



Research Fund
for Coal & Steel



Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures

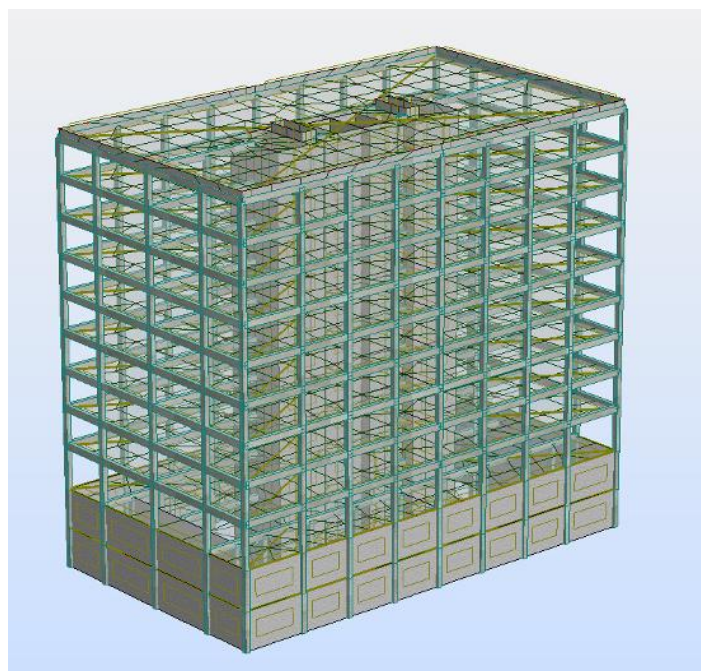
ΜΕΛΕΤΕΣ
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ



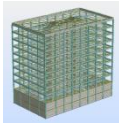
Περιπτώσεις

- 1) Κτίριο γραφείων: Τυπικό κτίριο γραφείων στη Γαλλία
- 2) Κτίριο κατοικίας: Κατοικία CasaBuna στη Ρουμανία
- 3) Βιομηχανική αίθουσα: Κατασκευή στο Παρίσι από χάλυβα & σκυρόδεμα

Κτίριο γραφείων: Τυπικό κτίριο γραφείων στη Γαλλία



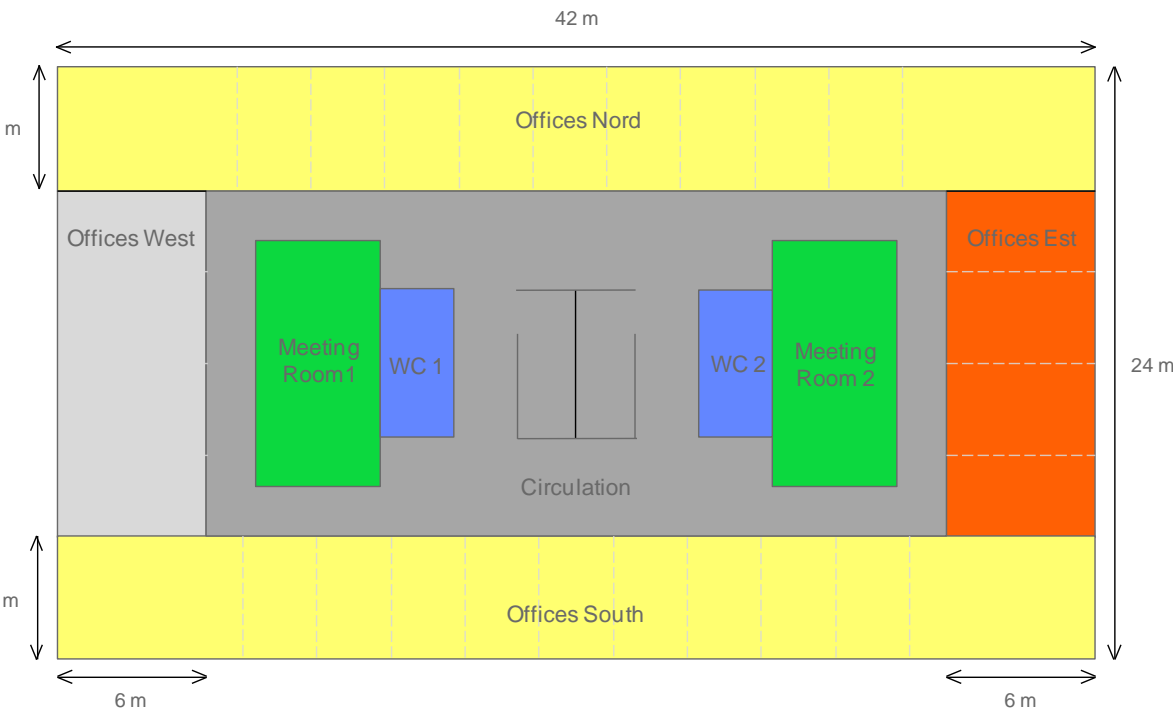
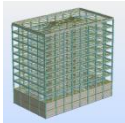
Ο Στόχος της παρούσας μελέτης είναι να συγκρίνει την περιβαλλοντική ποιότητα ενός κτιρίου γραφείων με διαφορετικούς τύπους δόμησης.



Τρεις τύποι δομικών συστημάτων αναλύθηκαν:

- Σύμμικτη κατασκευή χάλυβα-σκυροδέματος
- Κατασκευή με σκυρόδεμα
- Βελτιστοποιημένη σύνθετη δομή χάλυβα-σκυροδέματος (αυτή η βελτιστοποίηση έχει γίνει με βάση το ECO-design)

- Επιφάνεια του κτιρίου: 42x24 m
- Αριθμός επιπέδων στο εμποδομήμα (εκτός ισόγειου): 8 επίπεδα
- Τοποθεσία: Παρίσι



Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof
---------	----------	----------	------------	------

North - South facade Length	42.4	m
East - West facade length	24.4	m
Floor height	3.4	m
Floor height under ceiling	2.7	m
Number of intermediate floors	8	
Area of intermediate floors	8276.48	m ²
Total area of building	9311	m ²
Structure only	No	▼
Building type	Office	▼

Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Occupancy related data

Comfort requirements

Heating set-point temperature 20 °C

Cooling set-point temperature 26 °C

Air-flow-rate (heating mode) 0,6 ac/h

Air-flow-rate (cooling mode) 1 ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

Κτίριο
Γραφείων



- Θέρμανση & Ψύξη: split system
- Μηχανικός αερισμός με σύστημα ανάκτησης θερμότητας
- Σύστημα ZNX: ηλεκτρικός λέβητας

Description of building systems

Heating system

Heating system type Split (heating)

Cooling system

Cooling type system Split (cooling)

Mechanical ventilation system

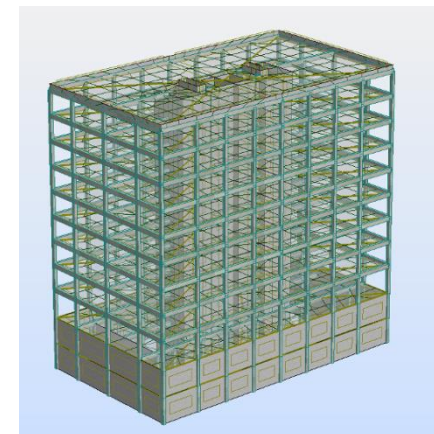
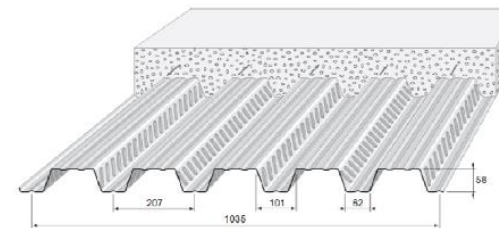
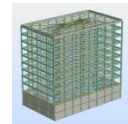
Heat recovery system Yes

Heat recovery percentage 80

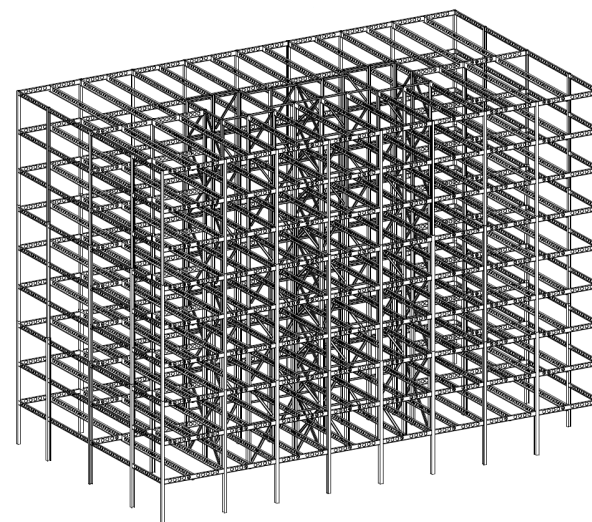
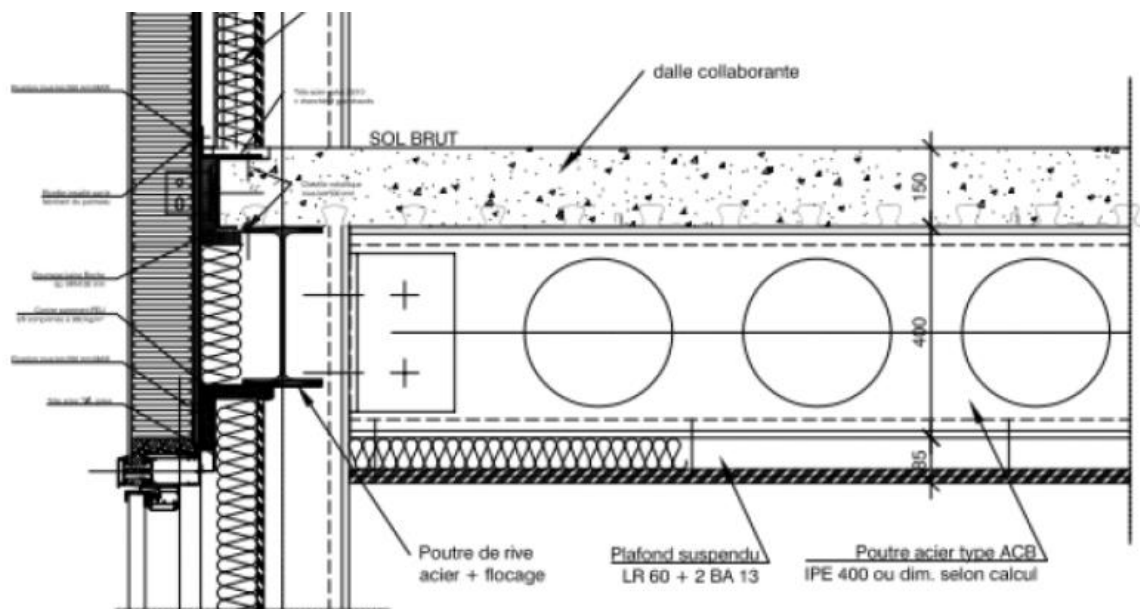
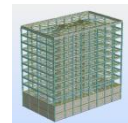
DHW system

DHW system type Electric boiler

- Σύμμικτη δομή
 - Προφίλ χάλυβα S355
 - Χαλύβδινο δάπεδο COFRA+60 με 15 cm σκυρόδεμα (C30/37)
 - Σταθεροποίηση με κεντρικό πυρήνα σκυροδέματος (C30/37)
- Κατασκευή σκυροδέματος
 - Προκατασκευασμένη πλάκα (C30/37)
 - Οπλισμένο σκυρόδεμα για τις δοκούς και υποστυλώματα (C30/37)
 - Σταθεροποίηση με κεντρικό πυρήνα σκυροδέματος (C30/37)



- Eco-optimised σύμμικτη δομή
 - Προφίλ χάλυβα S460
 - Χαλύβδινο δάπεδο COFRA+60 με 15 cm σκυρόδεμα (C30/37)
 - Σταθεροποίηση με steel bracing (S460)





Structural component	Variant 1 Composite structure	Variant 2 Concrete structure	Variant 3 Eco-optimised Composite structure
Steel sections	239.9 t	1199 t	197.1 t
Steel plate connections	14.994 t	59.1 t	11.827 t
Concrete core	Concrete C30/37 1941 t Steel rebars 44.16 t	Concrete C30/37 1941 t Steel rebars 44.16 t	/
Steel core	/	/	Steel sections 75.46 t Steel plate connections 6.037 t



Structural component	Variant 1 Composite structure	Variant 2 Concrete structure	Variant 3 Eco-optimised Composite structure
Steel elements	Cofraplus 60 : 70.6 t	/	Cofraplus 60 : 70.6 t
Total depth	150 mm	240 mm + 70mm of screed	150 mm
Concrete floor	2246 t	4688 t	2246 t
Steel rebars	16.56 t	16.56 t	16.56 t

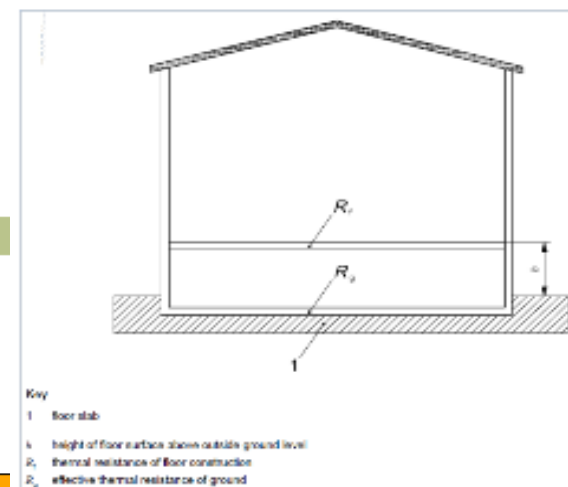
Steel elements

Type of slab	Composite slab	
Steel deck	Cofraplus 60	
Thickness of the deck	0.750	mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8.53	kg/m ²
Mass of sheeting for the building	70.6	t
Minimum depth of the floor	100	mm

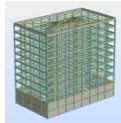
Concrete elements

Total depth of the floor	150.0	mm
Concrete Type	In-situ/Poured	
Concrete Grade	C30/37	
Total mass of the floor concrete (incl. base floor)	2735	t
Steel reinforcement	0.0	t

Total mass of the floor slabs 2805 t



- Μεταφορά χάλυβα:
 - Συνολικό βάρος: 369.6 t
 - Μεταφορά : 500 km με συνηθισμένα φορτηγά
- Μεταφορά σκυροδέματος :
 - Συνολικό βάρος : 4676 t
 - Μεταφορά : 50km από μπετονιέρες



[Roof](#)
[Occupancy](#)
[Systems](#)
[Structure](#)
[Floors](#)
[Transport](#)
[Results](#)

Transport parameters

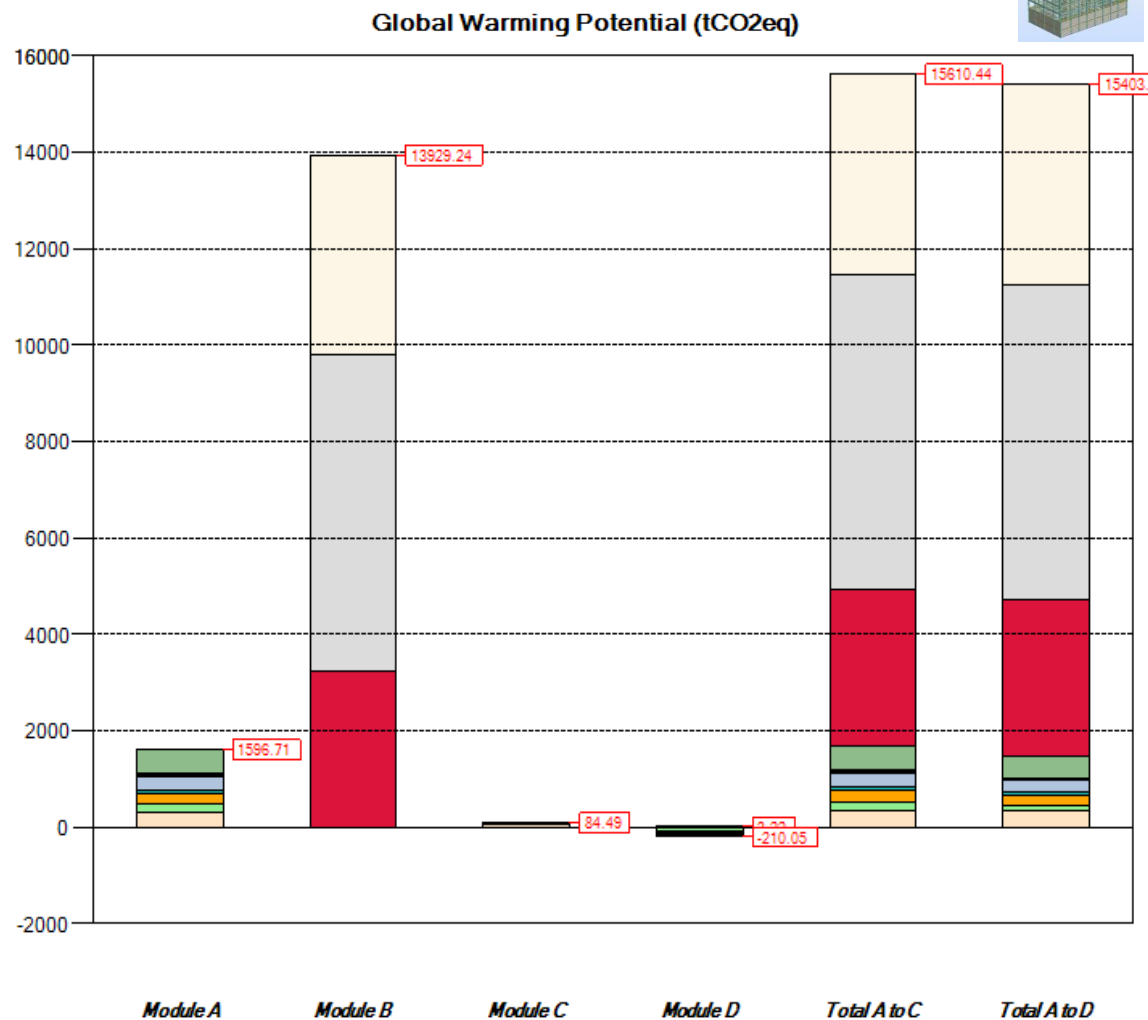
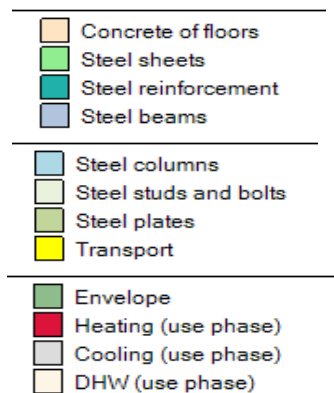
Steel elements

Total steel transported	369.6	t
Values for the transport impacts	User values	
Mass transported by electric train	0.0	t
Distance	0.0	km
Mass transported by regular trucks	369.6	t
Distance	500	km

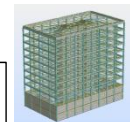
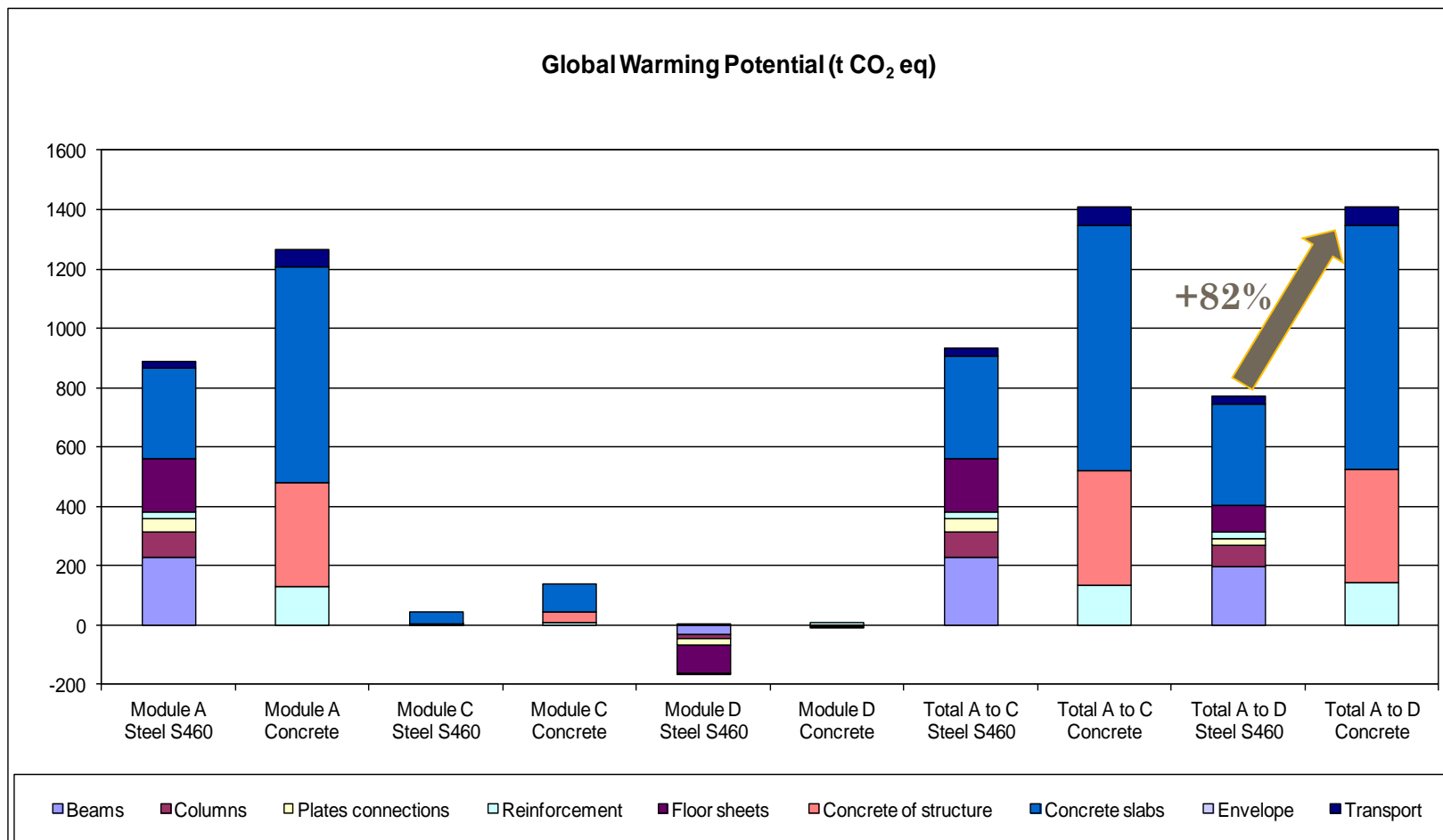
Concrete elements

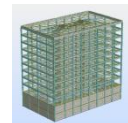
Total concrete transported	4676	t
Concrete produced on site	4676	t
Distance by mixer trucks	50.0	km
Prefabricated concrete	0.0	t
Distance by regular trucks	0.0	km

- Η φάση χρήσης (module B) αντιπροσωπεύει περίπου 91% της συνολικής GWP επίπτωσης, για κάθε είδους κατασκευή



GWP επιπτώσεις

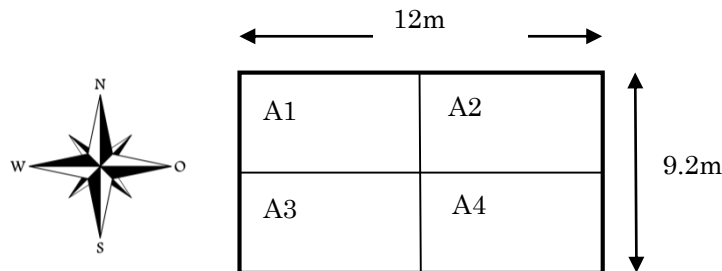




- Χαμηλή επίδραση του δομικού συστήματος για τις παγκόσμιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιρίου, σε σύγκριση με την εκμετάλλευση και τη δραστηριότητα των κτιρίων
- Πλεονεκτήματα στον τομέα του περιβαλλοντικού αποτυπώματος με τη χρήση σύμμικτου χάλυβα και σκυροδέματος
- Πιο βιώσιμες κατασκευές χάρη στην ανακύκλωση των υλικών στο τέλος της ζωής (ανακύκλωση του χάλυβα και της αξιοποίησης του θρυμματισμένου τσιμέντου) = Module D
- Ελαχιστοποίηση της χρήσης υλικών με τη χρήση χάλυβα υψηλής αντοχής.

Κτίριο κατοικίας : Οικία CasaBuna - Ρουμανία





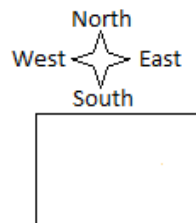
- 4 διαμερίσματα 55m² καθαρή επιφάνεια, κατανεμημένα σε 2 ορόφους.
- Τοποθεσία: Τιμισοάρα



Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	12	m
East - West facade length	9.2	m
Floor height	2.9	m
Floor height under ceiling	2.7	m
Number of intermediate floors	1	
Area of intermediate floors	110,4	m ²
Total area of building	220,8	m ²
Structure only	No	
Building type	Residential	



Location

Country: Romania

Location: Timisoara

Display

	North/South [m ²]	West/East [m ²]	Sum [m ²]
Walls	47	41	87
Glazing	22	12	34
Total areas	69	53	122

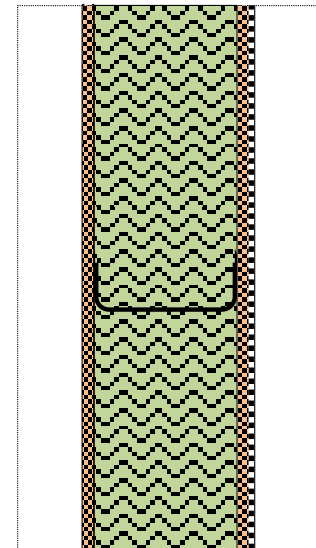


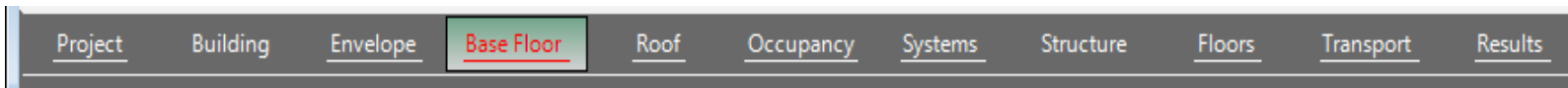
Definition of the building envelope

Facade

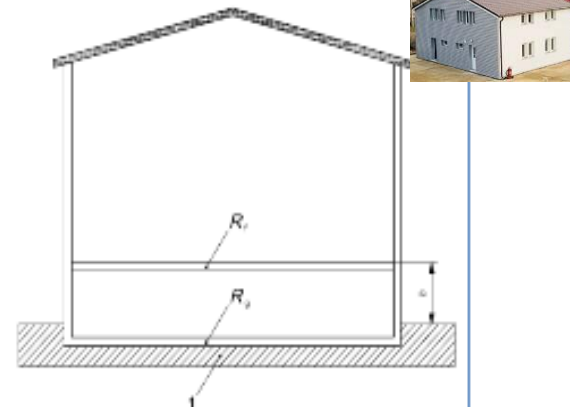
Direction	North	East	South	West	
Facade area	69.6	53.36	69.6	53.36	m ²
Opening area	22	12	22	12	%

- Πρόσοψη: Πανελ χάλυβα, με μόνωση 120mm πετροβάμβακα
- Παράθυρα: double glazing & σκελετός αλουμινίου





- Υπερυψωμένο ισόγειο, πάχους 0.2m από ενισχυμένο σκυρόδεμα (0.7t ράβδοι ενίσχυσης)



- Μεταλλική κατασκευή συμπεριλαμβάνεται σε προσόψεις & στοιχεία οροφής

➡ = χωρίς επιπλέον μεταλλικά στοιχεία

Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	0	t
Columns (Hot rolled profiles)	0	t
Studs	0,0	t
Bolts	0	t
Plate Connections	0,0	t
Total mass of structure	0,0	t



Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Κτίριο
κατοικίας



Occupancy related data

Comfort requirements

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

Mechanical ventilation system

Heat recovery system

DHW system

DHW system type

- Σύστημα θέρμανσης : με αέριο καύσιμο
- Χωρίς σύστημα ψύξης
- Χωρίς μηχανικό αερισμό
- Σύστημα ΖΝΧ: ηλεκτρικός λέβητας

- Μεταφορά χάλυβα:
 - Συνολικό βάρος: 1.583t (ράβδοι οπλισμού)
 - Μεταφορά: Μέση Ευρωπαϊκή τιμή μεταφοράς χάλυβα για 1t σε μέση Ευρωπαϊκή απόσταση
- Μεταφορά σκυροδέματος:
 - Συνολικό βάρος : 52.11t (Ισόγειο)
 - Μεταφορά: 30km από μπετονιέρες



[Roof](#)
[Occupancy](#)
[Systems](#)
[Structure](#)
[Floors](#)
[Transport](#)
[Results](#)

Transport parameters

Steel elements

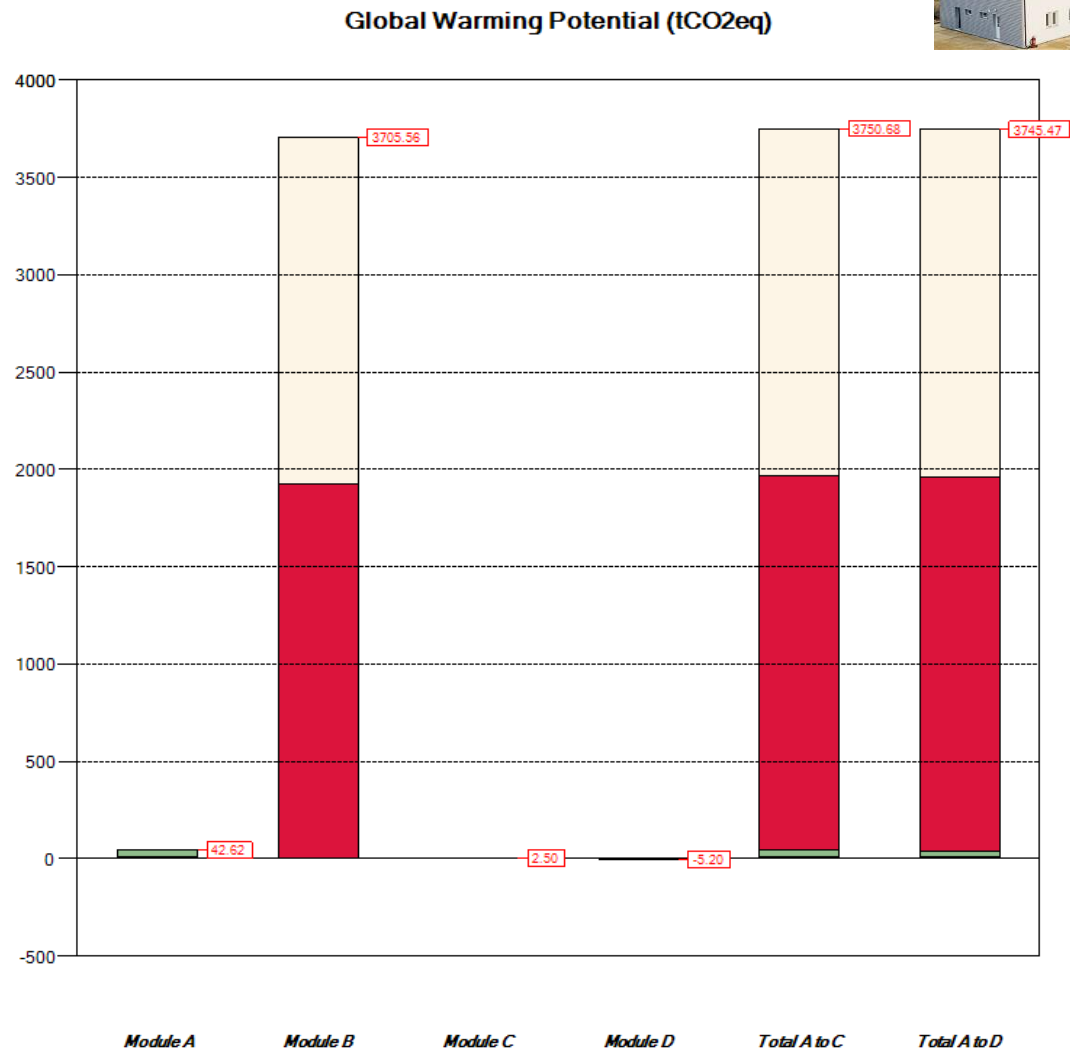
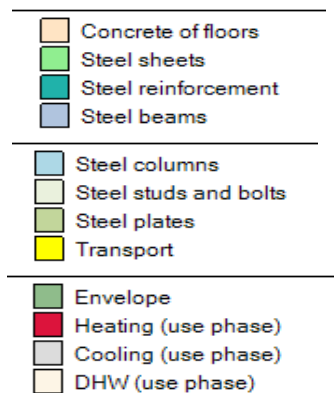
Total steel transported t

Values for the transport impacts

Concrete elements

Total concrete transported	<input type="text" value="52,11"/>	t
Concrete produced on site	<input type="text" value="52,11"/>	t
Distance by mixer trucks	<input type="text" value="30,0"/>	km
Prefabricated concrete	<input type="text" value="0,0"/>	t
Distance by regular trucks	<input type="text" value="0,0"/>	km

- Το στάδιο χρήσης (module B) αντιπροσωπεύει το 99% περίπου των συνολικών επιπτώσεων GWP για κάθε τύπο κατασκευής



Use phase heating

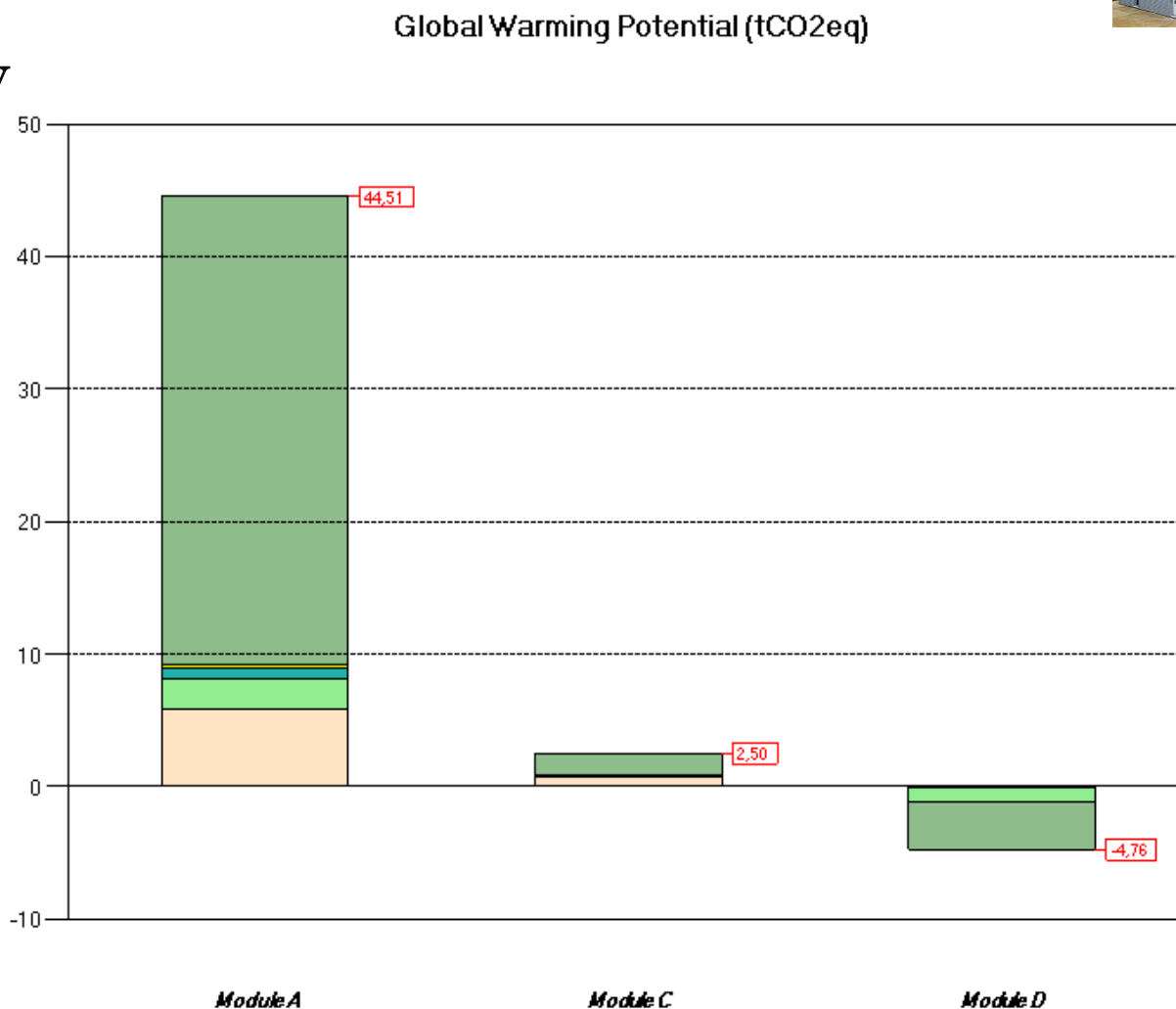
Energy for space heating					
Heat transfer by transmission					
Walls	Glazing	Ext Floor	Roof	Ground	Total
kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year
4845.1	5968.3	0.0	3328.8	3008.7	16882.1
Heat Transfer by ventilation			Heat gains		
Ventilation			Glazed	Opaque	Internal
kWh/year			kWh/year	kWh/year	kWh/year
8963.6			14064.4	783.0	10757.0



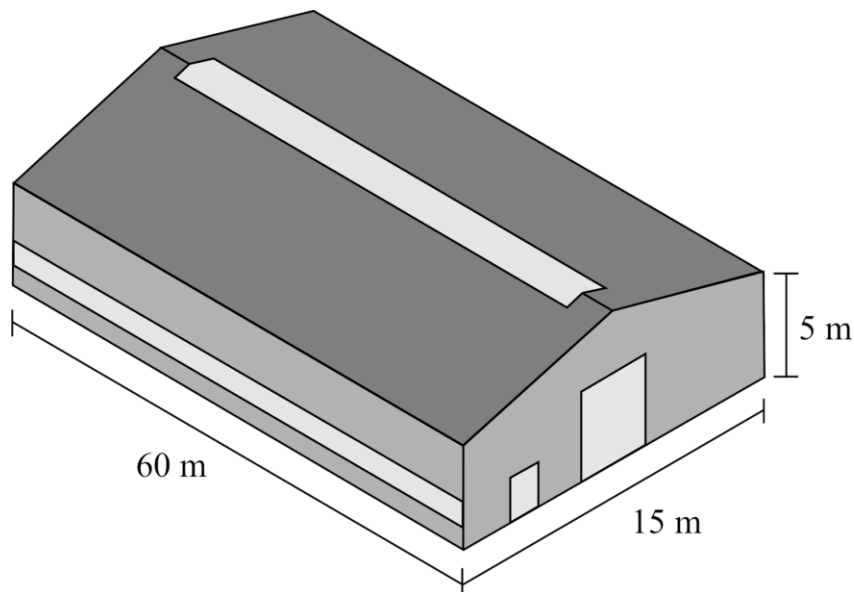
Energy need for heating												
Qh,nd	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
kWh	911.2	606.4	435.1	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.9	454.8	816.6
kWh/m ²	4.1	2.7	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	3.7

Energy Breakdowns		
Building totals for heating		
Energy need	3454.2	kWh/year
	15.6	kWh/m ² /year
Delivered energy	3970.4	kWh/year
COP : 0.87	18.0	kWh/m ² /year
Primary	341.5	kgoe/year
fconv : 0.086	1.5	kgoe/m ² /year

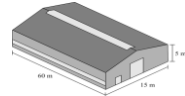
- Τα υλικά του κελύφους αντιπροσωπεύουν το 79% της συνολικής επίπτωσης GWP των προϊόντων & σταδίου παραγωγής (module A)



Βιομηχανική αίθουσα: Κατασκευή στο Παρίσι από χάλυβα & σκυρόδεμα

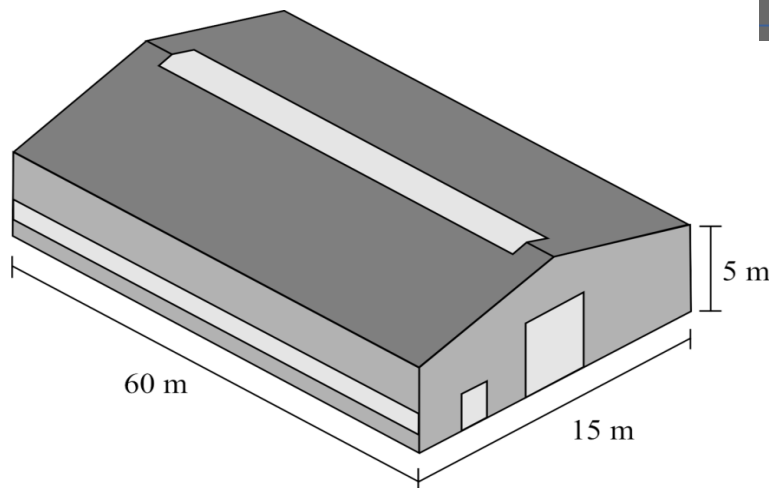


Σύγκριση των αποτελεσμάτων ΑΚΖ ενός βιομηχανικού κτιρίου, που βασίζεται σε 2 διαφορετικά δομικά συστήματα:



- Πλαίσιο που αποτελείται από θερμής έλασης προφίλ
- Καρφωμένες δοκοί που αποτελούνται από κολώνες με οπλισμένο σκυρόδεμα και δοκούς





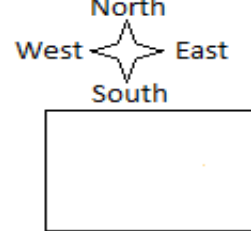
Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
---------	-----------------	----------	------------	------	-----------	---------	-----------

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	60	m
East - West facade length	15	m
Floor height	5	m
Floor height under ceiling	5	m
Number of intermediate floors	0	
Area of intermediate floors	0	m ²
Total area of building	900,0	m ²
Structure only	No	▼
Building type	Industrial	▼

North



West East

South

- 900m² βιομηχανική αίθουσα
- Τοποθεσία : Παρίσι

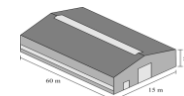
Location

Country	France	▼
Location	Paris	▼
Display		

-
- A 3D perspective diagram of a rectangular building with a gabled roof. The length of the building is labeled as 60 m, the width as 15 m, and the height as 10 m. The roof is shown in a light gray color, and the walls are in a darker gray color. There is a small square window on the front wall and a larger rectangular door on the side wall.

-
- A 3D perspective diagram of a composite roof assembly. The assembly consists of several layers: a grey corrugated metal base (1), a yellow insulation layer (2), a dark green waterproofing layer (3), a grey protective layer (4), and a final grey corrugated metal top layer (5). The layers are shown in a cross-section view, with the top layer (5) slightly offset to reveal the underlying layers.

 $W/(m^2 \cdot K)$



**Structural
component**

**Variant 1
Steel frame S235**

**Variant 2
Steel frame S460**

**Variant 3
Concrete frame**

Base floor

Concrete : 425.7 kg

Rebars : 14.4 t

Project

Building

Envelope

Base Floor

Roof

Occupancy

Systems

Structure

Floors

Transport

Results

Base floor

U-value for the base floor

0.44

W/(m².K)

Base floor type

Slab on Ground Floor ▼

Thickness of concret base floor

0.2

m

Mass of reinforcing steel

14.4

t

Internal heat capacity of ground

74612

J/(m².K)

Internal heat capacity of intermediate floor

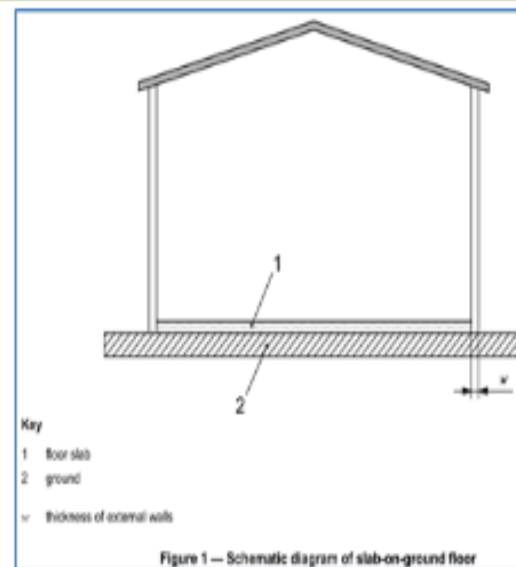
0

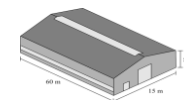
J/(m².K)

Internal heat capacity of internal wall

0

J/(m².K)





Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Κτίριο
βιομηχανικού
τύπου



Comfort requirements

Heating set-point temperature	18	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

- Σύστημα θέρμανσης : με αέριο καύσιμο
- Χωρίς σύστημα ψύξης
- Χωρίς μηχανικό αερισμό
- Χωρίς σύστημα για ZNX

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

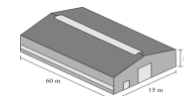
Cooling type system

Mechanical ventilation system

Heat recovery system

DHW system

DHW system type



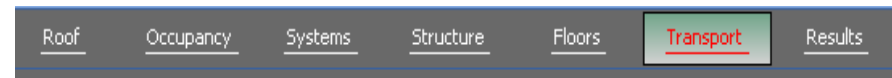
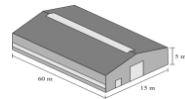
Structural component	Variant 1 Steel frame S235	Variant 2 Steel frame S460	Variant 3 Concrete frame
Girder	IPE 450 (6.88t)	IPE 330 (4.33 t)	Precast concrete unit T80 (34.19 t) Reinforcement BSt500 202.5 kg/m ³ (2.93 t)
Columns	Primary : IPE400 Secondary : HEA480 (4.17 t)	Primary : IPE400 Secondary : HEA480 (4.17 t)	Concrete section 0.4x0.4m C30/37 (30.12 t) Reinforcement BSt500 108.1 kg/m ³ (1.38 t)
Bolts	43 kg		/
Plate connections	336 kg		Steel elements

[Occupancy](#)
[Systems](#)
[Structure](#)
[Floors](#)
[Transport](#)

Beams (Hot rolled profiles)	4,330	t
Columns (Hot rolled profiles)	4,170	t
Studs	0,0	t
Bolts	0,043	t
Plate Connections	0,336	t

Total mass of structure 8,879 t

- Μεταφορά χάλυβα:
 - Συνολικό βάρος : 25.83t
Δοκοί+ Κολώνες + Στοιχεία σύνδεσης
 - Μεταφορά: Μέση Ευρωπαϊκή τιμή μεταφοράς χάλυβα για 1t σε μέση Ευρωπαϊκή απόσταση
- Μεταφορά σκυροδέματος:
 - Συνολικό βάρος : 424.8t
Δοκοί + Κολώνες
 - Μεταφορά: 30km από μπετονιέρες



Transport parameters

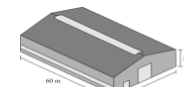
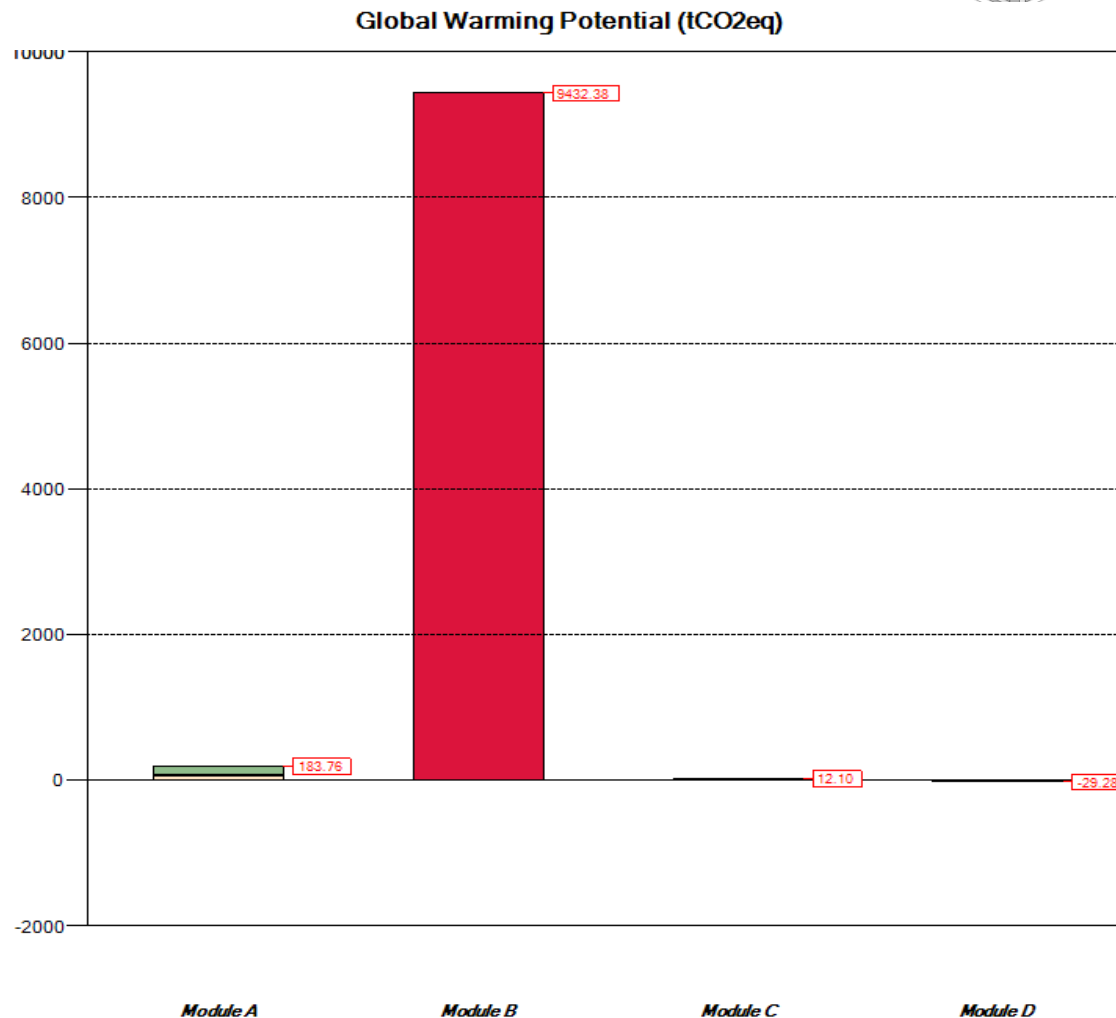
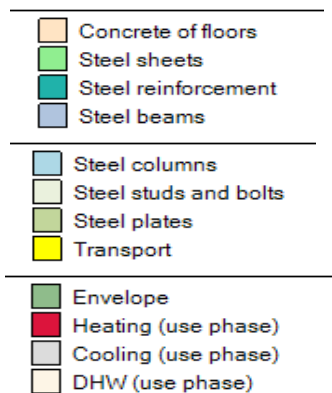
Steel elements

Total steel transported	25.83	t
Values for the transport impacts	Average values ▼	

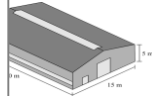
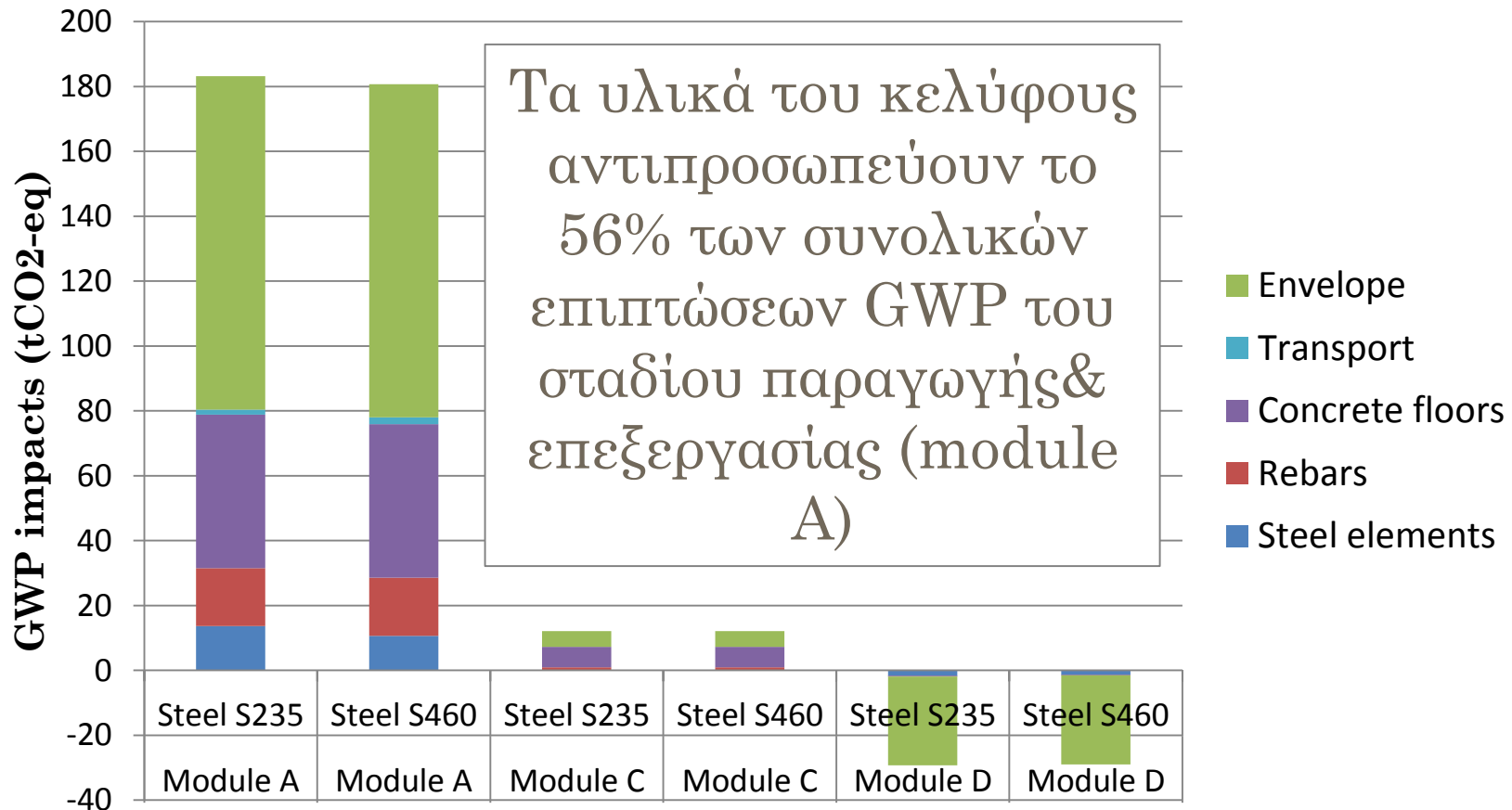
Concrete elements

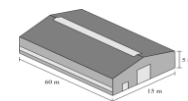
Total concrete transported	424.8	t
Concrete produced on site	424.8	t
Distance by mixer trucks	30.0	km
Prefabricated concrete	0.0	t
Distance by regular trucks	0.0	km

- Το στάδιο χρήσης (module B) αντιπροσωπεύει το 99% περίπου των συνολικών επιπτώσεων GWP για κάθε τύπο κατασκευής

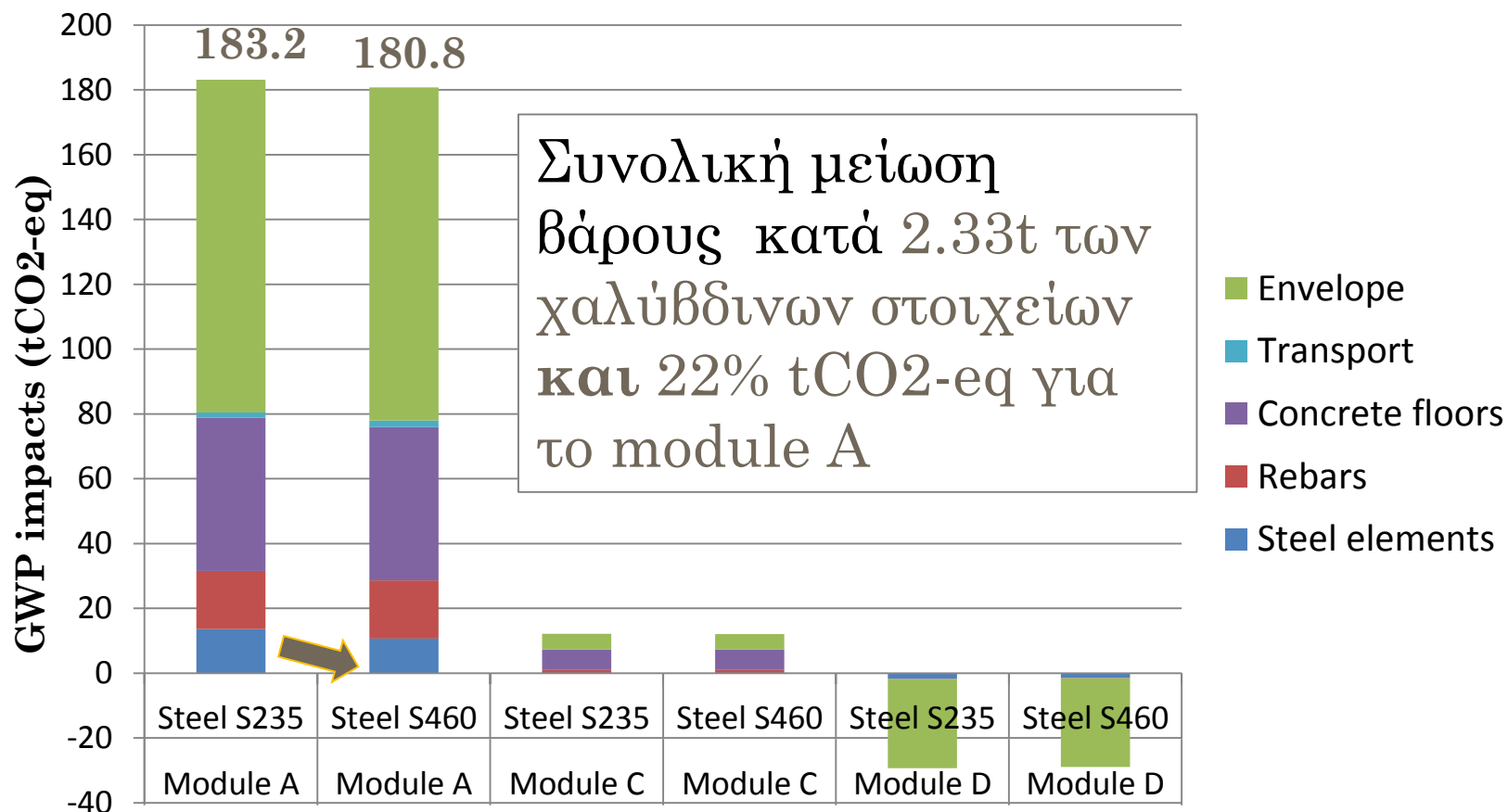


Comparison of the GWP impacts of the steel structural system with S235 vs S460

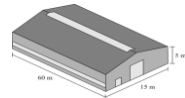




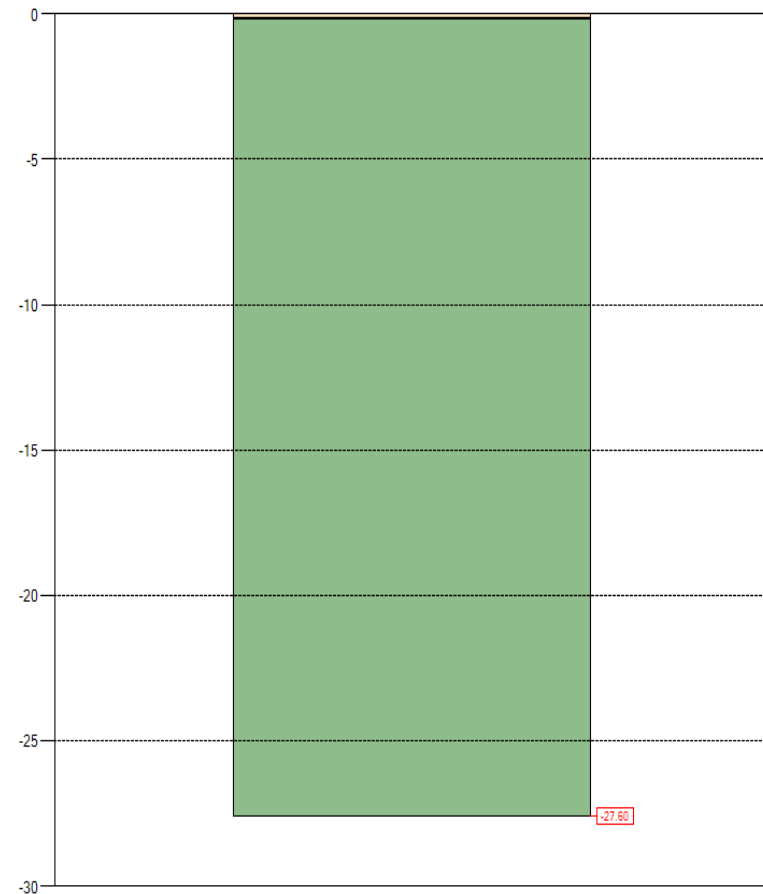
Comparison of the GWP impacts of the steel structural system with S235 vs S460



- Τα οφέλη πέρα από τα όρια του συστήματος (module D) της δομής του χάλυβα S460 έχει συνολικό αντίκτυπο GWP -27.60 t CO₂-eq.
- Τονίζονται τα οφέλη των ανακυκλωμένων υλικών μέσα στα στοιχεία του κελύφους: κυρίως στοιχεία πλαισίωσης από ελαφρύ χάλυβα στην πρόσοψη και το φύλλο χάλυβα στην οροφή.

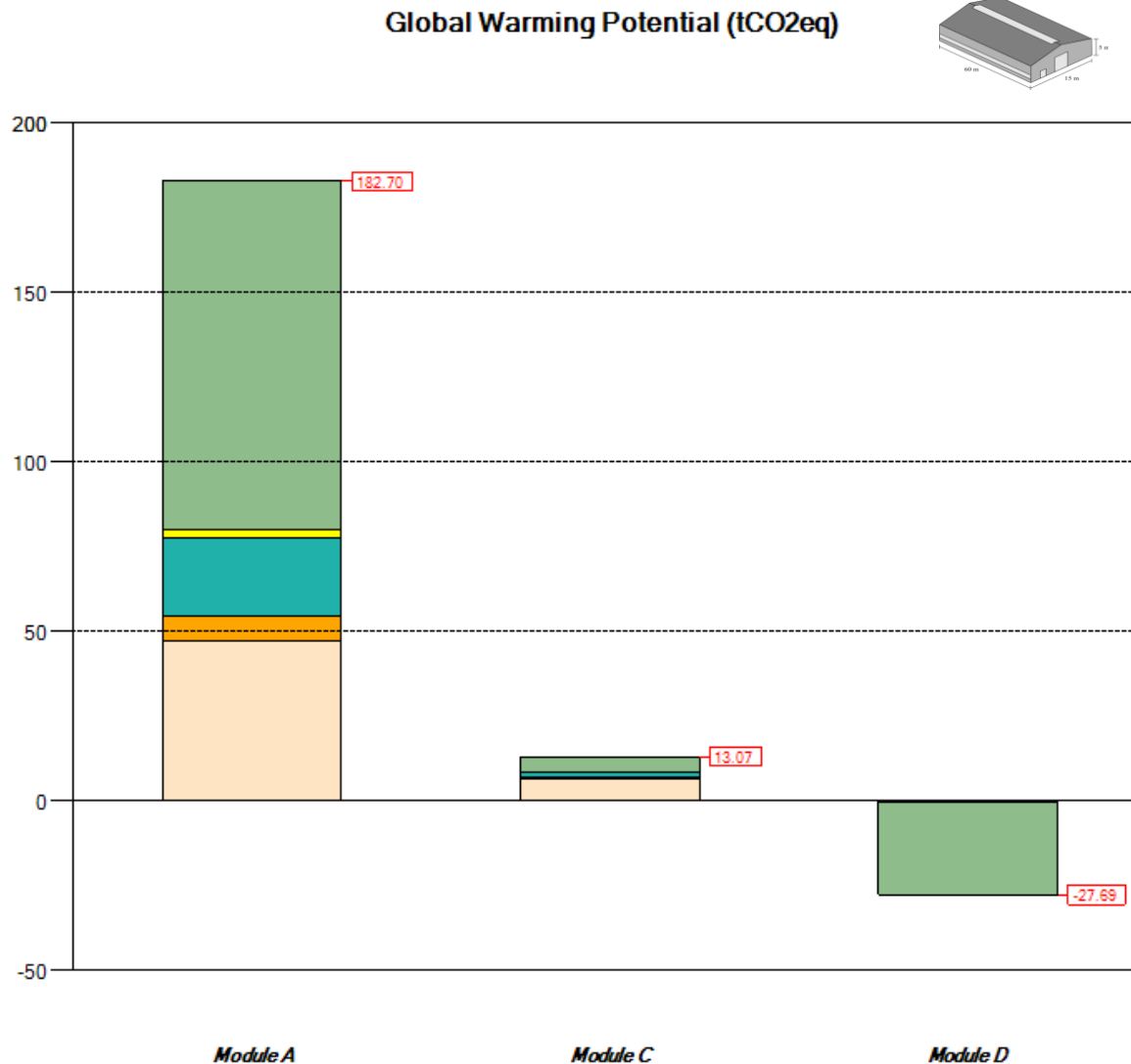
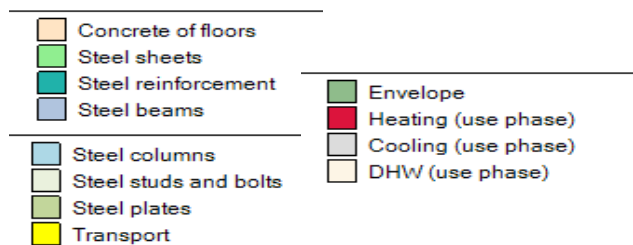


Global Warming Potential (tCO₂eq)

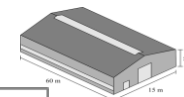
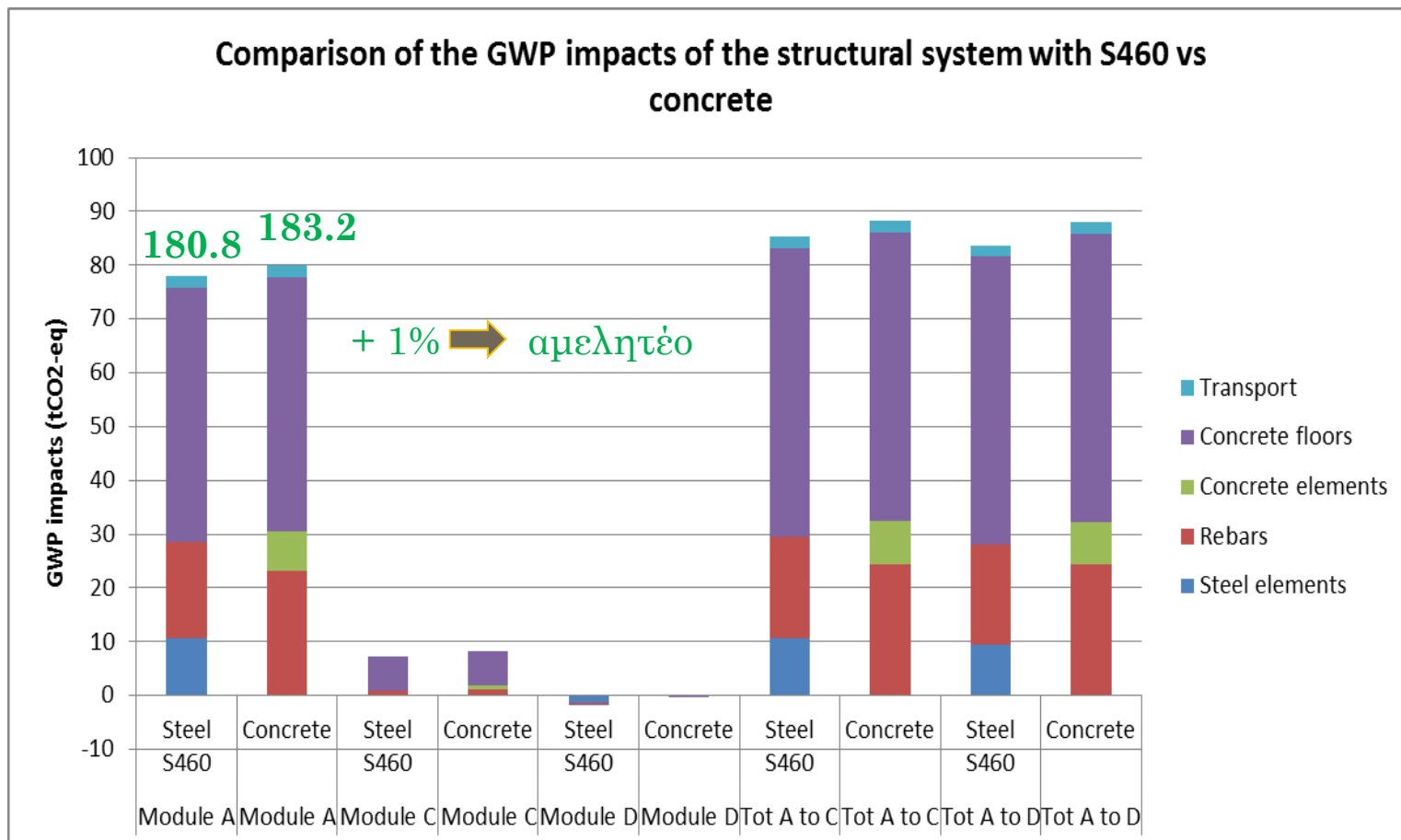


Concrete of floors	Steel columns	Envelope
Steel sheets	Steel studs and bolts	Heating (use phase)
Steel reinforcement	Steel plates	Cooling (use phase)
Steel beams	Transport	DHW (use phase)

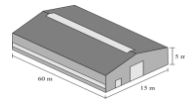
- Το module A έχει συνολικό αντίκτυπο GWP 182.70t CO₂-eq
- Οι συνολικές επιπτώσεις GWP της κατασκευής είναι ίσες με 79.94 t CO₂-eq, το 40% οφείλεται στην πλάκα σκυροδέματος του ισογείου



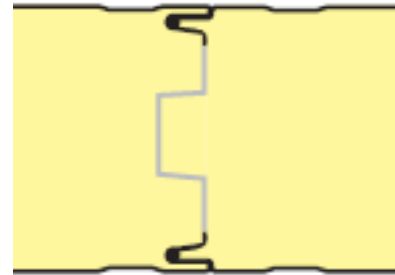
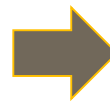
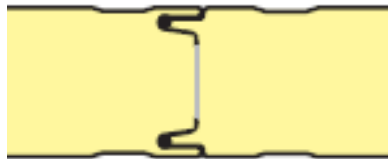
Επιπτώσεις GWP



Τα περιβαλλοντικά οφέλη λόγω της αύξησης του πάχους μόνωσης



80 mm



200 mm

- Εύκολος υπολογισμός με το AMECO3
- Στάδιο χρήσης (module B): καθαρή εξοικονόμηση 888 tCO₂-eq
- Στάδιο παραγωγής & επεξεργασίας (module A) : αύξηση 13.12 t CO₂-eq, (λόγω μεγαλύτερης ποσότητας μόνωσης)
- Αμελητέα μείωση κατανάλωσης ενέργειας, τονίζει το ενδιαφέρον για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

*Μαριάννα Σταματιάδου
PhD Μηχ.Μηχανικός*

HMCS



Εργαστήριο

Ετερογενών Μειγμάτων

&

Συστημάτων Καύσης

hmcs.mech.ntua.gr

