



## Trajnostno vrednotenje jeklenih konstrukcij

### RAČUNSKI PRIMERI



**junij 2014**

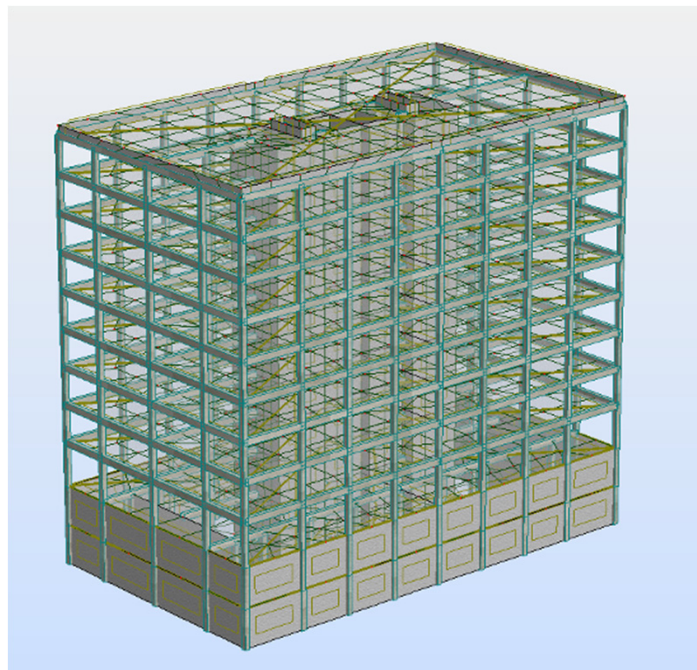


## Vsebina

- 1) Poslovna stavba: značilna gradnja poslovnih stavb na francoskem trgu**
- 2) Stanovanjska stavba: stanovanjska hiša CasaBuna v Romuniji**
- 3) Industrijska hala: jeklena in betonska okvirna konstrukcija v Parizu**

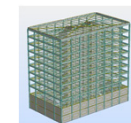


## Poslovna stavba: značilna gradnja poslovnih stavb na francoskem trgu





## Obseg študije



**Namen: primerjava okoljskega vpliva konstrukcije poslovne stavbe glede na različno izvedbo nosilne konstrukcije stavbe.**

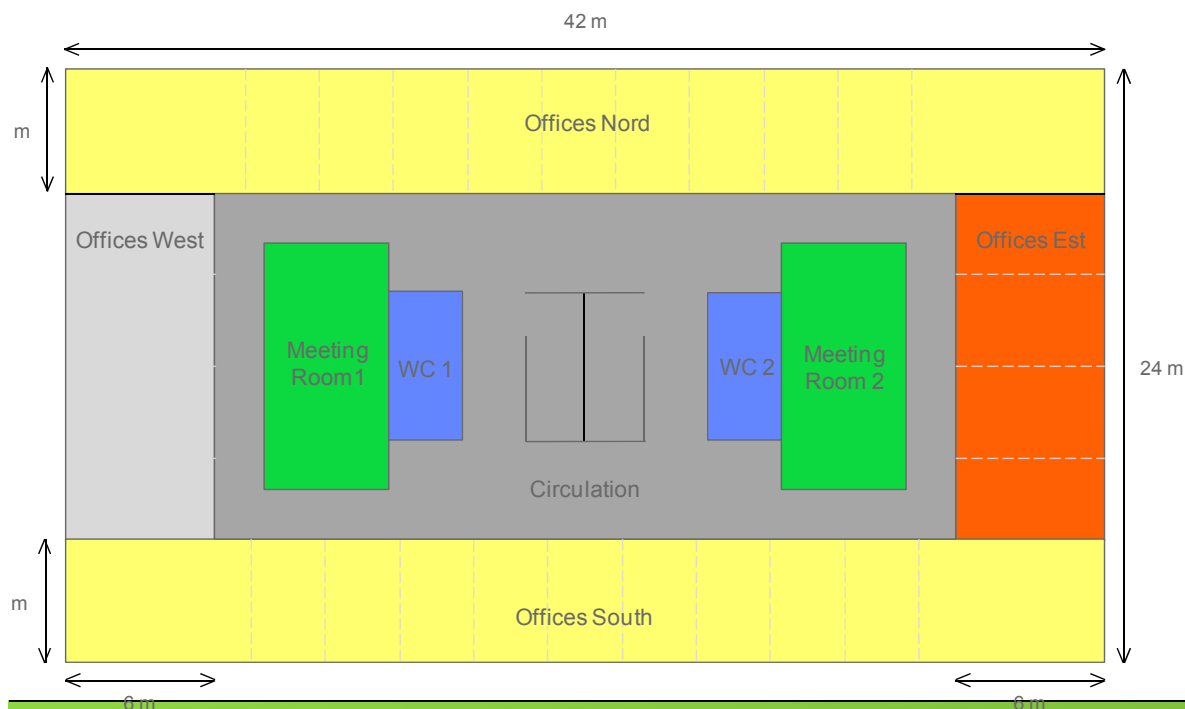
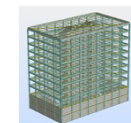
Analizirani so trije tipi konstrukcijskega sistema stavbe:

- sovprežna konstrukcija iz jekla in betona,
- betonska konstrukcija in
- optimizirana sovprežna konstrukcija iz jekla in betona (optimizacija temelji na principu okoljsko primerne zasnove (angl. ECO-Design)).



## Opis stavbe

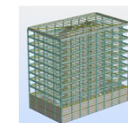
- tlorisna površina: 42x24 m
- število etaž nosilne konstrukcije (brez pritličja): 8
- stavba se nahaja v Parizu



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 <sup>2</sup>		
Total area of building	9311	m <sup>2</sup>		
Structure only	No			
Building type	Office			



## Komponente ovoja



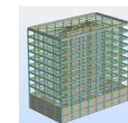
	sever/jug [m <sup>2</sup> ]	zahod/vzhod [m <sup>2</sup> ]	celota [m <sup>2</sup> ]
Stene	908	523	1431
zasteklitev	389	224	613
celota površine	1297	747	4088

Facade					
Direction	North	East	South	West	
Facade area	1297,44	746,64	1297,44	746,64	m²
Opening area	30	30	30	30	%

- fasada: lahki jekleni paneli, izolirani s 50mm ekstrudiranega polistirena (XPS)
- okna: dvojna zasteklitev, sončna zaščita
- streha: izolacija z 18 cm ekspandiranega polistirena(EPS)



## Zasedenost in vgrajeni sistemi



Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport
Occupancy related data									
Comfort requirements									
Vrsta stavbe: poslovna stavba		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				
Systems									

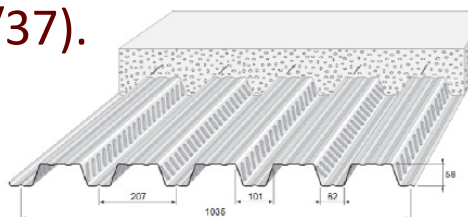
- ogrevanje & hlajenje: klimat
- mehansko prezračevanje z rekuperacijo toplote
- sistem DHW: električni bojler

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

## Variante konstrukcijske zasnove

### • Sovprežna konstrukcija iz jekla in betona

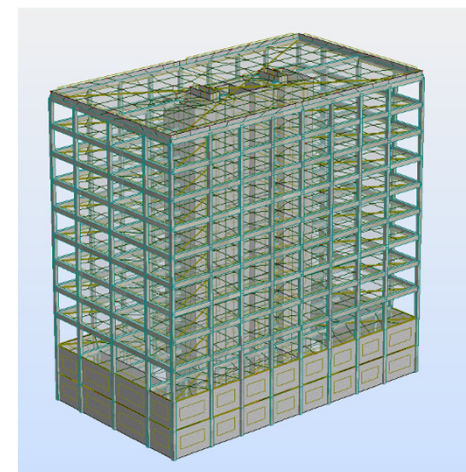
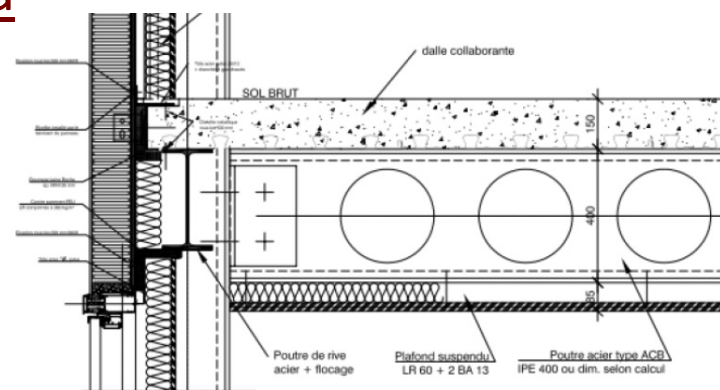
- sovprežni nosilci z odprtinami, jeklo S355,
- jeklena profilirana pločevina COFRA+60 s 15 cm betona (C30/37).



- **betonsko jedro** stavbe (C30/37)

### • Betonska konstrukcija

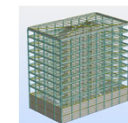
- armiranobetonska okvirna konstrukcija iz prečk in stebrov (C30/37),
- prefabricirane votle betonske plošče (C30/37),
- **betonsko jedro** stavbe (C30/37).



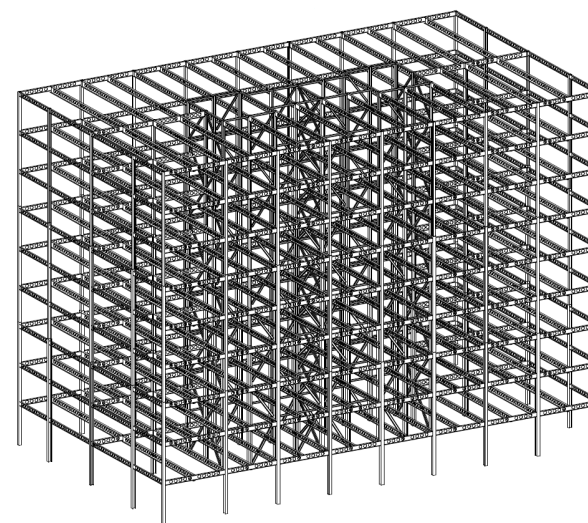
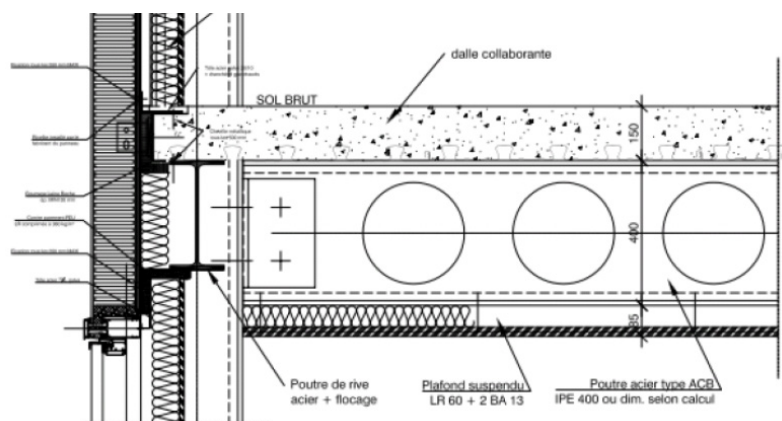




## Variante konstrukcijske zasnove

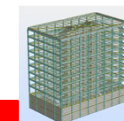


- Eko-optimizirana sovprežna konstrukcija iz jekla in betona
  - sovprežni nosilci, jeklo S460,
  - jeklena profilirana pločevina COFRA+60 s 15 cm betona (C30/37),
  - **jedro** stavbe tvorijo **jekleni okvirni s povezji** (jeklo S460).





## Nosilna konstrukcija poslovne stavbe

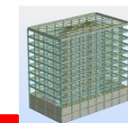


Komponenta nosilne konstrukcije	Varianta 1 Sovprežna konstrukcija	Varianta 2 Betonska konstrukcija	Varianta 3 Eko-optimizirana sovprežna konstrukcija
Glavni elementi	239,9 t jekl. profilov	1199 t betona	197.1 t jeklenih profilov
spoji iz jeklenih ploč.	14,99 t	/	11.827 t
jeklena armatura	/	59,1 t	/
betonsko jedro	beton C30/37 1941 t arm. palice 44,16 t	beton C30/37 1941 t arm. palice 44,16 t	/
Jedro iz jeklenega povezja	/	/	Jekleni profili: 75,46 t Spoji iz jekl. Pločevin: 6,04 t

Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	239.9	t
Columns (Hot rolled profiles)	0.0	t
Studs	0.0	t
Bolts	0.0	t
Plate Connections	14.99	t



## Talna plošča



Komponenta nosilne konstrukcije	Varianta 1 Sovprežna konstrukcija	Varianta 2 Betonska konstrukcija	Varianta 3 Eko-optimizirana sovprežna konstrukcija
Jekleni elementi	Cofraplus 60 : 70,6 t	/	Cofraplus 60 : 70,6 t
Celotna debelina	150 mm	240 mm + 70mm estriha	150 mm
Betonska plošča	2246 t	4688 t	2246 t
Jeklena armatura	16,56 t	16,56 t	16,56 t

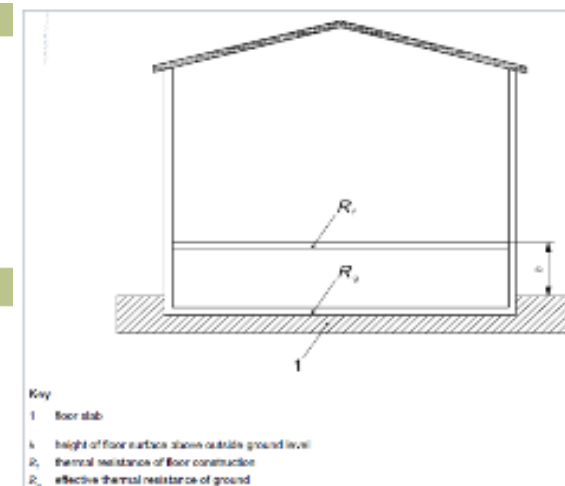
Steel elements		
Type of slab	Composite slab	▼
Steel deck	Cofraplus 60	▼
Thickness of the deck	0.750	▼ mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8.53	kg/m²
Mass of sheeting for the building	70.6	t
Minimum depth of the floor	100	mm

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

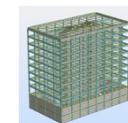
  

Total mass of the floor slabs	2805	t
-------------------------------	------	---





## Transport



- Transport jekla:
  - celotna masa: 369,6 t,
  - prevoz: 500 km z običajnimi tovornjaki.
- Transport betona:
  - celotna masa: 4676 t,
  - prevoz: 50 km s tovornjaki za prevoz svežega betona.



### Transport parameters

#### Steel elements

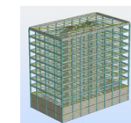
Total steel transported	369.6	t
Values for the transport impacts	User values	
Mass transported by electric train	0.0	t
Distance	0.0	km
Mass transported by regular trucks	369.6	t
Distance	500	km

#### Concrete elements

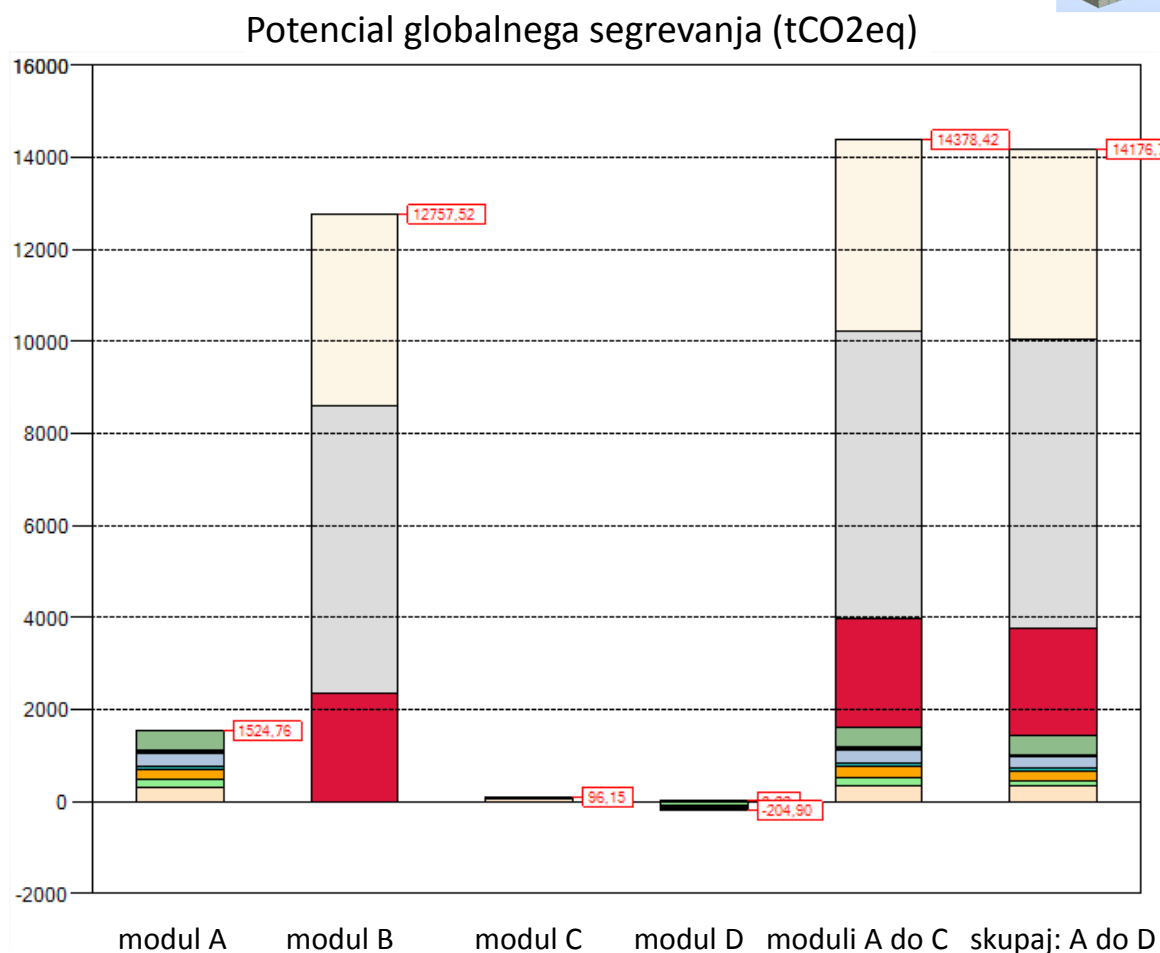
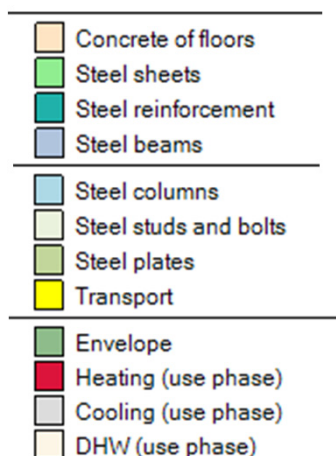
Total concrete transported	4676	t
Concrete produced on site	4676	t
Distance by mixer trucks	50.0	km
Prefabricated concrete	0.0	t
Distance by regular trucks	0.0	km



## Rezultati (jeklo S355)

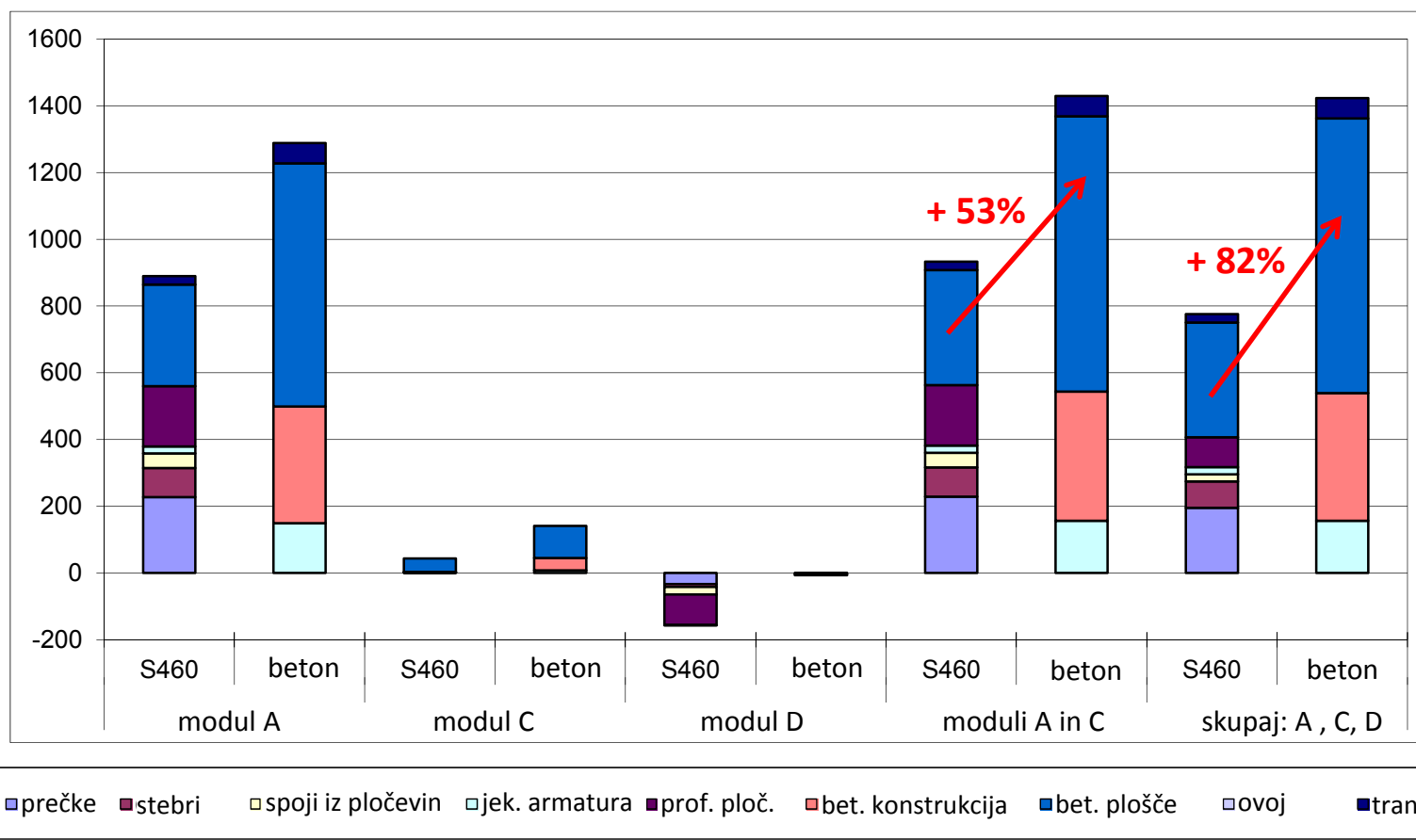
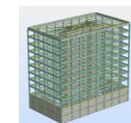


- Faza uporabe (modul B) prispeva okrog 90% globalnega vpliva GWP, ne glede na varianto konstrukcijske zasnove



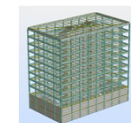


## Rezultati: vplivi GWP za jekleno (S460) in betonsko konstrukcijo





### Rezultati: zaključki



- Faza uporabe prispeva poglavitni del k okoljskemu vplivu stavbe tekom njenega življenjskega cikla. Posledično lahko **učinkovit fasadni sistem** pomembno prispeva k optimizaciji rezultatov LCA celotne stavbe. Toda to je neodvisno od **konstrukcijskega tipa stavbe**.
- **Sovprežne konstrukcije iz vročevaljanih profilov** predstavljajo boljšo rešitev z vidika trajnostnosti v primerjavi z betonsko izvedbo, tudi v primeru, ko ni upoštevan prispevek reciklaže. Z upoštevanjem postopka reciklaže v fazi po koncu življenjskega cikla se razlika v vplivih med jekleno in betonsko konstrukcijo še dodatno poveča (okrog 82%)
- Zmanjšanje porabe jekla na račun uporabe **jekla z visoko trdnostjo** še dodatno prispeva k zmanjšanju okoljskih vplivov stavbe.



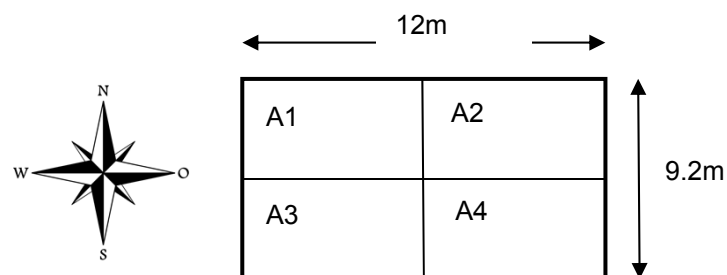
## Stanovanjska stavba: stanovanjska hiša CasaBuna v Romuniji







## Opis stavbe



- 4 stanovanja po 55m<sup>2</sup> neto tlorisne površine, enako porazdeljena v dveh etažah.
- Timisoara, Romunija

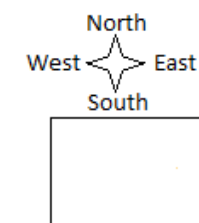


Project **Building** Envelope Base Floor Roof

### 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 <sup>2</sup>
Total area of building	220,8	m <sup>2</sup>
Structure only	No	▼
Building type	Residential	▼



#### Location

Country Romania ▼  
Location Timisoara ▼  
Display



## Komponente ovoja stavbe



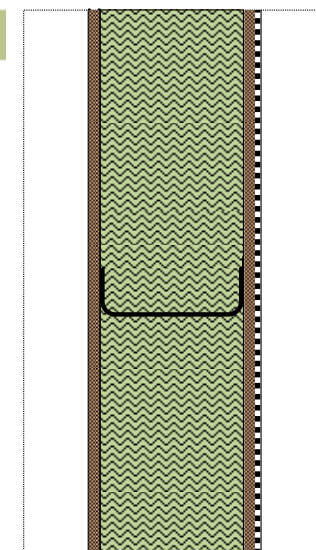
	sever/jug [m <sup>2</sup> ]	zahod/vzhod [m <sup>2</sup> ]	skupaj [m <sup>2</sup> ]
<b>stene</b>	47	41	87
<b>zasteklitev</b>	22	12	34
<b>Celotna površina</b>	69	53	122

### Definition of the building envelope

#### Facade

Direction	North	East	South	West	
Facade area	69.6	53.36	69.6	53.36	m <sup>2</sup>
Opening area	22	12	22	12	%

- fasada: lahki jekleni paneli, t. izolacija 120mm kamene volne
- okna: dvojna zasteklitev & aluminijasti okvirji
- streha: izolirana z 18 cm ekspandiranega polistirena





## Zasedenost & vgrajeni sistemi



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

Vrsta stavbe:  
stanovanjska  
stavba



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

- ogrevanje: plinski gorilnik
- brez sistema za hlajenje
- brez mehanskega prezračevanja
- sistem DHW: električni bojler

Description of building systems	
Heating system	
Heating system type	Gas fuel heater
Cooling system	
Cooling type system	No cooling
Mechanical ventilation system	
Heat recovery system	No
DHW system	
DHW system type	Electric boiler

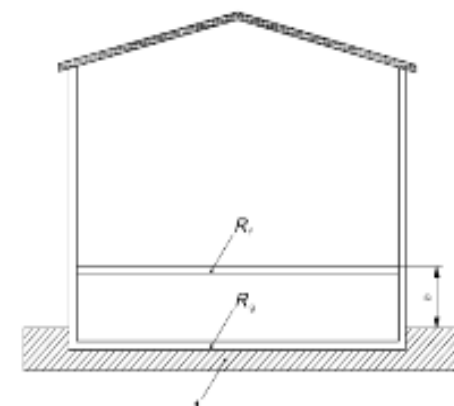


## Talna plošča & nosilna konstrukcija stavbe



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

- Dvignjena talna plošča, debeline 20 cm, armiran beton (0.7 t armature)



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

- Lahka jeklena okvirna konstrukcija tvori fasado in streho = brez dodatnih jeklenih nosilnih elementov

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



## Transport



- Transport jekla:
  - celotna masa: 1,6 t (armatura)
  - prevoz: povprečna evropska vrednost za transport jekla, za 1 t glede na povprečno razdaljo v Evropi
- Transport betona:
  - Celotna masa: 52 ton (talna plošča)
  - prevoz: 30km s tovornjaki za prevoz svežega betona

Roof Occupancy Systems Structure Floors **Transport** Results

### Transport parameters

#### Steel elements

Total steel transported	1,583	t
Values for the transport impacts	Average values	▼

#### Concrete elements

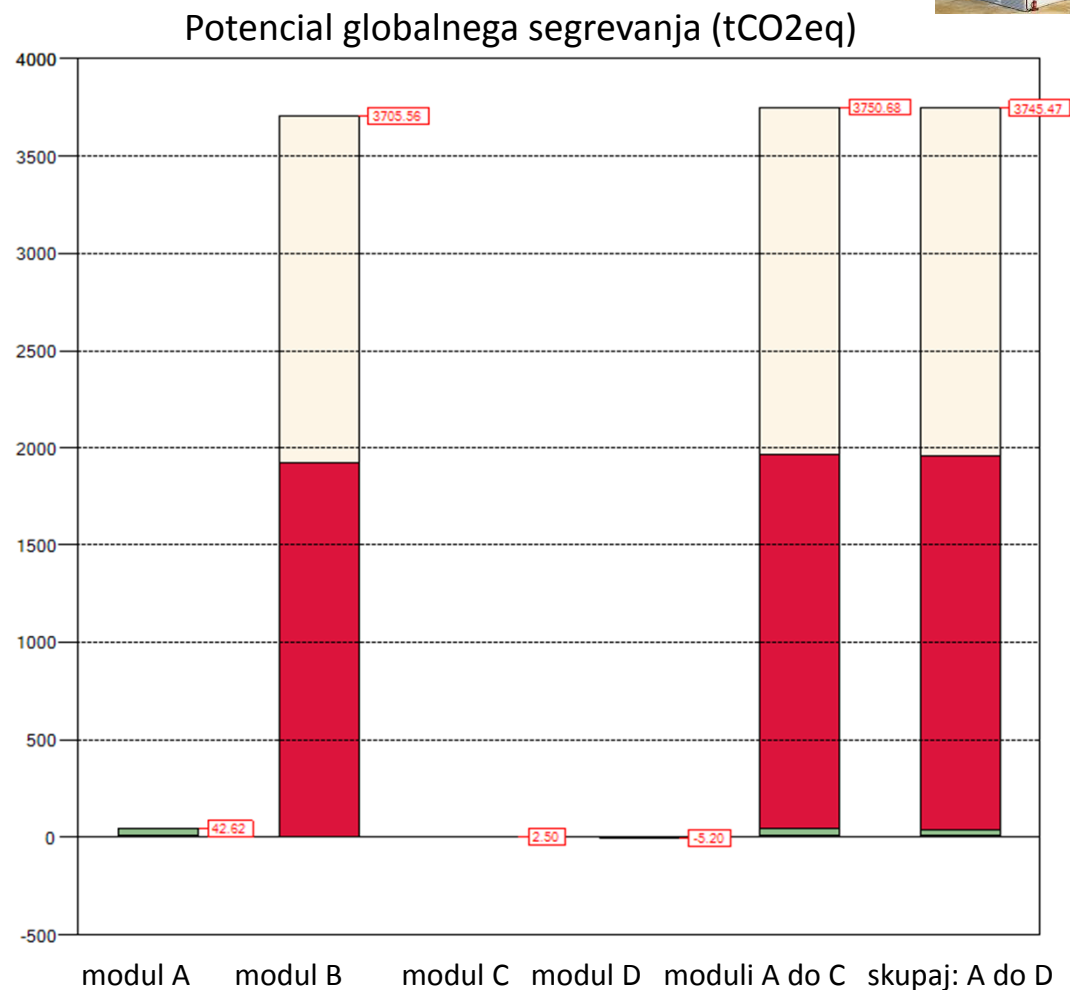
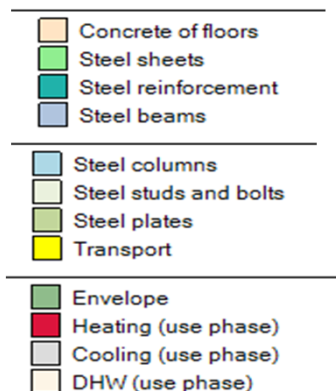
Total concrete transported	52,11	t
Concrete produced on site	52,11	t
Distance by mixer trucks	30,0	km
Prefabricated concrete	0,0	t
Distance by regular trucks	0,0	km



## Rezultati za stanovanjsko hišo CasaBuna



- Faza uporabe (modul B) prispeva okrog 99% celotnega vpliva GWP





## Poraba energije za ogrevanje

Faza uporabe: ogrevanje



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												
Q <sub>h,nd</sub>	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 <sup>2</sup>	4.1	2.7	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	3.7

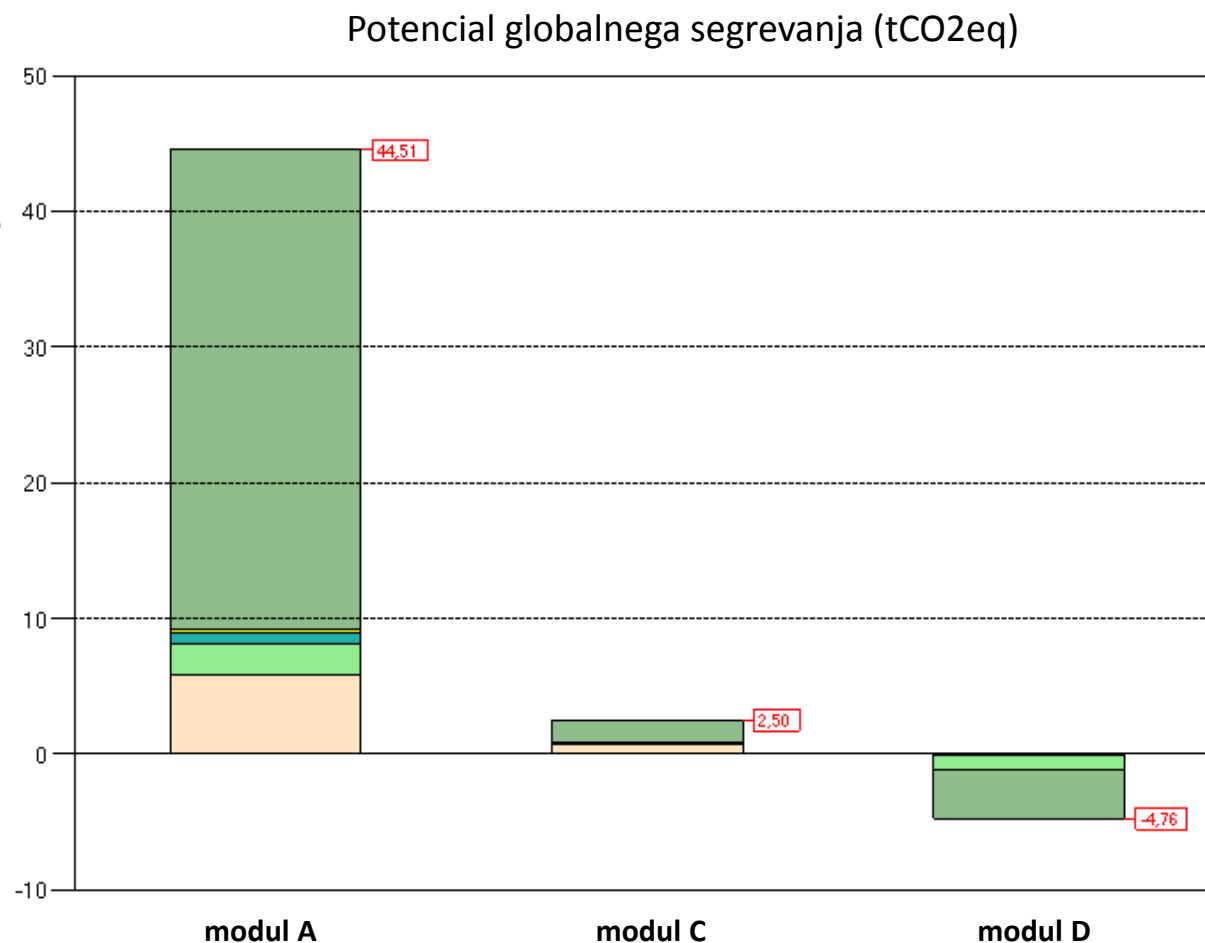
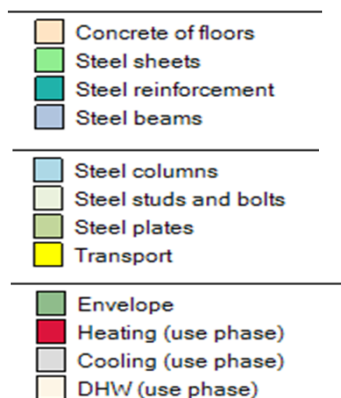
Energy Breakdowns		
Building totals for heating		
Energy need	3454.2	kWh/year
	15.6	kWh/m <sup>2</sup> /year
Delivered energy	3970.4	kWh/year
COP : 0.87	18.0	kWh/m <sup>2</sup> /year
Primary	341.5	kgoe/year
f <sub>conv</sub> : 0.086	1.5	kgoe/m <sup>2</sup> /year



## Rezultati: vpliv materialov



- Materiali ovoja stavbe prispevajo 79% celotnega vpliva GWP iz naslova faze proizvodnje materialov oz. elementov ter gradnje (modul A)







### Rezultati: zaključki

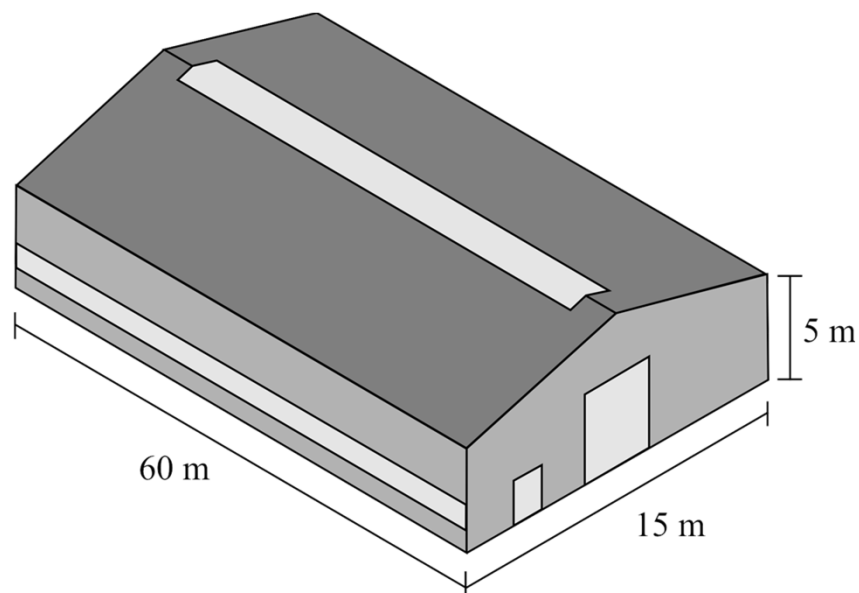


- ***Faza uporabe*** (Modul B) pri stanovanjskih stavbah predstavlja skoraj celoten vpliv na okolje.

Vpliv konstrukcijskega sistema je praktično zanemarljiv. Posledično lahko z učinkovitim fasadnim sistemom dosežemo korenito optimizacijo učinkovitosti celotne stavbe iz naslova trajnostne presoje življenjskega cikla stavbe.

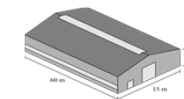


## Industrijska hala: jeklena in betonska okvirna konstrukcija v Parizu





## Namen in obseg študije



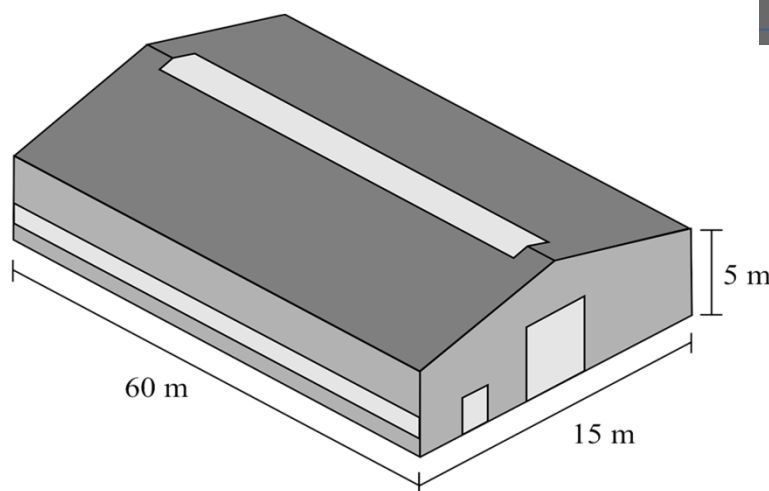
Primerjava rezultatov študije LCA za industrijsko halo v izvedbi dveh različnih konstrukcijskih sistemov:

- sistem členkasto vpetih jeklenih momentnih okvirov iz vročevaljanih profilov
- sistem s togo vpetimi stebri in členkasto pripetimi nosilci, armiranobetonski stebri in nosilci



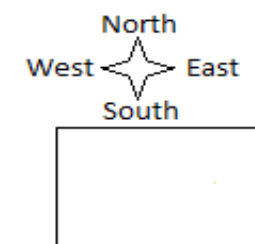


## Opis stavbe



Project	<b>Building</b>	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 <sup>2</sup>
Total area of building	900,0	m <sup>2</sup>
Structure only	No	<input type="button" value="v"/>
Building type	Industrial	<input type="button" value="v"/>



- Enoetažna industrijska hala, površina 900m<sup>2</sup>
- Pariz, Francija

Location	
Country	France <input type="button" value="v"/>
Location	Paris <input type="button" value="v"/>
<input type="button" value="Display"/>	



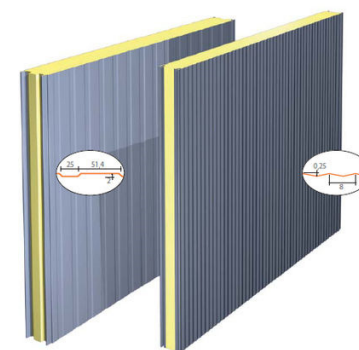
## Komponente ovoja

- fasada: sendvič paneli z 80mm PUR izolacije

*Energetsko učinkovitejša varianta: sendvič paneli z 200mm PUR izolacije*

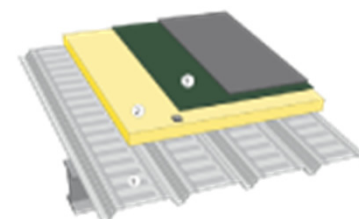
- okna: dvojna zasteklitev & aluminijasti okviri

Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
Facade properties							
Wall type	Sandwich panel (PUR 80 mm)						
U-value for walls	0,3			W/(m <sup>2</sup> .K)			
Opening type	Double glazing						
U-value for openings	2,9			W/(m <sup>2</sup> .K)			
Shading device type	No shading device						
Shutter type	No shutter						



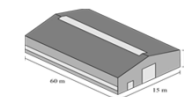
- streha: vodonepropustna membrana s 140mm debelo izolacijo iz mineralne volne

Roof	
Roof type	Waterproof membrane
U-value for the roof (flat part)	0,31





## Talna plošča



Komponenta nosilne konstrukcije	Varianta 1 Jeklen okvir S235	Varianta 2 Jeklen okvir S460	Varianta 3 Betonski okvir
Talna plošča		beton: 425,7 kg armatura: 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)

Key

1 floor slab

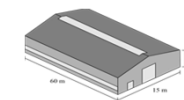
2 ground

w thickness of external walls

Figure 1 — Schematic diagram of slab-on-ground floor



## Zasedenost in vgrajeni sistemi



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

Vrsta stavbe:  
industrijska  
stavba



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

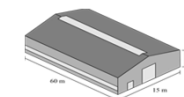
Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

- ogrevanje: plinski gorilnik
- brez sistema za hlajenje
- brez mehanskega prezračevanja
- brez sistema DHW

Description of building systems	
Heating system	
Heating system type	Gas fuel heater
Cooling system	
Cooling type system	No cooling
Mechanical ventilation system	
Heat recovery system	No
DHW system	
DHW system type	No DHW



## Nosilna konstrukcija



Komponenta nosilne konstrukcije	Varianta 1 Jeklen okvir S235	Varianta 2 Jeklen okvir S460	Varianta 3 Betonski okvir
nosilci	IPE 450 (6,88t)	IPE 330 (4,33 t)	Prefabriciran element T80 (34,19 t) armatura BSt500 202.5 kg/m <sup>3</sup> (2,93 t)
stebri	primarni: IPE400 sekundarni: HEA480 (4,17 t)	primarni: IPE400 sekundarni: HEA480 (4,17 t)	Betonski prerez 0.4x0.4m C30/37 (30,12 t) armatura BSt500 108,1 kg/m <sup>3</sup> (1,38 t)
vijaki	43 kg		/
pločevinasti spoji	336 kg		/

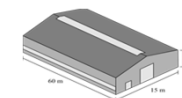
[Occupancy](#)
[Systems](#)
[Structure](#)
[Floors](#)
[Transport](#)

Steel elements		
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





## Transport



- Transport jekla:
  - celotna masa: 26 t, prečke + stebri + vezni elementi
  - prevoz: povprečna evropska vrednost za transport jekla, za 1 t glede na povprečno razdaljo v Evropi
- Transport betona:
  - celotna masa: 425 t, prečke + stebri
  - prevoz: 30 km s tovornjaki za prevoz svežega betona



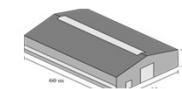
### Transport parameters

Steel elements	
Total steel transported	<input type="text" value="25.83"/> t
Values for the transport impacts	<input type="text" value="Average values"/>

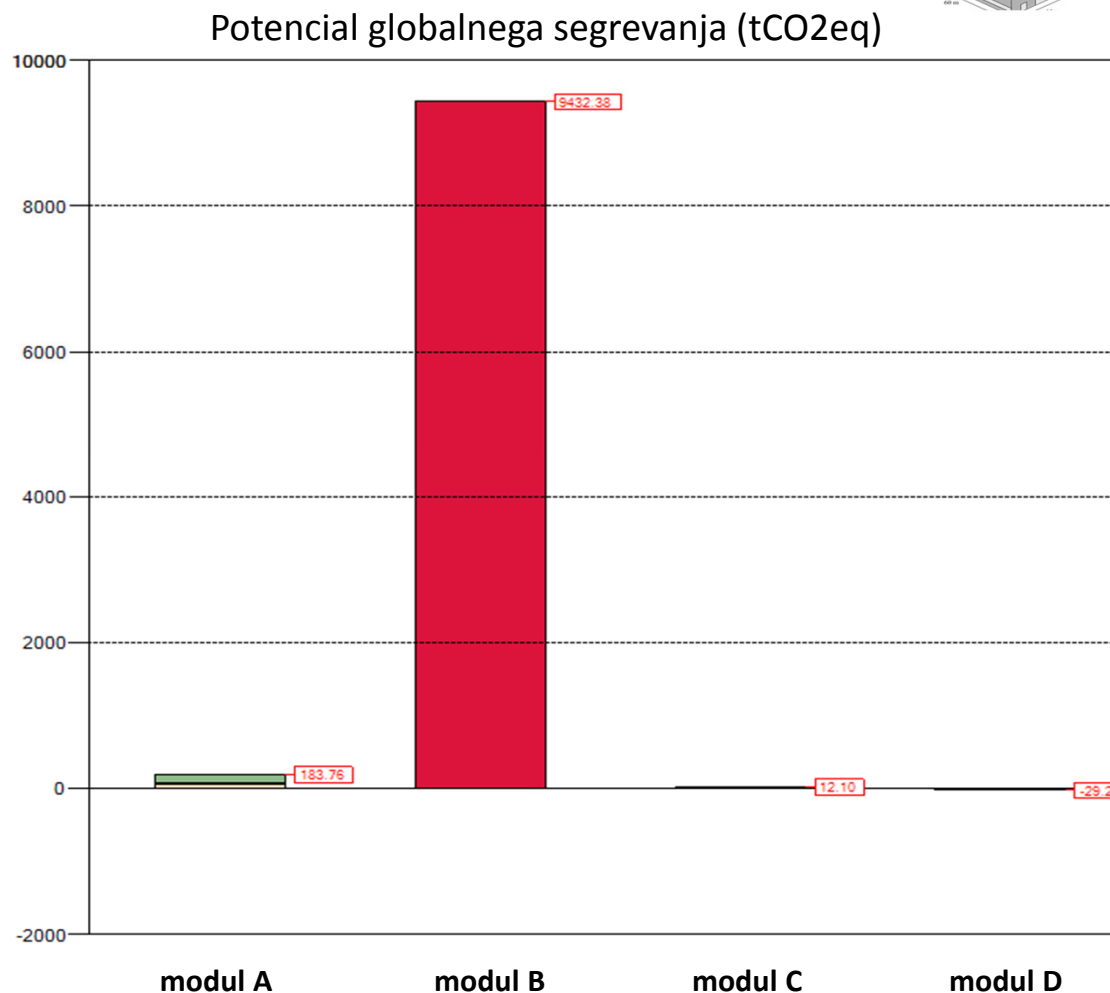
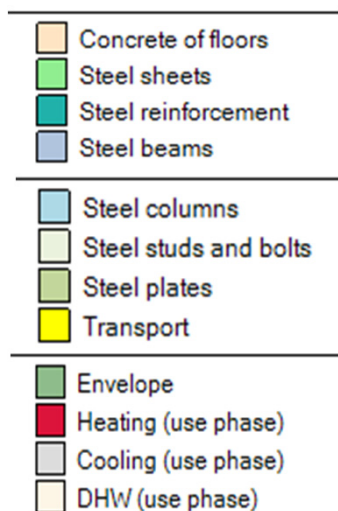
Concrete elements	
Total concrete transported	<input type="text" value="424.8"/> t
Concrete produced on site	<input type="text" value="424.8"/> t
Distance by mixer trucks	<input type="text" value="30.0"/> km
Prefabricated concrete	<input type="text" value="0.0"/> t
Distance by regular trucks	<input type="text" value="0.0"/> km



## Rezultati za industrijsko halo

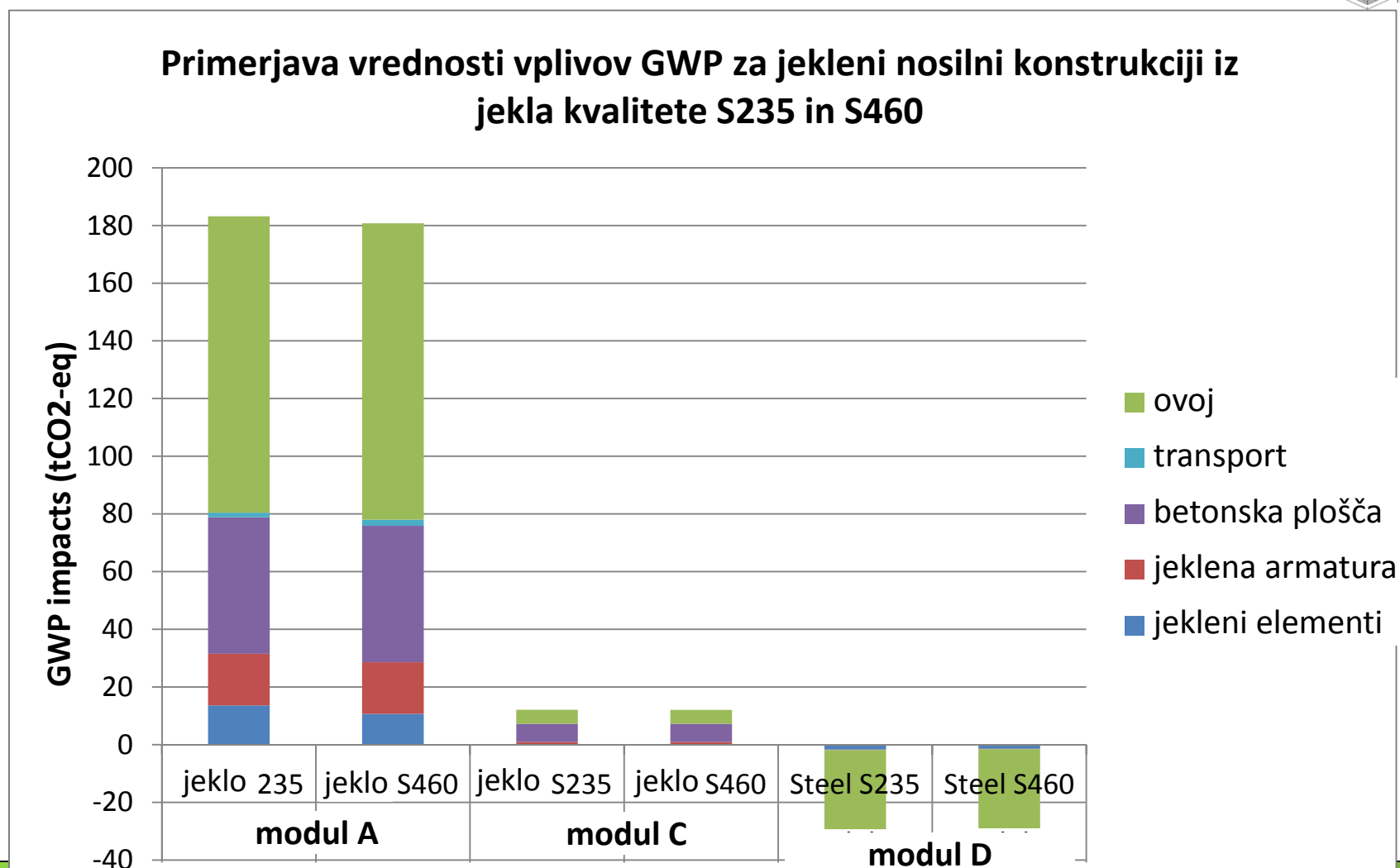
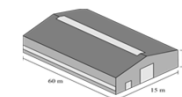


- **Faza uporabe** (modul B) prispeva okrog 99% celotne vrednosti vpliva GWP, ne glede na izvedbo nosilne konstrukcije hale



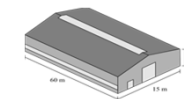


## Rezultati: jekleni nosilni konstrukciji (S235, S460)

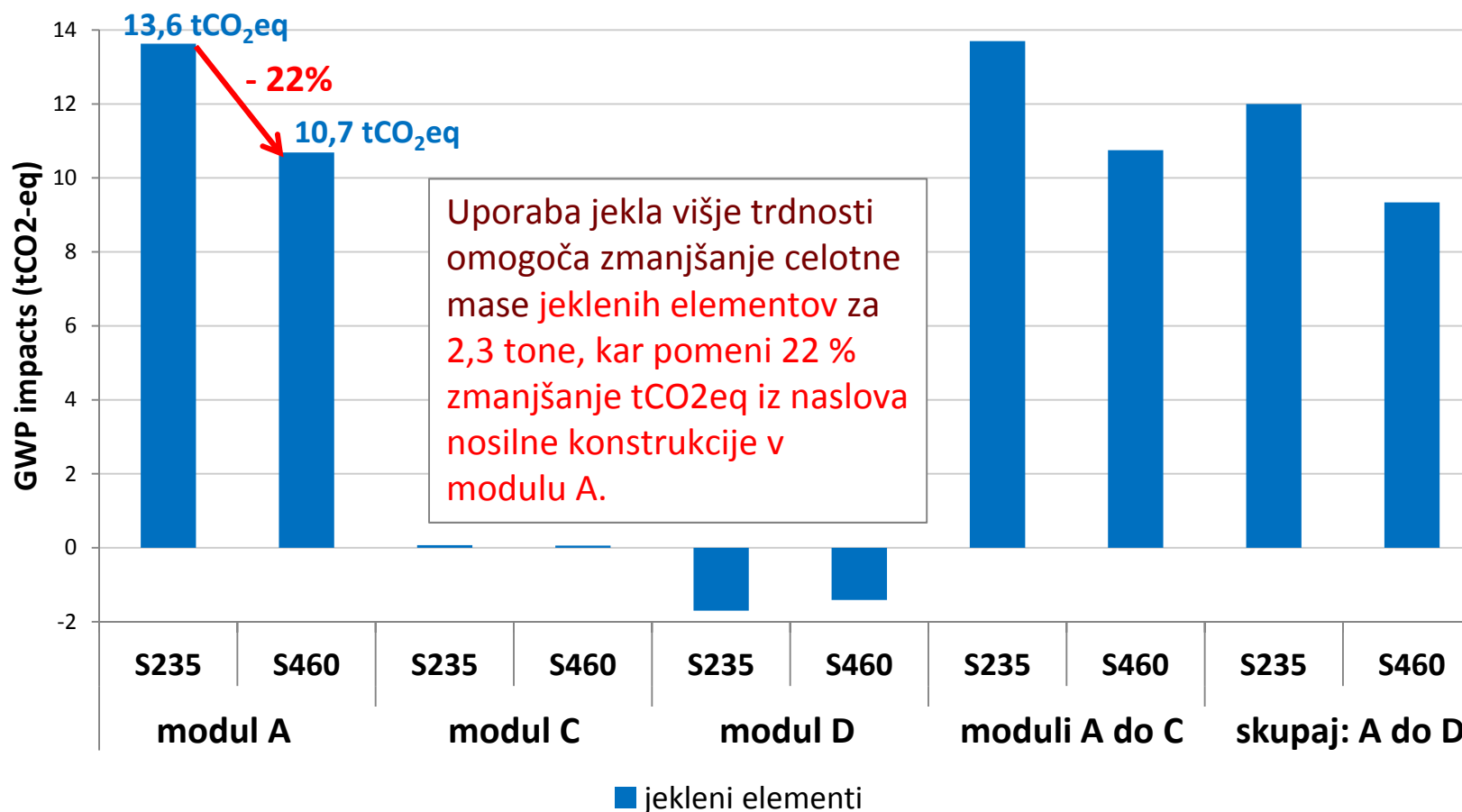




## Rezultati: jekleni nosilni konstrukciji (S235, S460)

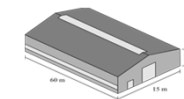


Vrednosti vplivov GWP za jekleni nosilni konstrukciji iz jekla kvalitete S235 in S460





## Rezultati: Modul D za jekleno konstrukcijo S460



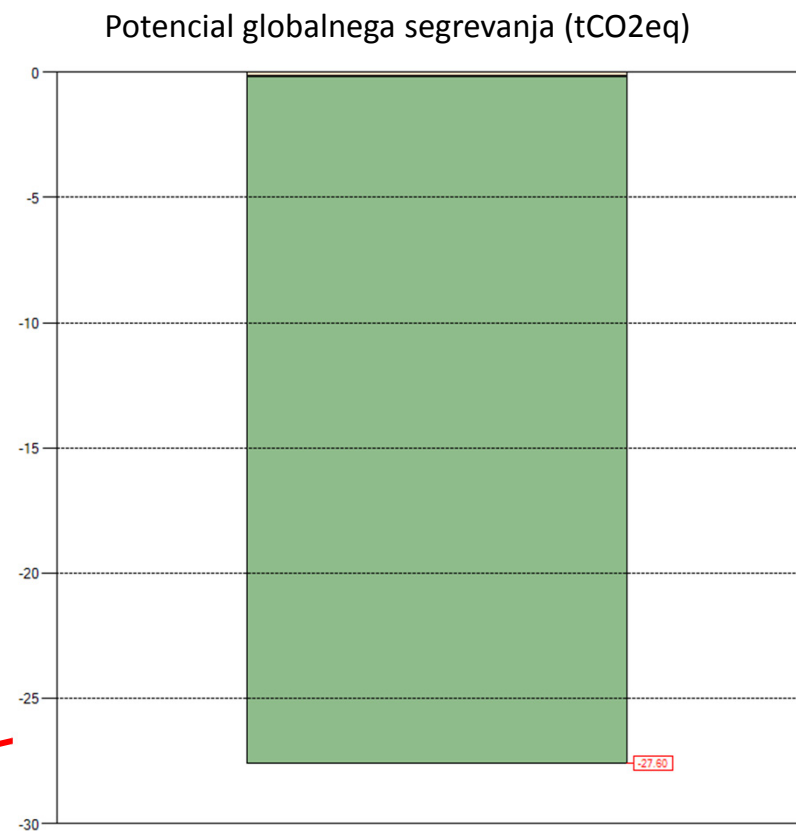
- **Modul D** (uporabni material in okoljske obremenitve zunaj meja sistema) za jekleno konstrukcijo S460 prispeva celoten vpliv GWP v vrednosti:

-27,6 t CO<sub>2</sub>eq

- Poudarek na koristi recikliranega materiala iz komponent ovoja stavbe:

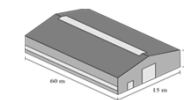
- *elementi lahke jeklene okvirne konstrukcije* fasadnih komponent
- *jeklena profilirana pločevina* strehe

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)

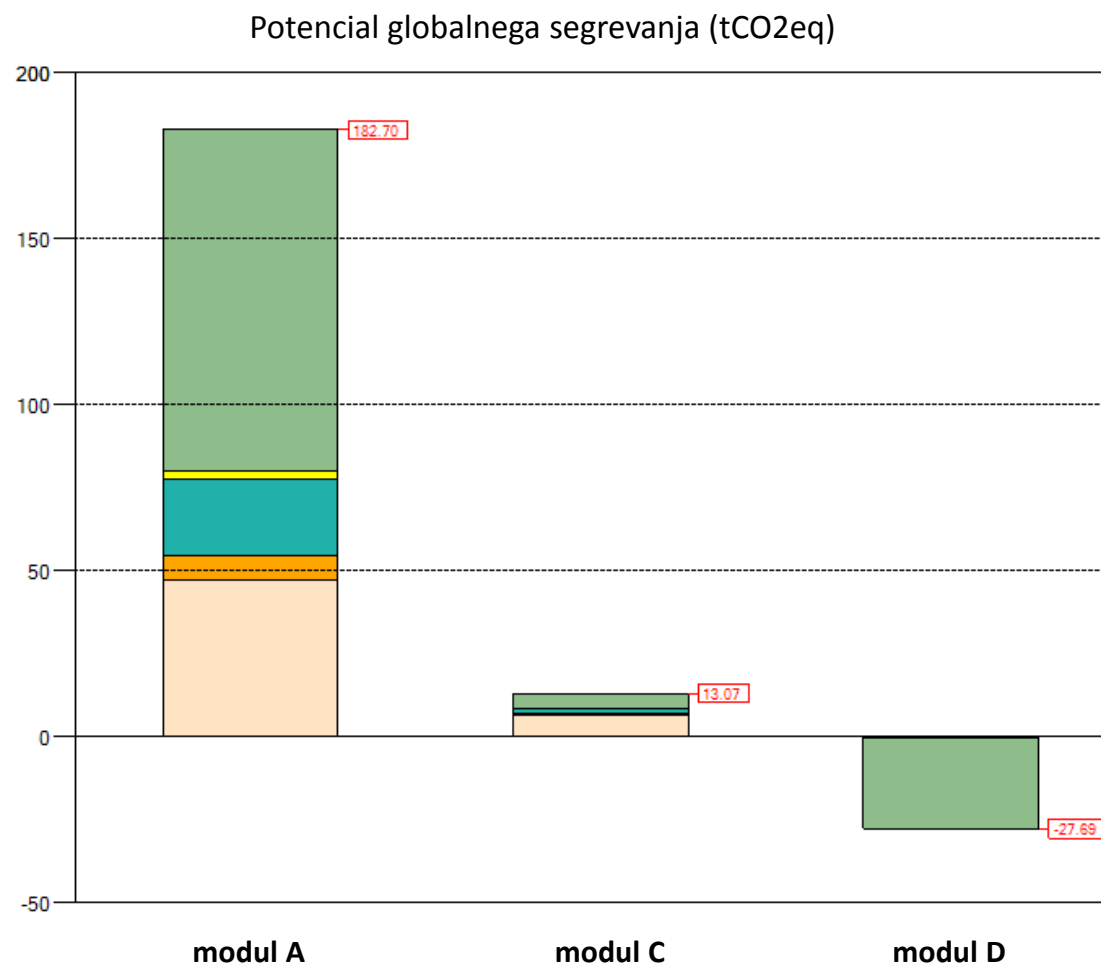
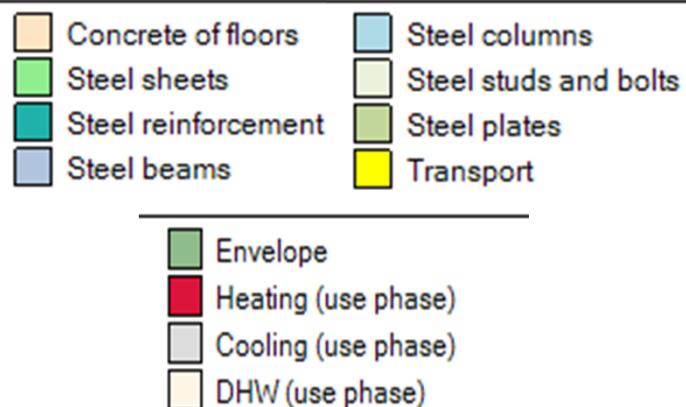




## Rezultati: betonska konstrukcija

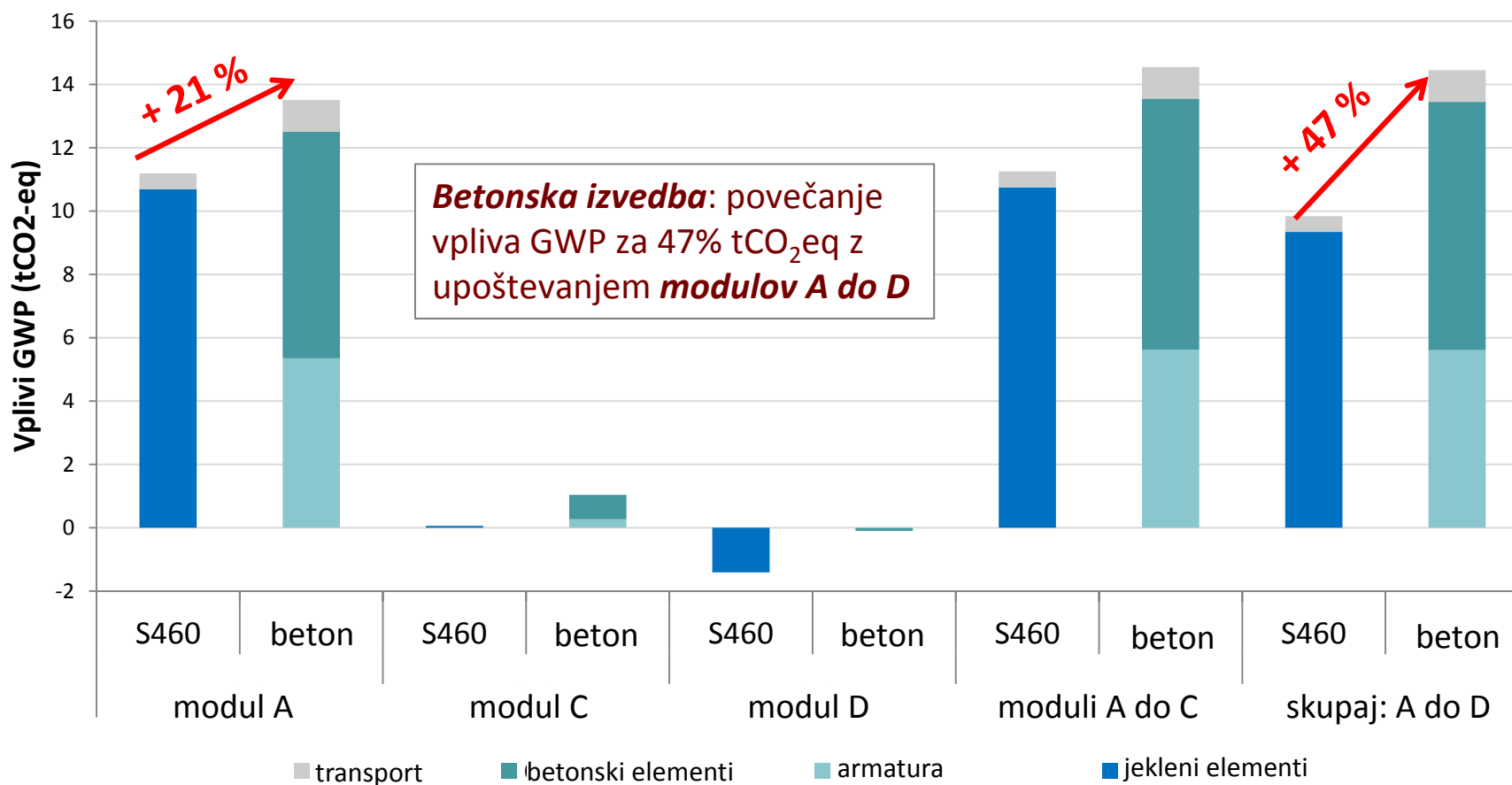
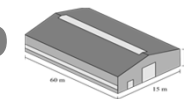


- **modul A:** celoten vpliv GWP = 183 tCO<sub>2</sub>eq
- celoten vpliv GWP *konstrukcijskega sistema* = 80 tCO<sub>2</sub>eq, s 40% deležem za beton (talna plošča).



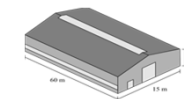


## Rezultati: primerjava vplivov GWP za betonsko in jekleno konstrukcijo

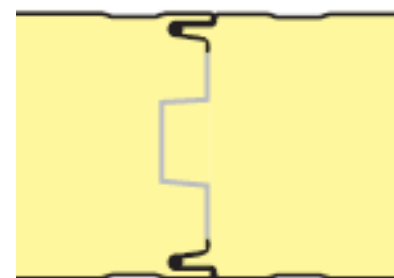
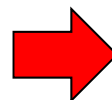




## Analiza okoljskih koristi zaradi povečane debeline toplotne izolacije



80 mm



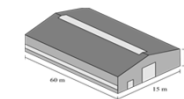
200 mm

- enostavna analiza v AMECO3: uporabniku prijazen program
  - **faza uporabe** (modul B): neto zmanjšanje 888 tCO<sub>2</sub>eq
  - **faza proizvodnje in gradnje** (modul A) : povečanje vpliva GWP za 13 tCO<sub>2</sub>eq, na račun večje količine izolacijskega materiala
- V primerjavi z redukcijo potrebne energije v fazi uporabe, je zgoraj dobljena vrednost povečanja vpliva praktično zanemarljiva, kar potrjuje smotrnost koncepta izboljšave energijske učinkovitosti stavbe.





## Rezultati: zaključki



- **Faza uporabe** prispeva poglavitni del k okoljskemu vplivu stavbe tekom njenega življenjskega cikla. Posledično lahko **učinkovit fasadni sistem** pomembno prispeva k optimizaciji rezultatov LCA celotne stavbe.
- **Jeklene konstrukcije iz vroče valjanih profilov** so iz trajnostnega vidika boljše od **betonskih**. Omenjeno velja tudi v primeru, ko reciklaža v izračunu ni upoštevana. Z upoštevanjem **reciklaže** materialov v **fazi po koncu življenjske dobe** (vedno mogoča reciklaža jekla in presoja zdrobljenega betona), se razlika med vplivi jeklene in betonske variante nosilne konstrukcije še poveča.
- Zmanjšanje porabe jekla na račun uporabe **jekla visoke trdnosti** prispeva k zmanjšanju okoljskih vplivov stavbe.