVC1	12	2,51E+07	100	681	68428	21	0,5	-2,0
Glucose_2	13	2,51E+07	100	373	60000	16	0,2	-0,5
Ethylene_glycol	14	2,51E+07	100	800	39000	15	-0,1	-1,6
Ethylene_4	15	2,50E+07	99	906	19440	18	0,3	-1,4
2G_Ethanol_2	16	2,50E+07	99	560	32400	10	-0,5	-2,2
Dichloroethane_4	17	2,50E+07	99	443	68429			
2_5_FDCA_ester	18	2,49E+07	99	622	37800	9	-0,5	-2,6
Isosorbide	19	2,49E+07	99	502	33314			
Sorbitol_2	20	2,49E+07	99	583	32250	20	0,4	-0,5
2G_sorbitan esters	21	2,48E+07	99	502	33282			
Itaconic acid for polyamide						4	-3,2	-6,4
Itaconic acid for SB rubber						6	-1,0	-2,9
Polyester_1						11	-0,4	-1,8
Polyester_1						13	-0,3	-1,8
Glucarate_2						17	0,2	-0,5

Lignin								
Product name	Economic					Greenhouse gases		
	Rank (Econ)	Plant profit	Profit [%]	Price €/t	CAPACITY t/y	Rank (GHG)	GHG balance t CO ₂ eq. / t	Reference product t CO ₂ eq. / t
Bio_PU_coatings	2	2,64E+07	117	10000	39000	4	-2,1	-2,8
Lignin_based_PF_resin	3	2,60E+07	115	1076	343980	2	-22,9	-4,2
Aromatic_polyols	4	2,31E+07	103	1620	39000			
Vanillin	5	2,29E+07	102	12000	3900		?	?
Activated_carbon	6	2,27E+07	101	2093	5742	6	-0,2	-2,4
Phenolic_oligo_monomers	6	2,27E+07	101	1076	10951			
Carbon_black	7	2,25E+07	100	835	5742	5	-0,2	-2,4
Phenolic_monomers	7	2,25E+07	100	1750	892			
Phenolic_oligomers	7	2,25E+07	100	800	5563			
Lignin as basis for PF resin						3	-3,2	-3,9
Pyrolysis oil as wood preservative						7	-0,3	-1,6
Bio_char_2	-			109		8	0,1	-0,4

C5 Sugars								
Product name	Economic					Greenhouse gases		
	Rank (Econ)	Plant profit	Profit [%]	Price €/t	CAPACITY t/y	Rank (GHG)	GHG balance t CO ₂ eq. / t	Reference product t CO ₂ eq. / t
Xyloic_acid_2	1	2,76E+07	350	61370	70470	9	0,2	-0,5
1_2_4_butanetriol_trinitrate	2	2,08E+07	264	90000	14515	1	-2,9	-8,4
Difurfuryl_diisocyanate	3	1,09E+07	138	15000	21384	3	-1,7	-4,1
XOS	4	9,72E+06	123	8500	23040	12	0,6	-0,1
Bio_xylitol	5	8,59E+06	109	3500	25200		?	?
APP	6	8,43E+06	107	2500	27720	6	-0,1	-2,3
Name_VTT (Hydrogel)	7	8,37E+06	106	1888	32400			
Bio_polyester	8	8,24E+06	104	1483	32400			
Xylitol_based_polyester	9	8,20E+06	104	1750	25200			
New_polyamide	10	7,90E+06	100	1000	18475	2	-2,1	-6,0
C5_fraction	11	7,89E+06	100	360	36000		(?)	-1,1
Polypropylene	12	7,85E+06	99	970	10080	8	0,1	-2,0
Ethanol_2	13	7,85E+06	99	560	18000	5	-0,3	-2,2
Ethylene_2	14	7,84E+06	99	906	10800	10	0,3	-1,4
Propylene_2	15	7,84E+06	99	930	10080			
bioPVC	16	7,83E+06	99	681	22429	11	0,4	-2,0
Dichloroethane_2	17	7,82E+06	99	433	38016			
Furfural_2	18	7,82E+06	99	579	15840	7	-0,1	-1,8
Wood_adhesive 1,2,4-butanetriol	19	7,72E+06	98	360	36000	4	-0,3	-4,1

- LCA extended beyond GHG
- Instead of Pareto, threshold analysis to prune value chain
- Reduction of viable paths but still DOF to explore

Αειφορία και κυκλική οικονομία



- **Εναλλακτικές πρώτες ύλες**: ανανεώσιμες και επαναχρησιμοποιημένες
- **Παραγωγή** που ενισχύει κύκλους επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης
- Συμβιωτικές σχέσεις στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας και βιομηχανικής συμβίωσης

Ευχαριστώ!