



Research Fund  
for Coal & Steel



# Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures

Ανάλυση Κύκλου Ζωής  
για μεταλλικές κατασκευές

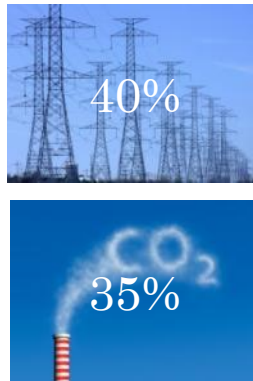




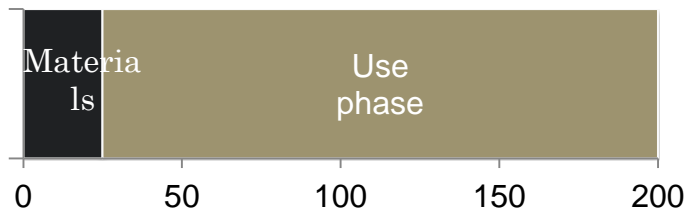
# Κατασκευαστικός τομέας



Στην Ευρώπη, ο  
κατασκευαστικός τομέας  
αντιστοιχεί σε:



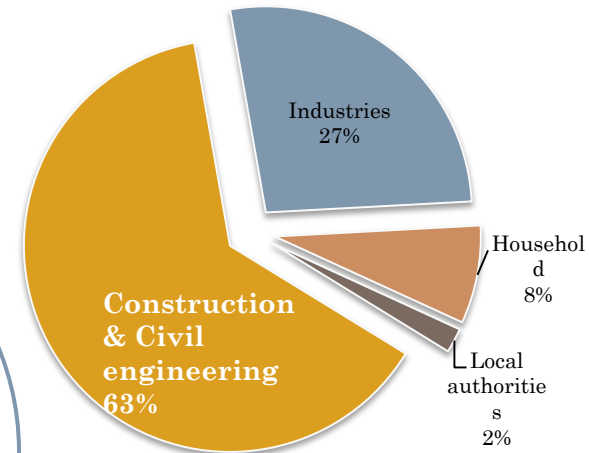
Κατανομή της  
κατανάλωσης ενέργειας  
ενός κτιρίου  
(kWh/m<sup>2</sup>.year)



Πολλές νέες έννοιες



Μερίδιο αποβλήτων στη Γαλλία



Ξοδεύουμε **90%** του  
χρόνου μας μέσα σε  
κτίρια



## 1) Βασικές έννοιες

- Αειφόρος ανάπτυξη και φιλοσοφία κύκλου ζωής
- Αξιολόγηση του κύκλου ζωής

## 2) Περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων

- Κλίμακες αξιολόγησης
- Περιβαλλοντικές Δηλώσεις Προϊόντων
- CEN TC350: Πλαίσιο, βασικές έννοιες
- Έμφαση στο module D

## 3) Περιβαλλοντική εκτίμηση του χάλυβα

- Ο κύκλος του χάλυβα
- Τα οφέλη της ανακύκλωσης



# Basic notions



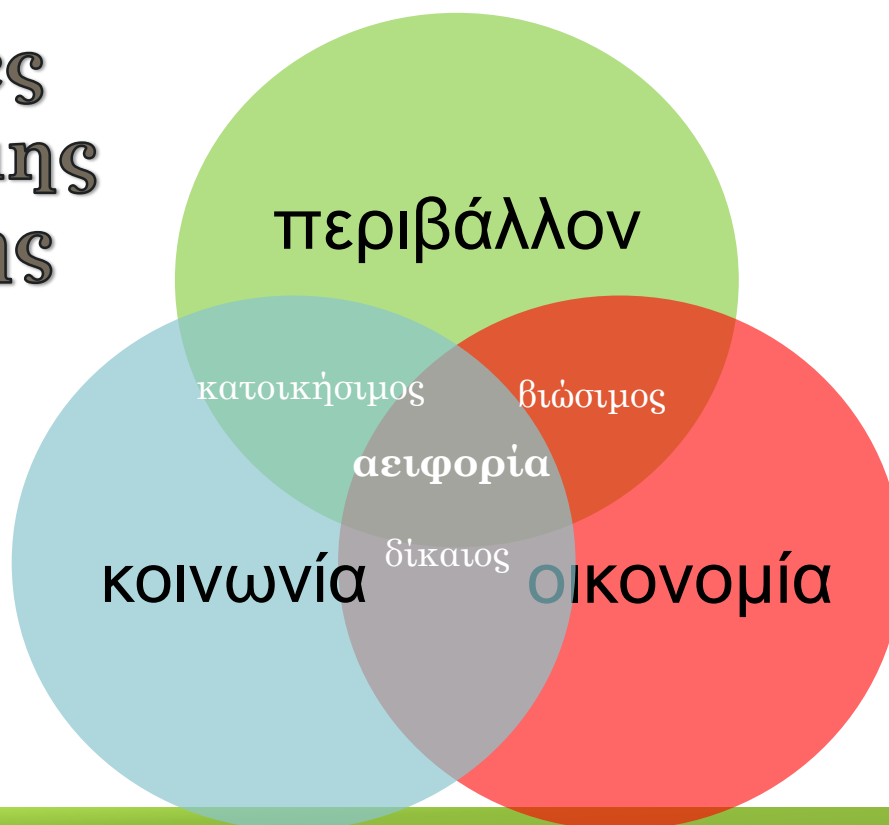
# Βιώσιμη ανάπτυξη

*“sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.”*

**Brundtlandt Report**

(World Commission on Environment & Development, 1987)

3 πυλώνες  
της βιώσιμης  
ανάπτυξης





# Γιατί είναι τόσο κρίσιμο;



- Κατανόηση και πρόβλεψη όπου το κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας θα μπορούσε να αυξηθεί στο μέλλον λόγω των περιβαλλοντικών ζητημάτων
- Κατανόηση σημείων όπου η αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να επηρεαστεί από κοινωνικά ζητήματα
- Επίδειξη της βιώσιμης αξίας των προϊόντων χάλυβα & λύσεων μέσω
  - Τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση χάλυβα
  - Τοπικές κοινωνικές επιπτώσεις στους stakeholders (νέες θέσεις εργασίας, κ.λπ.)
  - Κοινωνικές παροχές υλικών προϊόντων (κονσέρβες, γέφυρες, κ.λπ.)
  - Ικανότητα για την ενσωμάτωση των πληθυσμών με χαμηλό εισόδημα στην αλυσίδα
  - ...
- Οι αποφάσεις του σήμερα σκιαγραφούν τα ζητήματα που θα έχουν να αντιμετωπίσουν οι μελλοντικές γενιές
- Η βιομηχανία του χάλυβα θα πρέπει να είναι μέρος της λύσης

*“The world cannot succeed without business as a committed solution provider to sustainable societies and ecosystems”*

**WBCSD President Bjorn Stigson**



- Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (εταιρεία ειδικών, ISO 14000)
- Πρωτόκολλο για τα Αέρια του θερμοκηπίου (GHG)
- Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ), LC Κοστολόγηση, Κοινωνική ανάλυση (προϊόν / υπηρεσία ειδικών)
- Eco-design, Design for X
- Αξιολόγηση Κινδύνων Υγείας, Ecosystem Risk Assessment
- Δείκτες (GRI, IBGN, οικολογικό αποτύπωμα ...)
- Cost-Benefit Analysis, Περιβαλλοντική Οικονομία
- ....



# Φιλοσοφία Κύκλου Ζωής



Ο τρόπος να εντοπίζονται πιθανές βελτιώσεις σε αγαθά και υπηρεσίες, με τη μορφή της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τη μειωμένη χρήση των πόρων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής.



Source: JRC





# Φιλοσοφία Κύκλου Ζωής: Γιατί?

1. Τοπική δράση vs παγκόσμιος αντίκτυπος
2. Μετατόπιση της ρύπανσης από ένα στάδιο του κύκλου ζωής σε κάποιο άλλο
3. Μετατόπιση της ρύπανσης από τη μια περιβαλλοντική επίπτωση σε άλλη



# 1 -Τοπική δράση vs παγκόσμιος αντίκτυπος



Τοπική  
δράση

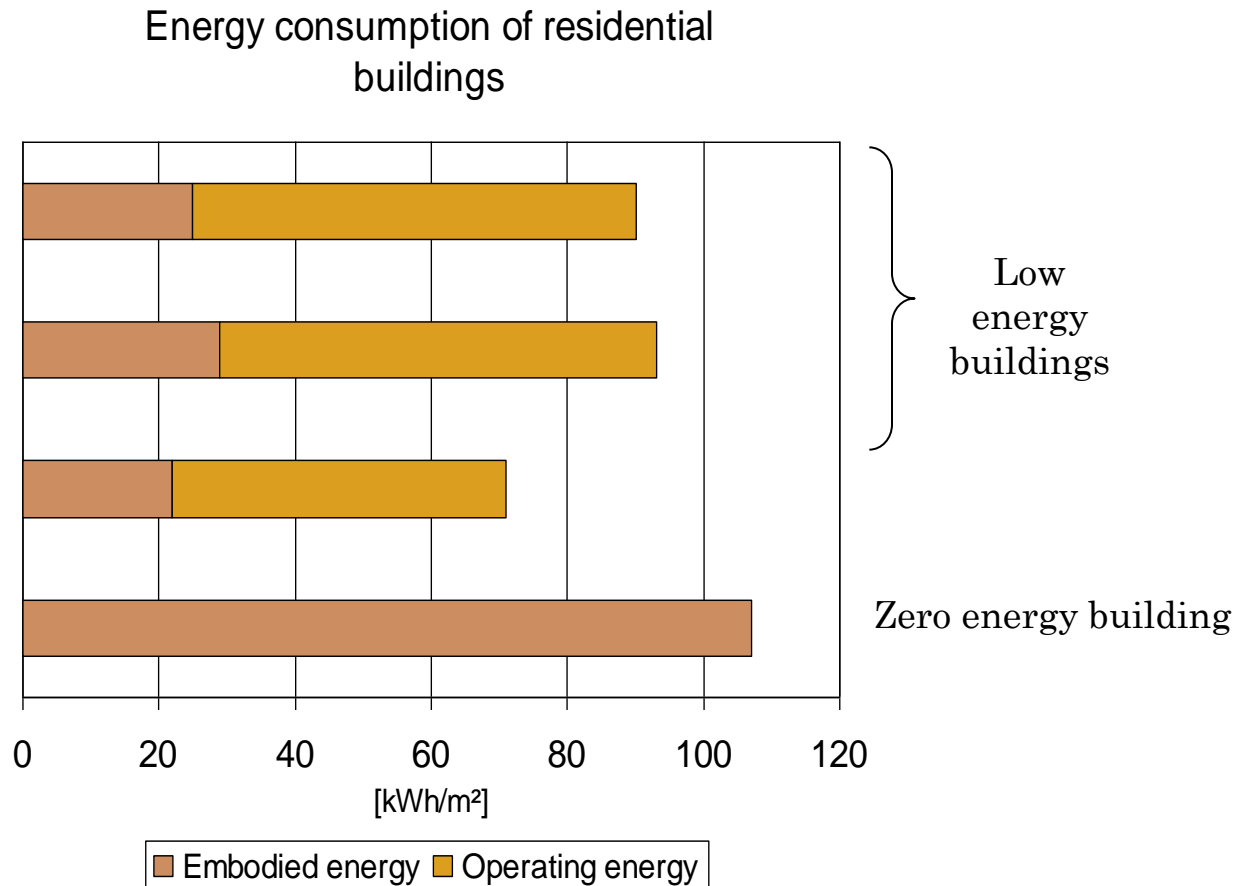


# 1 -Τοπική δράση vs παγκόσμιος αντίκτυπος





## 2 – Μετατόπιση της ρύπανσης από ένα στάδιο του κύκλου ζωής σε κάποιο άλλο

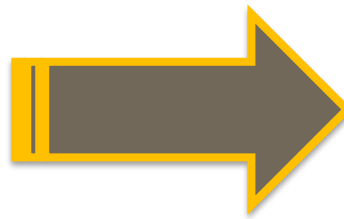


Source: Energy and Buildings 42 (2010) 1592–1600



# 3 – Μετατόπιση της ρύπανσης από τη μια περιβαλλοντική επίπτωση σε άλλη

**Αποτρέψτε να εκτοπίζονται  
τα περιβαλλοντικά προβλήματα!**



**Αλλά με άλλες  
εκπομπές**



- **Ορισμός**

Αναλύει τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας για την παραγωγή του, τη φάση χρήσης και της διάθεσης του (τέλος της ζωής).

- **Οφέλεις**

- **Εσωτερικές**

- Ανίχνευση στρατηγικών κινδύνων και περιβαλλοντικών ζητημάτων
    - Ανάπτυξη βιώσιμων προϊόντων βασιζόμενα σε περιβαλλοντικές πληροφορίες  $\Rightarrow$  οικολογικός σχεδιασμός
    - Επικοινωνία με την πολιτική και τις αρχές

- **Εξωτερικές**

- Βελτίωση της εικόνας που οφείλεται οικολογικούς προβληματισμούς
    - Στήριξη περιβαλλοντικών καινοτομιών και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
    - Ανταγωνιστικό πλεονέκτημα από την ένταξη των περιβαλλοντικών ζητημάτων



# Ανάλυση Κύκλου Ζωής

Κατανάλωση  
πρώτων υλών



Κύκλος Ζωής Προϊόντος

Εξαγωγή  
πρώτων υλών

Μετατροπή  
υλικών

Παραγωγή  
προϊόντος

Φάση  
Χρήσης

Απόρριψη

Ανακύκλωση

Επαναχρησιμοποίηση

Εκπομπές και  
απόβλητα προς  
το περιβάλλον

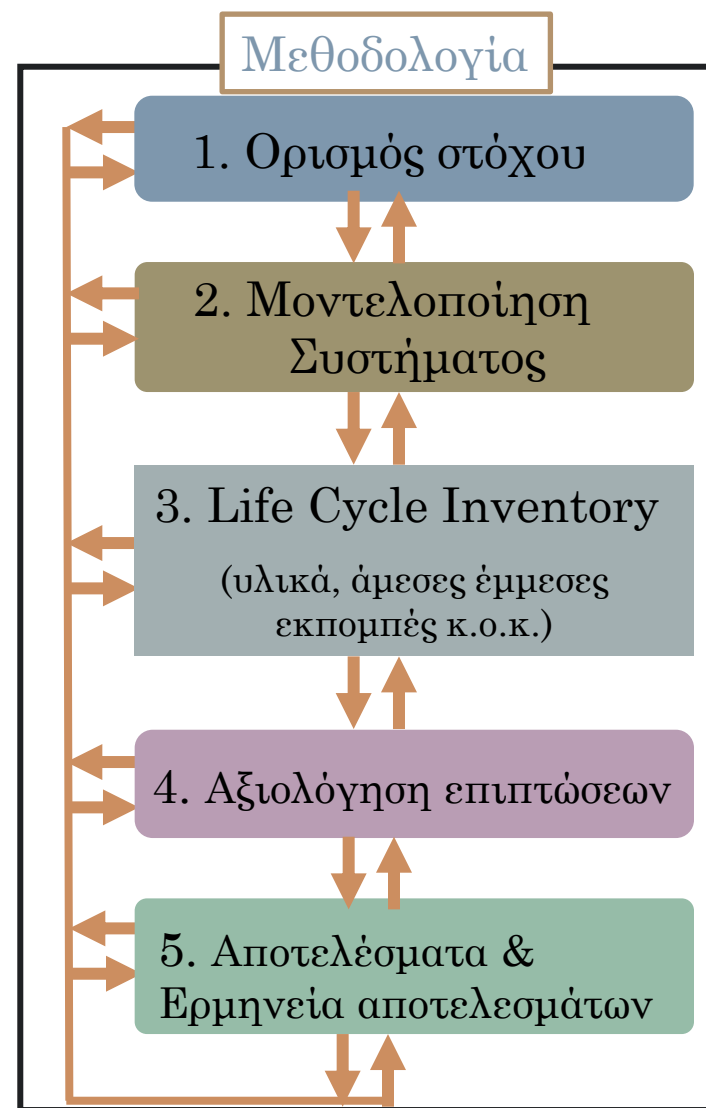






# Ανάλυση Κύκλου Ζωής

- Γενικευμένη μέθοδος, για όλα τα προϊόντα και τις υπηρεσίες, η οποία παρέχει περιβαλλοντικές πληροφορίες ακολουθώντας διεθνή πρότυπα (ISO 14040 and 14044)
- Αυτά τα πρότυπα δεν επιβάλλουν μια συγκεκριμένη μέθοδο για την κατανομή, τους δείκτες, τα όρια του υπό μελέτη συστήματος  $\Rightarrow$  μεγάλος βαθμός ελευθερίας
- Μια AKZ δεν αντιμετωπίζει
  - REACH
  - περιβαλλοντικούς κινδύνους
  - την ασφάλεια των εργαζομένων
  - Οικονομικά και κοινωνικά ζητήματα
  - Αποτύπωμα άνθρακα των Εταιρειών

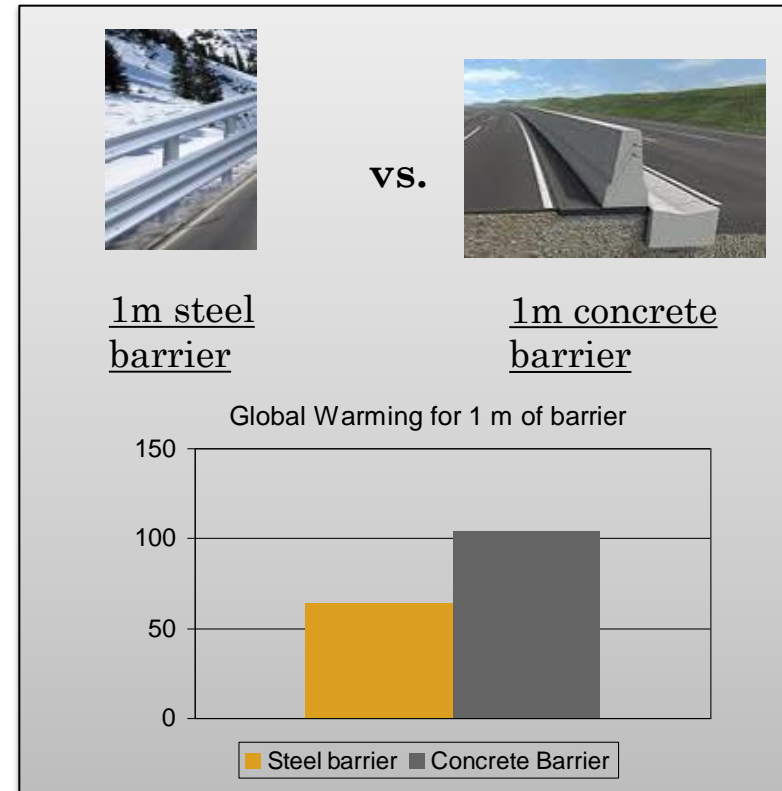
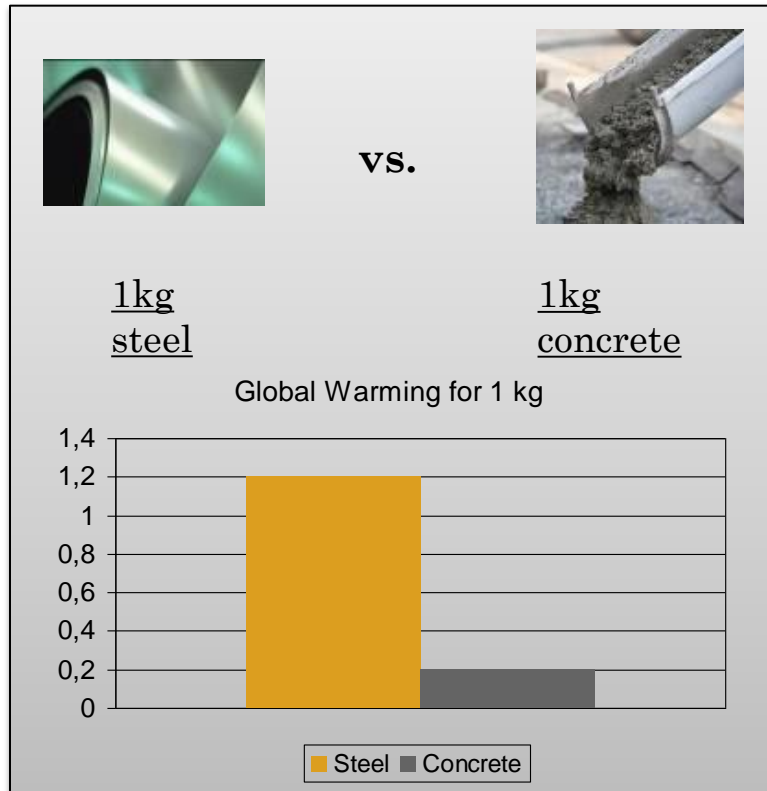






# Ανάλυση Κύκλου Ζωής

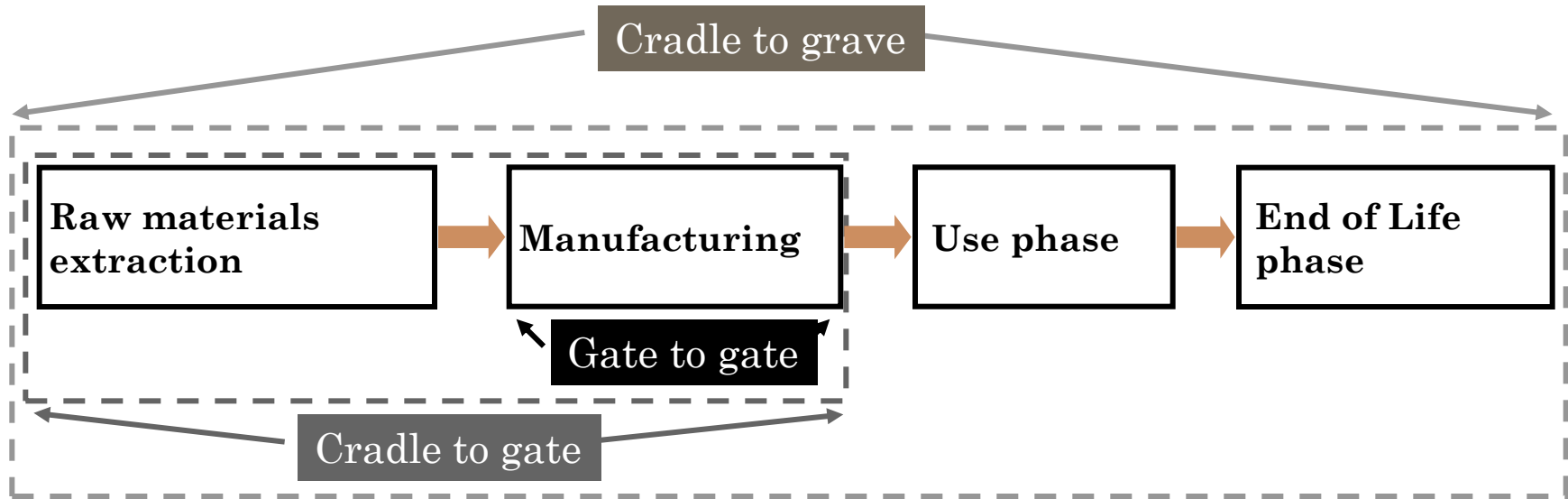
- Keyword #1, λειτουργική μονάδα: αντικείμενο μιας μελέτης ΑΚΖ
  - Παραδείγματα: 1m<sup>2</sup> επένδυσης, 1 δοκός για συγκεκριμένο φορτίο, 1kg τσιμέντου
  - Σύγκριση μεταξύ προϊόντων για ισοδύναμες χρήσεις





# Ανάλυση Κύκλου Ζωής

- Keyword #2, τα όρια του συστήματος
  - Στον κατασκευαστικό τομέα και στον τομέα μεταφορών, το στάδιο χρήσης (use phase) μπορεί να αντιπροσωπεύσει το 80-90% των περιβαλλοντικών φορτίων

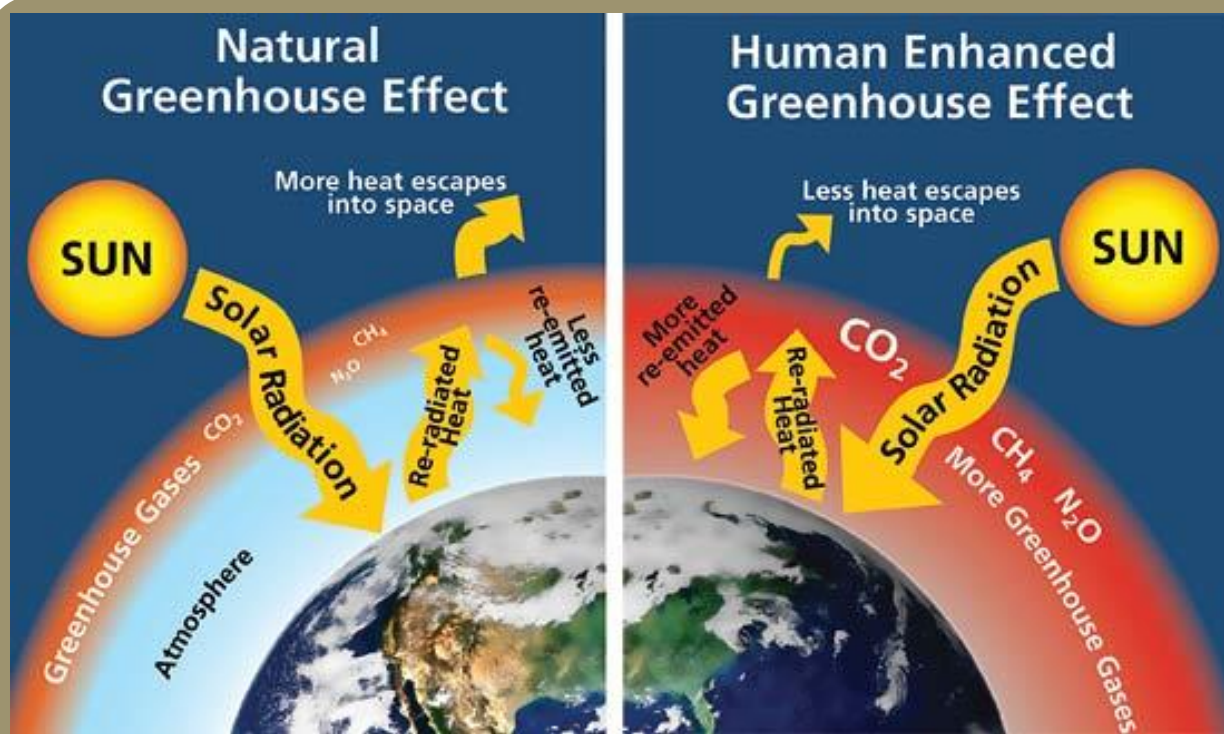




# Ανάλυση Κύκλου Ζωής



- Keyword #3, οι περιβαλλοντικοί δείκτες
  - Η κατανάλωση, οι εκπομπές και τα απόβλητα μετατρέπονται σε επιπτώσεις
  - Παράδειγμα: Global Warming Potential (GWP)



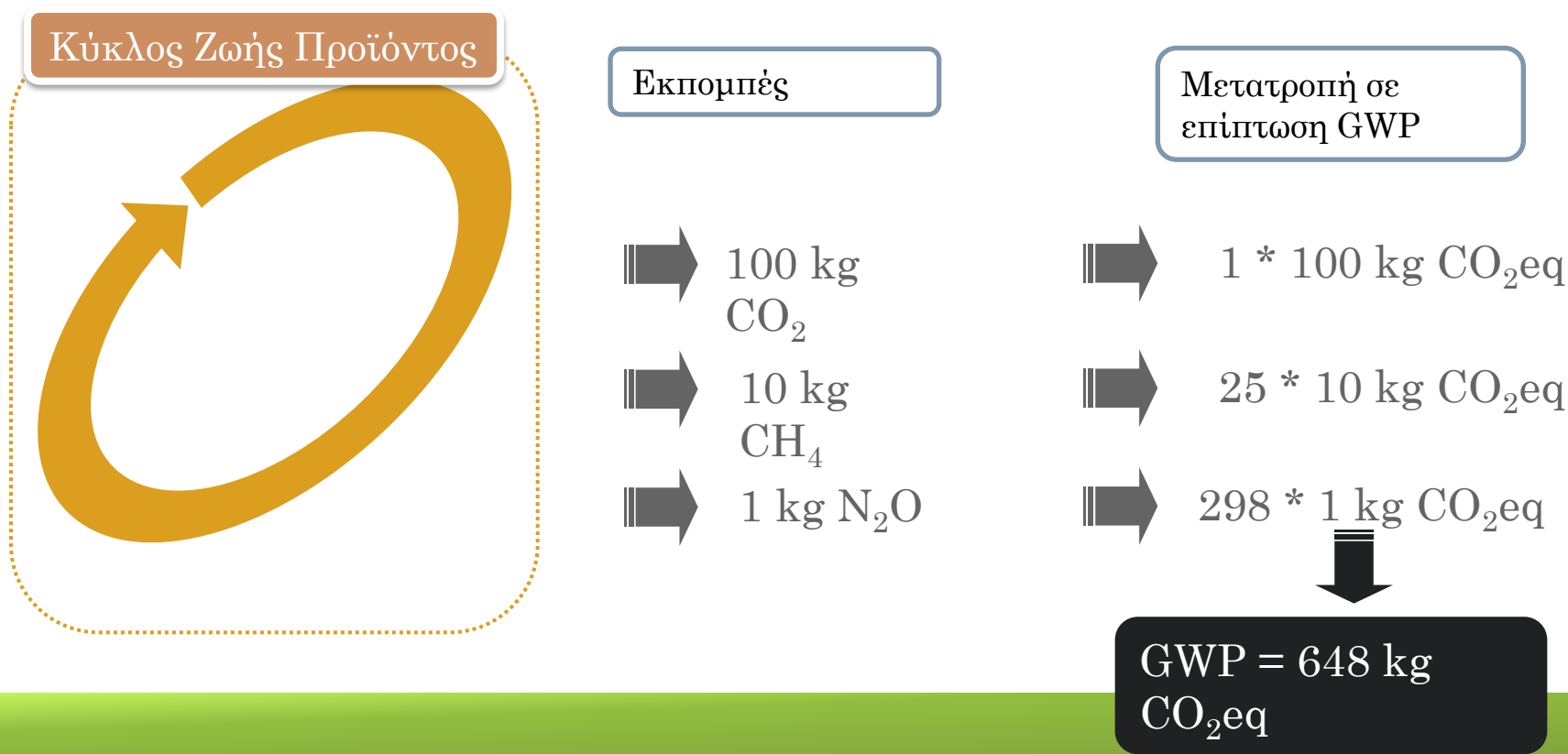
Τα φυσικά αέρια του θερμοκηπίου παγιδεύουν κανονικά μέρος από τη θερμότητα του ήλιου, διατηρώντας τον πλανήτη από την ψύξη.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση των ορυκτών καυσίμων, προκαλούν την αύξηση των επιπέδων των αερίων του θερμοκηπίου, οδηγώντας σε πιο έντονο φαινόμενο. Το αποτέλεσμα είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη και οι πρωτοφανείς ρυθμοί αλλαγής του κλίματος.



# Ανάλυση Κύκλου Ζωής

- Keyword #3, οι περιβαλλοντικοί δείκτες
  - Η κατανάλωση, οι εκπομπές και τα απόβλητα μετατρέπονται σε επιπτώσεις
  - Παράδειγμα: Global Warming Potential (GWP)





- Keyword #4, η αξιολόγηση
  - Πραγματοποιείται από ανεξάρτητο εμπειρογνώμονα, πέρα από τους ενδιαφερόμενους για τη αμερόληπτη συγκριτική αξιολόγηση
    - Κόστος 7k € - 20k €
  - Συμμόρφωση με διαφορετικά πρότυπα ανάλογα με το είδος της μελέτης
    - Γενικές μελέτες LCA: ISO 14040 – 44
    - Γενικές περιβαλλοντικές δηλώσεις: ISO 14025
    - Περιβαλλοντικές δηλώσεις για κατασκευές παγκοσμίως : ISO 21930
    - Περιβαλλοντικές δηλώσεις για κατασκευές στην Ευρώπη: EN 15804



# Ανάλυση Κύκλου Ζωής



- Keyword #5, Δεδομένα
- Στην πράξη, μια μεγάλη ποσότητα δεδομένων είναι απαραίτητα για τη μοντελοποίηση της όλης τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος (λατομεία, μετατροπή ενέργειας, υγειονομική ταφή, τα μέσα μεταφοράς, κλπ)
  - Ανάγκη για γενικευμένες βάσεις δεδομένων που παρέχουν αξιόπιστους μέσους όρους για συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές (π.χ. η παραγωγή 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας στη Γαλλία)
- Πολλές βάσεις δεδομένων υφίστανται, η καθεμία με τη δική της ποιότητα
  - Βιομηχανικές βάσεις δεδομένων (worldsteel, PlasticsEurope, Betie, κλπ - δωρεάν)
  - Ecoinvent (ελβετικά ερευνητικά κέντρα - μεγαλύτερη βάση δεδομένων στον κόσμο - κυρίως θεωρητική μοντελοποίηση – ακριβή σε κόστος)
  - GaBi (γερμανική εταιρεία συμβούλων - συνεργάζεται με τις βιομηχανίες - ακριβή σε κόστος)
  - Inies (για κατασκευή προϊόντος FDES - όχι κατ 'ανάγκην επαληθευμένη - πρώην γαλλικό πρότυπο - δωρεάν)
  - Diogen (επικεντρώμένη σε προϊόντα πολιτικού μηχανικού - πρώην γαλλικό πρότυπο - δωρεάν)





## Περιβαλλοντική αξιολόγηση κτιρίων





# Πολυεπίπεδη αξιολόγηση

1. Στοιχεία (προσόψεις, στέγες, δομικά στοιχεία κλπ) μπορεί να περιγραφεί από τη EPD



Institut Bauen und Umwelt e.V.



EPD®



breeam



2. Η ενεργειακή απόδοση είτε ρυθμίζεται είτε επισημαίνεται

- Minergie (CH)
- RT 2012 (FR)
- PassivHaus (DE) κτλ



3. Οι πιστοποιήσεις κτιρίων αξιολογούν ολόκληρο το κτίριο και θα μπορούσαν να ενσωματωθούν κοινωνικές και οικονομικές πτυχές

4. Πλήρης ανάλυση ΑΚΖ: αξιολόγηση του πλήρους κύκλου ζωής του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη τα υλικά και τη θερμική απόδοση του





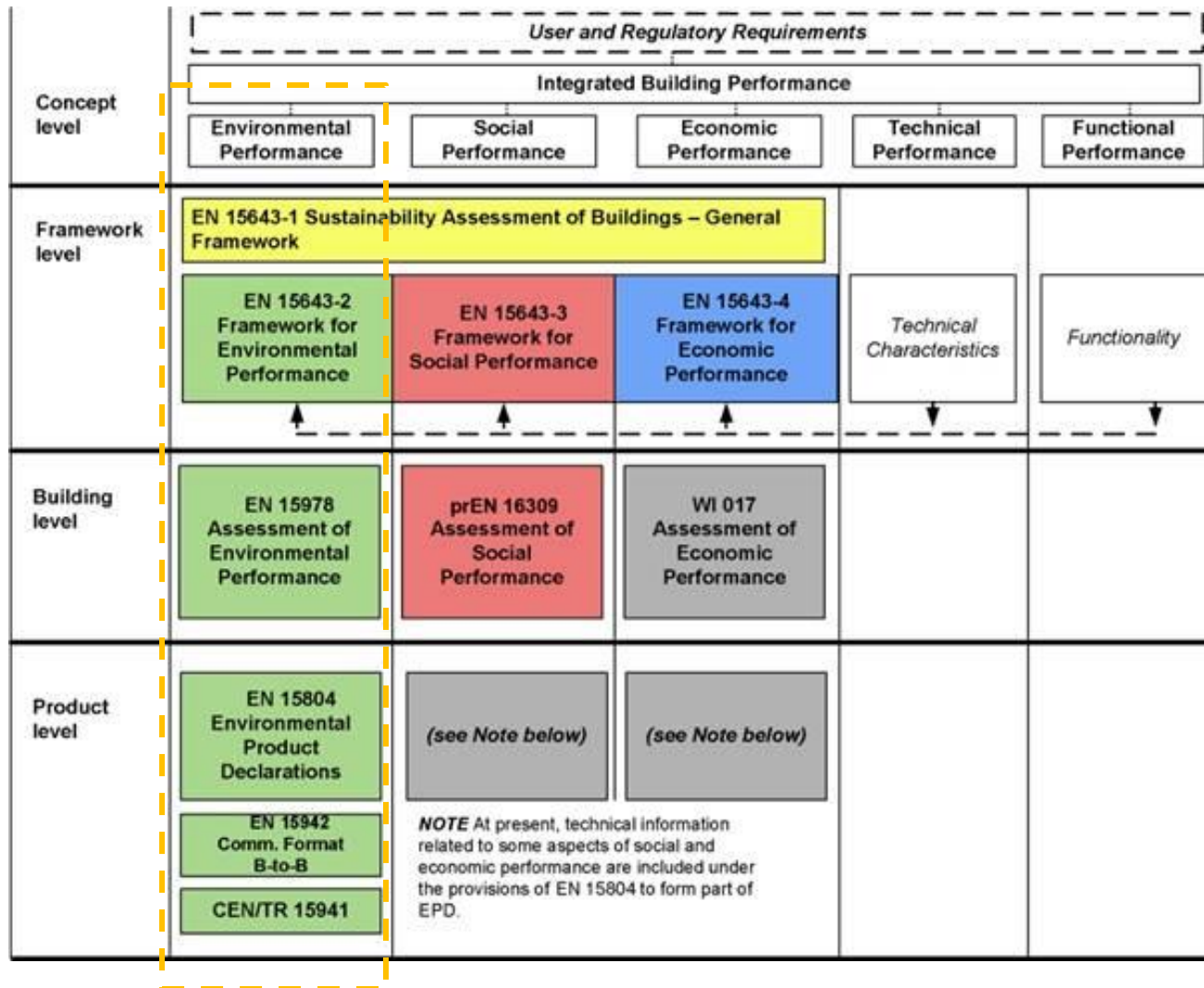


# Standardization of the environmental assessment of buildings: The works of the CEN TC350



# CEN/TC350

- 3 κολώνες, 4 επίπεδα

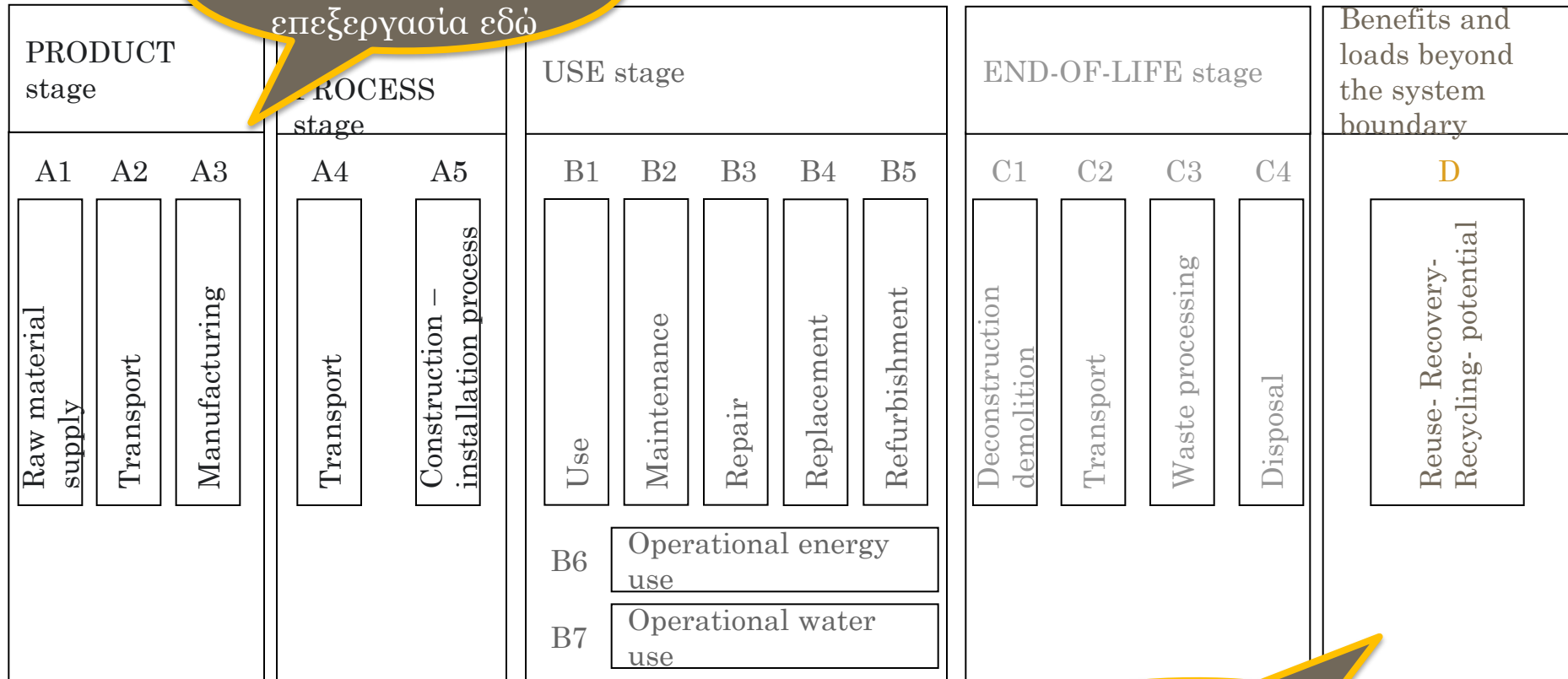




# Κύρια Ιδέα: modularity



Επιπτώσεις από  
παραγωγή και  
επεξεργασία εδώ



Υποχρεωτικό

EPD cradle-to-gate

Υποχρεωτικό

EPD cradle-to-gate with option

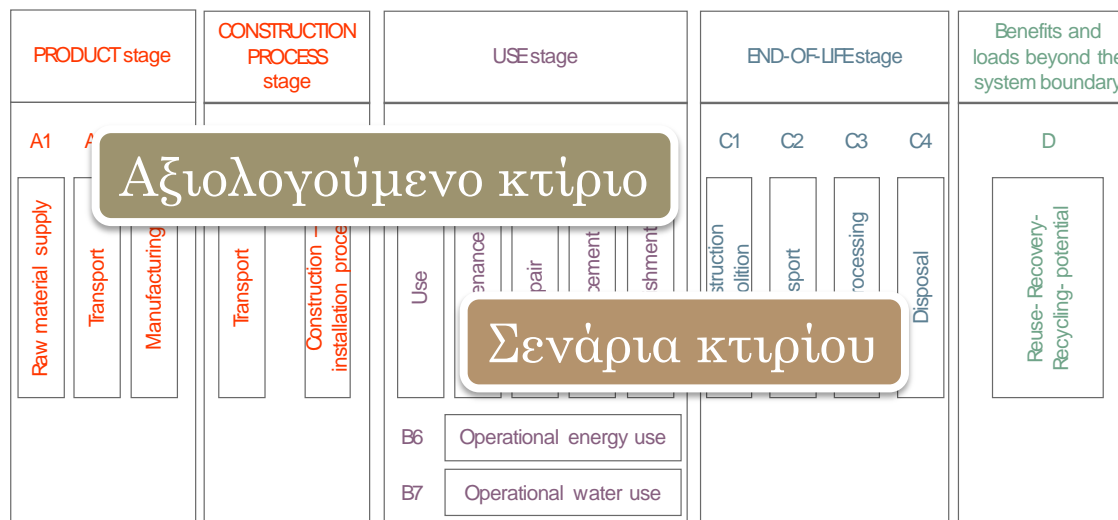
επιλογή

Οφέλη από  
ανακύκλωση  
υπολογισμός εδώ

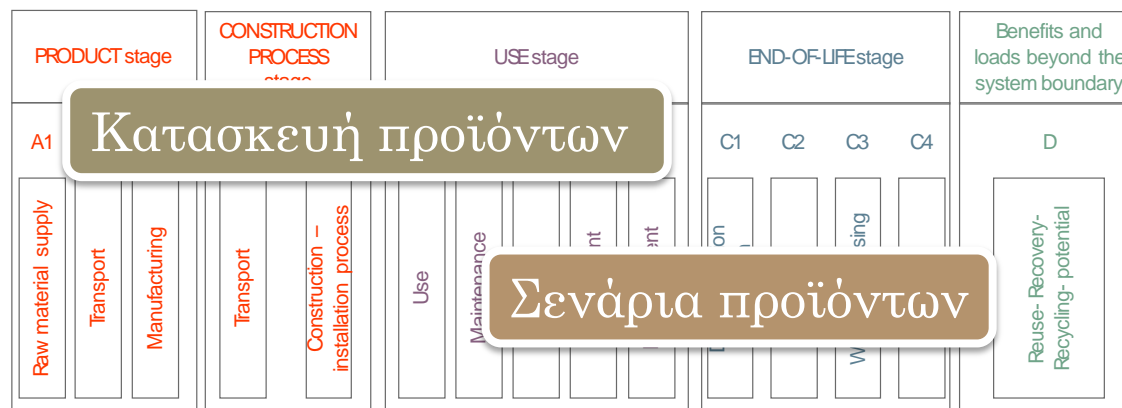
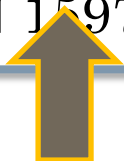
Υποχρεωτικό

EPD cradle-to-grave

Επιλογή



Building  
level  
EN 15978



Product  
level  
EN 15804

Διαφάνεια: δεν συσχετίζονται μεταξύ τους οι ενότητες  
Τα δεδομένα των προϊόντων ενσωματώνονται στο κτίριο  
Σύγκριση μόνο το κτίριο ή στο επίπεδο του συστήματος



## Parameters describing environmental impacts

GWP [kgCO <sub>2</sub> eq]	ODP [kgCF <sub>2</sub> eq]	AP [kgSO <sub>2</sub> eq]	EP [kgPO <sub>4</sub> eq]	POCP [kgEtheneq]	APD- elements [kgSbeq]	ADP-fossil fuels [MJ NCV]
-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------	------------------------------	---------------------------------

## Parameters describing resource use, primary energy

Use of renewable primary energy excluding renewable primary energy resources used as raw materials [MJ NCV]	Use of renewable energy resources used as raw materials [MJ NCV]	Total use of renewable primary energy (primary energy and primary energy resources used as raw materials) [MJ NCV]	Use of non renewable primary energy excluding non renewable primary energy resources used as raw materials [MJ NCV]	Use of non renewable energy resources used as raw materials [MJ NCV]	Total use of non renewable primary energy (primary energy and primary energy resources used as raw materials) [MJ NCV]
--	--	--	---	--	--

## Parameters describing resources use, secondary materials and fuels, and use of water

Use of secondary material [kg]	Use of renewable secondary fuels [MJ]	Use of non renewable secondary fuels [MJ]	Use of net fresh water [m <sup>3</sup> ]
-----------------------------------	--	--	---

## Other environmental information describing waste categories

## Other environmental information describing output flows

Hazardous waste disposed [kg]	Non hazardous waste disposed [kg]	Radioactive waste disposed [kg]	Component s for reuse [kg]	Materials for recycling [kg]	Materials for energy recovery [kg]	Exported energy [kg]
-------------------------------------	--	---------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	--	----------------------------





## Περιβαλλοντική εκτίμηση του χάλυβα



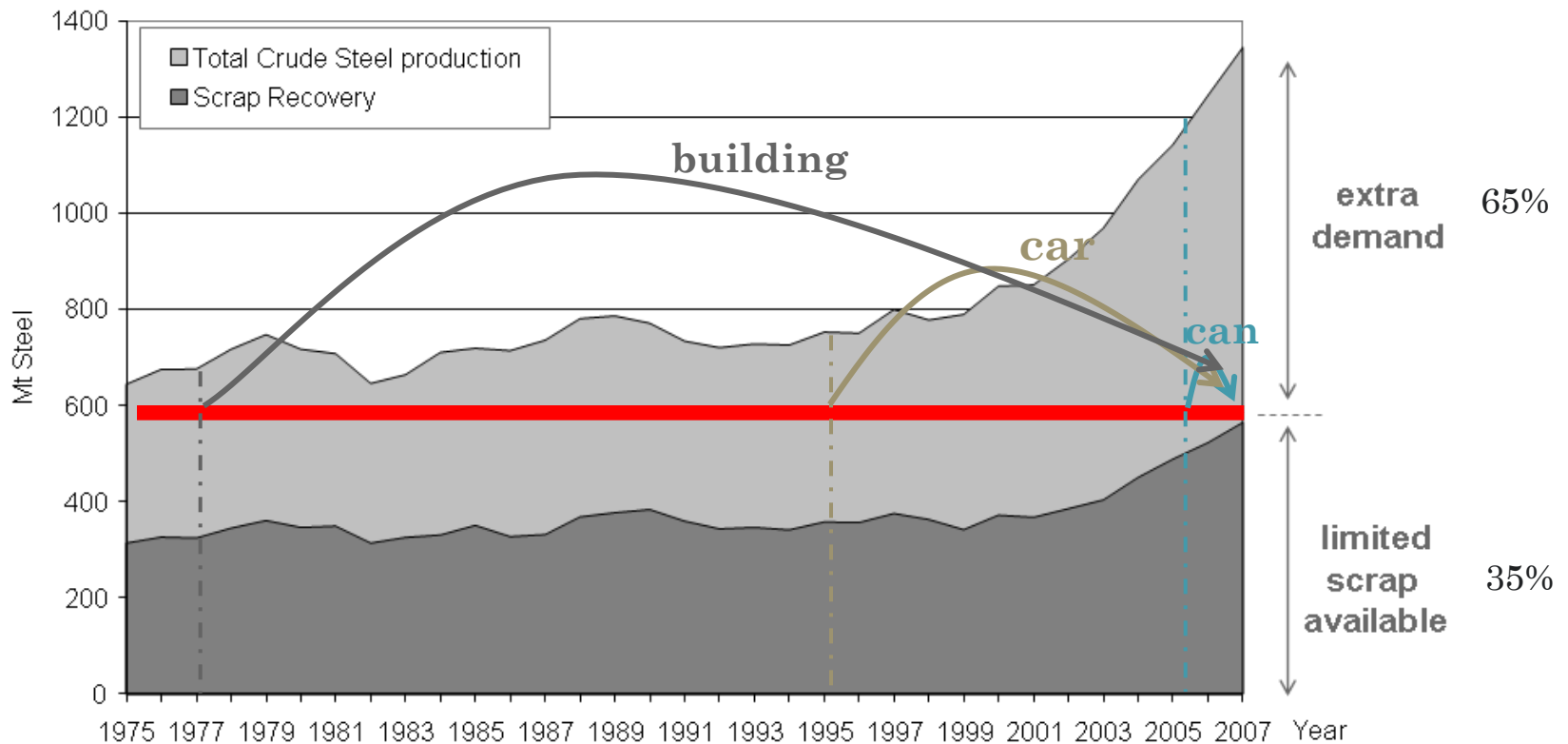


# Παραγωγή χάλυβα

- Δυο διαδρομές για ένα προϊόν: χάλυβα
  - Διαδρομή BF/BOF (πρωτογενής)
  - Διαδρομή EAF (δευτερογενής)

The Steel Recycling Loop









# Scrap κατανάλωση Ευρώπη και διεθνώς

	Production million metric tons	Oxygen %	Electric %	Open hearth %	Other %	Total %
Austria	7.6	90.7	9.3	-	-	100.0
Belgium	10.7	66.8	33.2	-	-	100.0
Bulgaria	1.9	53.8	46.2	-	-	100.0
Czech Republic	7.1	90.6	9.4	-	-	100.0
Finland	4.4	70.4	29.6	-	-	100.0
France	19.2	61.3	38.7	-	-	100.0
Germany	48.6	69.1	30.9	-	-	100.0
Greece	2.6	-	100.0	-	-	100.0
Hungary	2.2	77.6	22.4	-	-	100.0
Italy	31.5	36.7	63.3	-	-	100.0
Latvia (e)	0.6	-	0.4	99.6	-	100.0
Luxembourg	2.9	-	100.0	-	-	100.0
Netherlands	7.4	97.8	2.2	-	-	100.0
Poland	10.6	58.3	41.7	-	-	100.0
Portugal (e)	1.4	-	100.0	-	-	100.0
Romania	6.3	69.6	30.4	-	-	100.0
Slovak Republic	5.1	92.3	7.7	-	-	100.0
Slovenia	0.6	-	100.0	-	-	100.0
Spain	19.0	22.1	77.9	-	-	100.0
Sweden	5.7	66.1	33.9	-	-	100.0
United Kingdom	14.3	78.8	21.2	-	-	100.0
European Union (27)	209.5	59.6	40.2	0.3	-	100.0
Turkey	25.8	24.8	75.2	-	-	100.0
Others	4.1	26.4	63.6	-	-	100.0
Other Europe	29.8	26.4	73.6	-	-	100.0
Russia	72.4	56.9	26.6	16.4	-	100.0
Ukraine	42.8	51.4	3.8	44.8	-	100.0
Other CIS	9.5	50.3	41.7	8.0	-	100.0
CIS	124.7	54.5	26.0	25.5	-	100.0

	Production million metric tons	Oxygen %	Electric %	Open hearth %	Other %	Total %
Canada	15.6	59.2	40.8	-	-	100.0
Mexico	17.6	26.0	74.0	-	-	100.0
United States	98.2	41.1	58.9	-	-	100.0
NAFTA	131.3	41.2	58.8	-	-	100.0
Argentina	5.4	48.1	51.9	-	-	100.0
Brazil	33.8	75.9	24.1	-	-	100.0
Chile	1.7	72.5	27.5	-	-	100.0
Venezuela	5.0	-	100.0	-	-	100.0
Others	3.4	22.4	77.6	-	-	100.0
Central and South America	49.3	61.3	38.7	-	-	100.0
Egypt (e)	6.2	16.1	83.9	-	-	100.0
South Africa	9.1	49.7	50.3	-	-	100.0
Other Africa	3.3	38.9	61.1	-	-	100.0
Africa	18.7	36.5	63.5	-	-	100.0
Iran (e)	10.1	22.7	77.3	-	-	100.0
Saudi Arabia	4.6	-	100.0	-	-	100.0
Other Middle East	1.4	-	100.0	-	-	100.0
Middle East	16.1	14.1	85.9	-	-	100.0
China (e)	489.2	89.9	10.1	-	0.0	100.0
India (e)	53.1	39.9	58.2	1.9	-	100.0
Japan	120.2	74.2	25.8	-	-	100.0
South Korea	51.6	53.4	46.6	-	-	100.0
Taiwan, China	20.9	52.1	47.9	-	-	100.0
Other Asia	19.1	-	100.0	-	-	100.0
Asia	754.1	78.1	21.7	0.1	0.0	100.0
Australia	7.9	80.8	19.2	-	-	100.0
New Zealand	0.8	72.5	27.5	-	-	100.0
World	1,342.4	66.3	31.2	2.5	0.0	100.0

(e): estimate

European Union (27)

115.6

55% - 45%

World

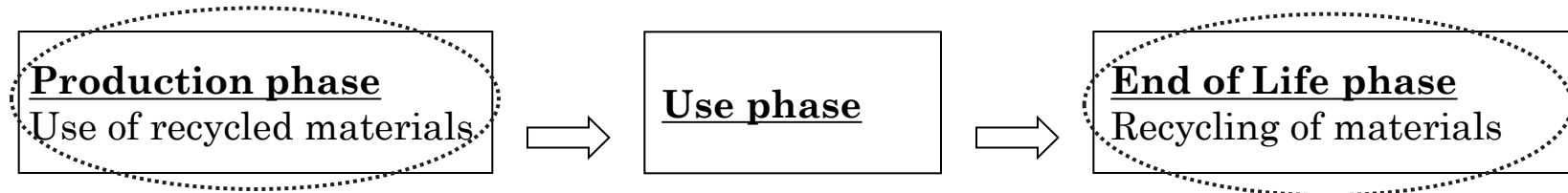
481.9

35% - 65%



# Ανακύκλωση στο LCA: σημαντικό για τον χάλυβα

- Ανακύκλωση και Ρυθμός ανακύκλωσης Τέλους-Ζωής



## Ανακύκλωση

- Εστίαση στο προϊόν
- Λαμβάνει υπόψη προηγούμενη ανακύκλωση υλικών
- Υποστηρίζεται από υλικά που έχουν περιορισμένο αριθμό κύκλων ανακύκλωσης (πολυμερή, τσιμέντο...)

## Ρυθμός ανακύκλωσης

- Κλίμακα υλικού
- Λαμβάνει υπόψη τα περιβαλλοντικά οφέλη μελλοντικών ανακυκλώσεων
- Υποστηρίζεται από βιομηχανίες μέταλλου: το μέλλον των προϊόντων είναι πιο σημαντικό



# CO<sub>2</sub> εκπομπές διαφόρων υλικών



Steel 2.3 – 2.7

AHSS 2.3 – 2.7

Aluminium 10 – 15.5

Magnesium  
(electrolysis) 18 – 24.8

Magnesium  
(pigeon) 40 – 45

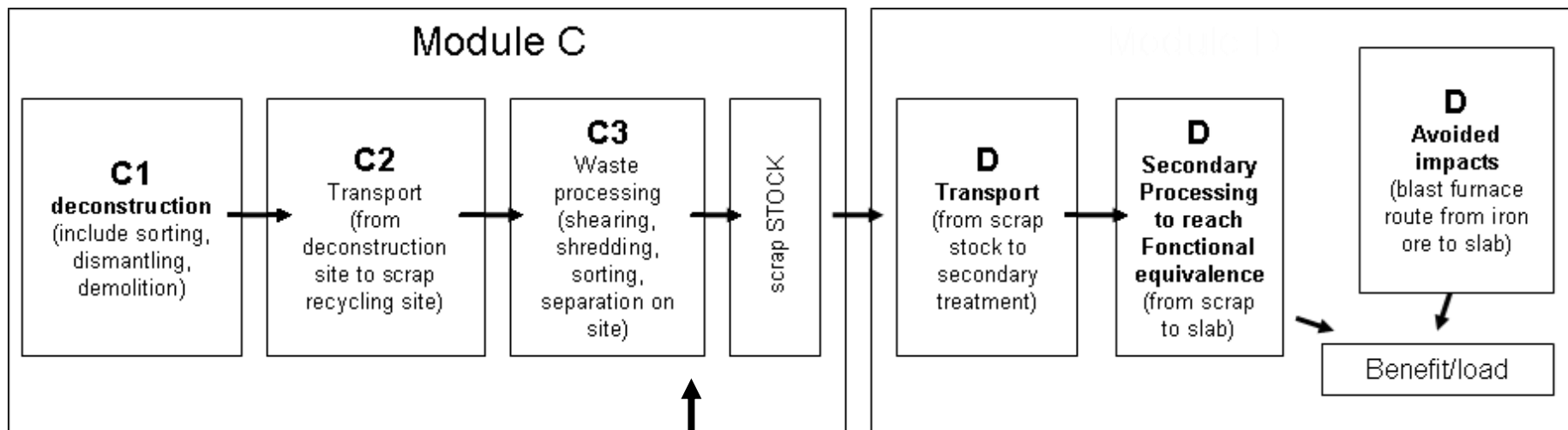
Carbon FRP 21 – 23

Μέσος όρος εκπομπών  
CO<sub>2</sub> για πρωτογενή  
παραγωγή

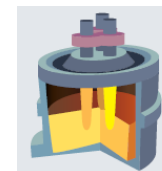
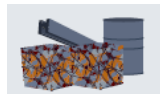
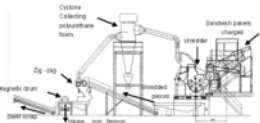


# Εστίαση στο Module D

# Module D: όρια



End of waste status





# Module D



- Στο Module D, η διάσταση του χρόνου είναι ενσωματωμένη στη συνεκτίμηση του κύκλου ζωής
- Το Module D είναι ένα σαφές κίνητρο για την ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση ή ανάκτηση ενέργειας
  - Ποια είναι η αξία των αποβλήτων μου στο τέλος της ζωής;
- Το Module D ισχύει για όλα τα υλικά
- Θέματα
  - Προαιρετικό (πρόβλημα της σύγκρισης)
  - Χρειάζεται κάποια εμπειρία για να βγουν ακριβείς και ολοκληρωμένοι κανόνες

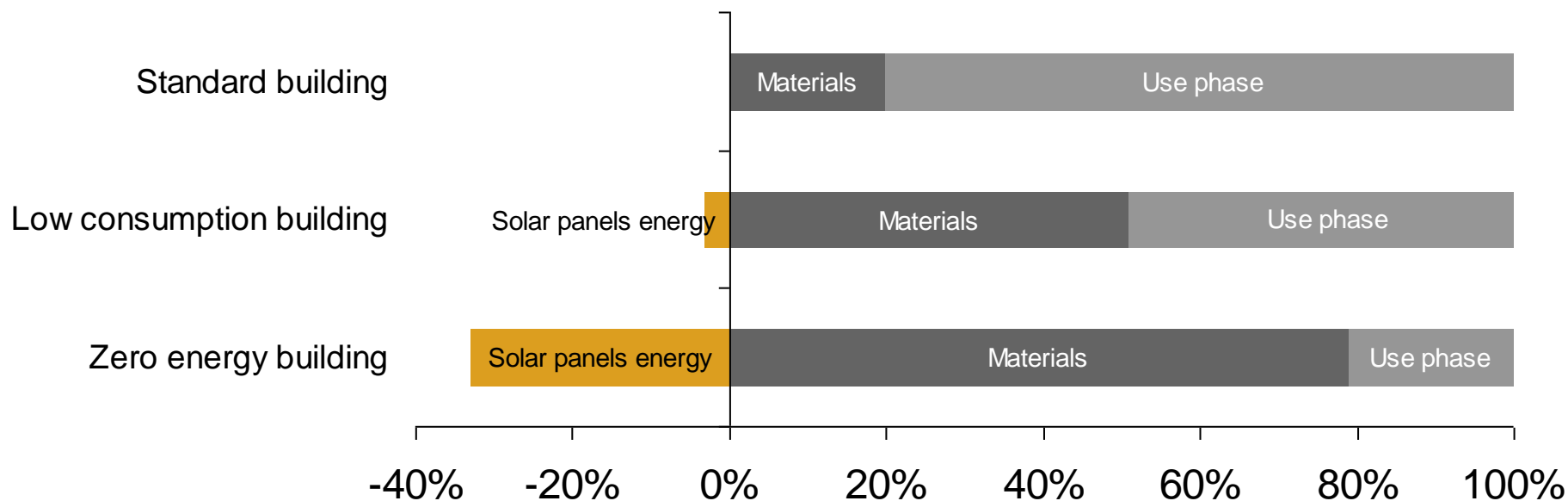
## • Μερίδιο των επιπτώσεων

### – ΣΗΜΕΡΑ

- Οι επιπτώσεις διανέμονται κυρίως κατά τη φάση της χρήσης (~ 80% του συνόλου των επιπτώσεων του κύκλου ζωής)
- Policies προσανατολισμένες σε ενεργειακή απόδοση κτιρίων
- Ανάπτυξη της παθητικών κτιρίων

### – ΜΕΛΛΟΝ

- Το μερίδιο των υλικών αυξάνεται από την αύξηση των μονωτικών υλικών
- Μέτρα για εξοικονόμηση: απαιτούνται όλο και περισσότερα συστήματα πιστοποίησης
- Η αποδοτικότητα των πόρων με στόχο τη μείωση των αποβλήτων





# Συμπεράσματα



- Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι το σωστό εργαλείο για την περιβαλλοντική αξιολόγηση των κτιρίων
- Η έμφαση στην φάση χρήσης δεν είναι πλέον επαρκής
  - Το τέλος του κύκλου ζωής του κτιρίου πρέπει να αξιολογείται: η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση επιβραβεύεται (module D)
  - Το διοξείδιο του άνθρακα δεν είναι ο μόνος ρύπος: απαιτείται μια πλήρης αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Ο κοινωνικός αντίκτυπος έρχεται: πέρα από τους δείκτες της ΑΚΖ
  - Ξοδεύουμε 90% του χρόνου μας σε κτίρια: Η ποιότητα του αέρα, η θερμική άνεση, η ακουστική πρέπει να εξεταστούν, καθώς και
  - Η αστική κλίμακα έναντι της κλίμακας του κτιρίου





*Ευχαριστώ για την προσοχή σας!*

*Δημ.Γιαννόπουλος  
PhD, MSc Μηχ.Μηχανικός  
LCA Expert*

**HMCS**



**Εργαστήριο**

**Ετερογενών Μειγμάτων &  
Συστημάτων Καύσης**

**hmcs.mech.ntua.gr**

