



Trajnostno vrednotenje jeklenih konstrukcij

Priročnik za projektiranje



Uvod

- Glavni namen priročnika je zagotoviti informacije v zvezi z različnimi koraki, pri analizi okoljske presoje jeklenih in sovprežnih stavb v programu AMECO 3.
- Vsebina priročnika zajema:
 - opis računskega postopka
 - navodila za uporabo programskega orodja AMECO 3
 - prikaz uporabe programa AMECO 3 na študijskih primerih



Uvod

- Priročnik za uporabo je sestavljen iz 8 poglavij:
 - Poglavje 1 – Uvod in namen
 - Poglavje 2 – Programska koda in sistemsko okolje
 - Poglavje 3 – Splošne značilnosti programa AMECO 3
 - Poglavje 4 – Tehnični opis programa AMECO 3
 - Poglavje 5 – Rezultati programa
 - Poglavje 6 – Navodila za uporabo programa AMECO 3
 - Poglavje 7 – Računski primeri
 - Poglavje 8 – Viri



Uvod

- Priročnik za uporabo je sestavljen iz 8 poglavij:
 - Poglavlje 1 – Uvod in namen
 - Poglavlje 2 – Programska koda in sistemsko okolje
 - **Poglavlje 3 – Splošne značilnosti programa AMECO 3**
 - Poglavlje 4 – Tehnični opis programa AMECO 3
 - Poglavlje 5 – Rezultati programa
 - Poglavlje 6 – Navodila za uporabo programa AMECO 3
 - Poglavlje 7 – Računski primeri
 - Poglavlje 8 – Viri



Splošne značilnosti programa AMECO 3

- **AMECO 3** se uporablja za stavbe in mostove, zgrajene iz jekla in betona
- Upošteva **24 kazalnikov za okoljske vplive** znotraj sledečih skupin:
 - količine za opis vplivov na okolje,
 - količine za opis porabe materialnih virov, sekundarnih materialov (odpadni material) in goriv ter porabe vode,
 - druge okoljske informacije za opis kategorij odpadkov,
 - druge okoljske informacije za opis izhodnih materialnih tokov.



Splošne značilnosti programa AMECO 3

- Nadalje je vsak od prej naštetih kazalnikov vpliva razdeljen v **4 module**:
 - modul A: faza proizvodnje in faza gradnje
 - modul B: faza uporabe
 - modul C: faza ob koncu življenjskega cikla
 - modul D: faza, ki zajema vplive na okolje in morebitne koristi iz procesa reciklaže preko sistemskih meja



TRAJNOSTNO VREDNOTENJE JEKLENIH KONSTRUKCIJ



Modul A

FAZA PROIZVODNJE			FAZA GRADNJE	
A1	A2	A3	A4	A5
pridobivanje surovin	transport	proizvodnja izdelkov	transport	gradnja – proces vgradnje

obvezno

Modul B

FAZA UPORABE				
B1	B2	B3	B4	B5
uporaba	vzdrževanje	popravilo	zamenjava	obnova
B6	poraba energije za obratovanje			
B7	poraba vode za obratovanje			

Modul C

FAZA OB KONCU ŽIVLJENJSKEGA CIKLA			
C1	C2	C3	C4
Razgradnja, demontaža	transport	obdelava odpadkov	Deponiranje odpadkov

Modul D

FAZA , KI ZAJEMA VPLIVE NA OKOLJE PREKO SISTEMSKIH MEJA
D
Ponovna uporaba- obnova- reciklaža- potencial

EPD od zibelke do vrat tovarne

obvezno

neobvezno

EPD od zibelke do vrat z izbiro

obvezno

neobvezno

EPD od zibelke do groba



Splošne značilnosti programa AMECO 3

- Upoštevani kazalniki vplivov

Indeks	Razpoložljivost podatkov	Kratica	Opis	Enota
Vplivi na okolje				
1	Da	GWP	potencial globalnega segrevanja	tCO ₂ eq
2	Da	ODP	potencial razgradnje ozona	t _{CFCEq}
3	Da	AP	potencial zakisljevanja	t _{SO2eq}
4	Da	EP	potencial eutrofikacije	t _{PO4eq}
5	Da	POCP	potencial fotokemičnega nastanka ozona	t _{Etheneeq}
6	Da	ADP-e	potencial porabe abiotskih virov - elementi	t _{Sbeq}
7	Da	ADP-ff	potencial porabe abiotskih virov – fosilna goriva	GJ NCV



Splošne značilnosti programa AMECO 3

- Upoštevani kazalniki vplivov

Indeks	Razpoložljivost podatkov	Kratica	Opis	Enota
Poraba virov, odpadnega materiala in goriv				
8	Ne	RPE	poraba obnovljive primarne energije, brez upoštevanja obnovljivih virov primarne energije uporabljenih za surovine	GJ NCV
9	Ne	RER	poraba obnovljivih virov primarne energije uporabljenih za surovine	GJ NCV
10	Da	RPE-total	celotna poraba obnovljive primarne energije (primarna energija in viri primarne energije uporabljeni za surovine)	GJ NCV
11	Ne	Non-RPE	poraba neobnovljive primarne energije, brez upoštevanja neobnovljivih virov primarne energije uporabljenih za surovine	GJ NCV
12	Ne	Non-RER	poraba neobnovljivih virov primarne energije uporabljenih za surovine	GJ NCV
13	Da	Non-RPE-total	celotna poraba neobnovljive primarne energije (primarna energija in viri primarne energije uporabljeni za surovine)	GJ NCV
14	Ne	SM	poraba odpadnih materialov	t
15	Ne	RSF	poraba obnovljivih odpadnih goriv	GJ NCV
16	Ne	Non-RSF	poraba neobnovljivih odpadnih goriv	GJ NCV
17	Da	NFW	neto poraba sladke vode	103 m3



Splošne značilnosti programa AMECO 3

- Upoštevani kazalniki vplivov

Indeks	Razpoložljivost podatkov	Kratica	Opis	Enota
Okoljske informacije za opis kategorij odpadkov				
18	Da	HWD	deponirani nevarni odpadki	t
19	Da	Non-HWD	deponirani nenevarni odpadki	t
20	Da	RWD	deponirani radioaktivni odpadki	t
Okoljske informacije za opis izhodnih materialnih tokov				
21	Ne	CR	komponente namenjene ponovni uporabi	t
22	Ne	MR	materiali za reciklažo	t
23	Ne	MER	materiali za energetska predelavo	t
24	Ne	EE	izvožena energija	t



Splošne značilnosti programa AMECO 3

- Glavna dodatna funkcija programa Ameco 3 v primerjavi s prejšnjimi verzijami je upoštevanje **faze uporabe** pri izračunu okoljskih vplivov.
- S tem je omogočena **ocena energijskih potreb** za različen nabor instalacijskih sistemov v stavbi (ogrevanje, hlajenje, ...).
- V izračunih so upoštevane različne (mednarodni) standardi, npr. SIST EN ISO-13370, SIST EN ISO-13789 in SIST EN ISO-13790, SIST EN 15316.
- Nadgrajena funkcija v zvezi s fazo uporabe je mogoča le v primeru analize stavb!



Definicija projekta v programu AMECO 3

- Za izračun okoljskih vplivov je potrebno najprej definirati podatke v zvezi:
 - s konstrukcijo,
 - z načinom transporta elementov na gradbišče in
 - z načinom, kako bodo vgrajeni elementi uporabljeni po porušitvi stavbe.
- **Konstrukcijo stavbe** opišemo:
 - z definicijo splošnih parametrov (geometrija stavbe, lokacija, vrsta stavbe glede na uporabo...),
 - z definicijo stropnih plošč,
 - z definicijo nosilne konstrukcije,
 - z ovojem stavbe (fasada in streha),
 - z zasedenostjo stavbe (delitev v tri časovne intervale v dnevu, razlikovanje med delovnimi dnevi in dnevoma med vikendom),
 - z v stavbo vgrajeni sistemi (ogrevalni sistem, sistem za hlajenje, prezračevanje ...),
 - s predpostavkami o transportu in
 - s fazo ob koncu življenjskega cikla.



Uvod

- Priročnik za uporabo je sestavljen iz 8 poglavij:
 - Poglavlje 1 – Uvod in namen
 - Poglavlje 2 – Programska koda in sistemsko okolje
 - Poglavlje 3 – Splošne značilnosti programa AMECO 3
 - **Poglavlje 4 – Tehnični opis programa AMECO 3**
 - Poglavlje 5 – Rezultati programa
 - Poglavlje 6 – Navodila za uporabo programa AMECO 3
 - Poglavlje 7 – Računski primeri
 - Poglavlje 8 – Viri



Računski postopek

- Kot že omenjeno, AMECO 3 vključuje 24 kazalnikov za opis vplivov na okolje. Vsak od teh je razdeljen v štiri module:
 - modul A: faza proizvodnje in faza gradnje
 - modul B: faza uporabe
 - modul C: faza ob koncu življenjskega cikla
 - modul D: ponovno uporabni material in odpad zunaj meja obravnavanega sistema.
- Vsi 24 parametri sledijo istim enačbam.
- Edina razlika med enačbami je v vrednosti posameznih koeficientov, imenovanih '**koeficienti vpliva**'.
- Vrednosti teh koeficientov so v programu AMECO 3 vnaprej privzete in jih uporabnik ne more spreminjati.



Računski postopek

- Upoštevani koeficienti vpliva

Upoštevani koeficienti vpliva	Oznaka
RER: jeklena pločevina; vir Woordsteel	K_{RERSPI}
RER: jekleni prerezi; vir Woordsteel	$K_{RERSSec}$
GLO: jeklena armatura; vir Woordsteel	K_{GLOSt}
RER: vroče cinkano jeklo; vir Woordsteel	$K_{RERSHDG}$
DE: beton C20/25 PE	$K_{DEConC20}$
DE: beton C30/37 PE	$K_{DEConC30}$
DE: lepjen lameliran les PE [for 1kg]	K_{DEW}
GLO: vrednost odpadnega jekla; vir Woordsteel	K_{GLO}
Odstranitev jeklene stavbe - vpliv 1 kg obravnavanega materiala	$K_{SEBldgDem}$
CH: odstranitev, stavba, beton, nearmiran, na končno deponijo	K_{CHCon}
CH: odstranitev, stavba, beton, armaturno jeklo, na končno deponijo	K_{CHSt}
CH: odstranitev, stavba, beton, nearmiran, v sortirnico (vključno s 40 % na sanitarno deponijo)	$K_{CHConPit}$
CH: odstranitev, stavba, armaturno jeklo, v sortirnico	K_{CHSPit}
CH: odstranitev, beton, 5 % vode, na deponijo za inertne materiale	$K_{CHConLdf}$
CH: gramoz, nesortiran, v peskokopu	K_{CHGr}
RER: Deponija inertnih materialov (jeklo) - PE	$K_{RERSLdf}$
EU-27: sežig lesenih proizvodov (OSB, iverne plošče) ELCD/CEWEP <p-agg> [1kg lesa]	K_{EUWWu}
Dobitek iz zažiga odpadkov (agg minus p-agg)	K_{Wu}
EU-27: deponiranje lesenih proizvodov (OSB, iverne plošče) - PE <p-agg>	K_{EUWldf}
CH: odstranitev, inertni material, 0 % vode, na sanitarno deponijo	K_{CHLdf}
RER: transport z vlačilcem (primarna energija) [za 1 tkm]	K_{RERALT}
Transport z vlakom [za 1 tkm]	K_{Tr}
Transport s tovornjakom za prevoz betona [za 100 kgkm]	K_{Cont}
Povprečni evropski transport jekla [za 1 t glede na povprečno evropsko razdaljo]	K_{StAvg}
EU-27: proizvodnja električne energije - PE [1 kWh]	K_{EUERec}
Obnovljeni del električne energije	K_{EOR}
RER: jeklena pločevina; vir Woordsteel (vhodna odpadna surovina)	$K_{RERSPIO}$
RER: jekleni profili; vir Woordsteel (vhodna odpadna surovina)	$K_{RERSSecO}$
RER: Vroče cinkano jeklo; vir Woordsteel (vhodna odpadna surovina)	$K_{RERSHDGO}$
GLO: Jeklene armaturne palice; vir Woordsteel (vhodna odpadna surovina)	K_{GLOStO}

V Amecu so koeficienti vpliva definirani za 10 kazalnikov okoljskih vplivov. Za preostalih 14 kazalnikov so vrednosti koeficientov, zaradi pomanjkanja podatkov, nastavljene na vrednost 0, razen zadnjih za 5 koeficientov, ki imajo enako privzeto vrednost za vse kazalnike vplivov.

K_{EOR}	8.865E-01
$K_{RERStPIO}$	1.125E-01
$K_{RERStSecO}$	8.492E-01
$K_{RERStHDGO}$	9.162E-02
K_{GLOStO}	6.983E-01



Računski postopek

- Enačbe za modul A
(faza proizvodnje in faza gradnje)

Modul A			
Faza proizvodnje	A1 Dobava surovin	Beton za plošče	$m_{const} k_{DECon}$
		Profilirane pločevine	$m_{tss} k_{RERSTHDG}$
		Beton za nosilno konstr.	$(m_{tcb} + m_{tcc}) k_{DECon}$
		Jeklena armatura	$(m_{conrs} + m_{trs}) k_{GLOst}$
		Jeklene prečke	$m_{tsb} (1 + S_{plos}) k_{RERSTSec}$
		Jekleni stebri	$m_{tsc} (1 + S_{plos}) k_{RERSTSec}$
		Lesene prečke	$m_{twb} k_{DEW}$
		Leseni stebri	$m_{twc} k_{DEW}$
	A3 Proizvodnja	Izgube med proizvodnjo	$(m_{tsb} + m_{tsc}) S_{plos} k_{RERALT} / 10$
		Jekleni mozniki in vijaki	$(m_{tst} + m_{tbo}) k_{GLOst}$
		Spoji s pločevinami	$m_{tpl} k_{RERSTPI}$
	A1-A3	Makro-komponenta	
	Faza gradnje	A4 Transport	Beton – tovornjak za tran.
Beton – običajen tovornj.			$m_{conreg} d_{conreg} k_{RERALT} / 1000$
Jeklo – običajen tovornjak			$m_{sreg} d_{sreg} k_{RERALT} / 1000$
Jeklo - vlak			$m_{str} d_{str} k_{Tr} / 1000$
Jeklo – povprečni prevoz			$m_{tstrtot} k_{StAvg}$
Les - vlak			$m_{wtr} d_{wtr} k_{Tr} / 1000$
Les - običajen tovornjak			$m_{wreg} d_{wreg} k_{RERALT} / 1000$
Makro-komponenta			
Celoten modul A			Vsota vseh količin v modulu A



Računski postopek

- Izračuni, ki se nanašajo na modul B (faza uporabe), obsegajo več različnih korakov:
 - izračun karakteristik talne plošče,
 - potrebna energija za ogrevanje prostorov in pripadajoči solarni toplotni dobitki,
 - potrebna energija za ohlajanje prostorov in pripadajoči solarni toplotni dobitki,
 - potrebna energija za oskrbo s toplo sanitarno vodo.
- Vse pripadajoče enačbe omenjenih računskih korakov so navedene v priročniku.



Računski postopek

- Enačbe za modul C (faza ob koncu življenjskega cikla)

Modul C			
Faza ob koncu življenjskega cikla	C1 Odstranitev objekta	Profilirane pločevine	$m_{tss} k_{StBldgDem}$
		Jeklene prečke	$m_{tsb} k_{StBldgDem}$
		Jekleni stebri	$m_{tsc} k_{StBldgDem}$
		Jekleni mozniki in vijaki	$(m_{tst} + m_{tbo}) k_{StBldgDem}$
		Spoji s pločevinami	$m_{tpi} k_{StBldgDem}$
	C2 Transport	Jeklena profilirana pločevina	$m_{tss} k_{RERALT} / 10$
		Jeklene prečke	$m_{tsb} k_{RERALT} / 10$
		Jekleni stebri	$m_{tsc} k_{RERALT} / 10$
		Jekleni mozniki in vijaki	$(m_{tst} + m_{tbo}) k_{RERALT} / 10$
		Spoji s pločevinami	$m_{tpi} k_{RERALT} / 10$
		Lesene prečke	$m_{twb} k_{RERALT} / 10$
		Leseni stebri	$m_{twc} k_{RERALT} / 10$
		Makro-komponenta	
	C3 Obdelava odpadkov	Beton uporabljen v stropovih namenjen v sortirnico	$m_{consl} eol_{srs} k_{Corr}$
		Beton uporabljen v nosilni konstrukciji namenjen v sortirnico	$(m_{tcb} + m_{tcc}) eol_{srs} k_{Corr}$
		Armaturne palice v sortirnico	$(m_{conrs} + m_{trs}) eol_{srs} k_{CHSPIT}$
	C4 Deponiranje	Jeklena profilirana pločevina	$m_{tss} (1 - eol_{sd}) k_{RERSTLdf}$
		Jeklene prečke	$m_{tsb} (1 - eol_{sbc}) k_{RERSTLdf}$
		Jekleni stebri	$m_{tsc} (1 - eol_{sbc}) k_{RERSTLdf}$
		Jekleni mozniki in vijaki	$(m_{tst} + m_{tbo}) (1 - eol_{stbo}) k_{RERSTLdf}$
		Spoji s pločevinami	$m_{tpi} (1 - eol_{spi}) k_{RERSTLdf}$
		Beton uporabljen v stropovih namenjen na deponijo	$m_{consl} [(1 - eol_{srs}) k_{CHCon} + (eol_{srs} - val_{confi}) k_{CHConLdf}]$
		Beton nosilne konstrukcije na deponijo	$(m_{tcb} + m_{tcc}) [(1 - eol_{srs}) k_{CHCon} + (eol_{srs} - val_{const}) k_{CHConLdf}]$
		Armaturne palice na deponijo	$(m_{conrs} + m_{trs}) (1 - eol_{srs}) k_{CHSt}$
		Lesene prečke	$m_{twb} (inc_w k_{EUWWG} + (1 - inc_w) k_{EUWldf})$
		Leseni stebri	$m_{twc} (inc_w k_{EUWWG} + (1 - inc_w) k_{EUWldf})$
		Makro-komponenta	
	Celoten modul C		Vsota vseh količin iz modula C



Računski postopek

- Enačbe za modul D (ponovno uporaben material in odpad zunaj meja sistema)

Modul D			
Ponovno uporaben material in odpad zunaj meja sistema	D ponovno uporaben material	beton v stropovih	$- m_{consl} val_{confl} k_{CHGr}$
		jeklena profilirana pločevina	$- m_{tss} (eol_{sd} - k_{RERStHDG0}) k_{GLO}$
		beton nosilne konstrukcije	$- (m_{tcb} + m_{tcc}) val_{const} k_{CHGr}$
		jeklena armatura	$- (m_{conrs} + m_{trs}) (eol_{srs} - k_{GLOSt0})$
		jeklene prečke	$- m_{tsb} [(eol_{sbc} - k_{RERStSec0}) k_{GLO} + re_{sbc} (k_{RERStSec} k_{StAvg} / 1000)]$
		jekleni stebri	$- m_{tsc} [(eol_{sbc} - k_{RERStHDG0}) k_{GLO} + re_{sbc} (k_{RERStSec} k_{StAvg} / 1000)]$
		jekleni mozni in vijaki	$- (m_{tst} + m_{tbo}) (eol_{stbo} - k_{GLOSt0}) k_{GLO}$
		spoji s pločevinami	$- m_{tpl} (eol_{spl} - k_{RERStPI0}) k_{GLO}$
		lesene prečke	$- m_{twb} (inc_w k_{Wa} + (1 - inc_w) k_{EOR} k_{EUElec} / 3.6)$
		leseni stebri	$- m_{twc} (inc_w k_{Wa} + (1 - inc_w) k_{EOR} k_{EUElec} / 3.6)$
		makro-komponenta	
		Celoten modul D	



Uvod

- Priročnik za uporabo je sestavljen iz 8 poglavij:
 - Poglavlje 1 – Uvod in namen
 - Poglavlje 2 – Programska koda in sistemsko okolje
 - Poglavlje 3 – Splošne značilnosti programa AMECO 3
 - Poglavlje 4 – Tehnični opis programa AMECO 3
 - **Poglavlje 5 – Rezultati programa**
 - Poglavlje 6 – Navodila za uporabo programa AMECO 3
 - Poglavlje 7 – Računski primeri
 - Poglavlje 8 – Viri



Prikaz rezultatov programa

- Rezultati so v programu AMECO 3 prikazani v skladu z načini, med katerimi lahko izbiramo v meniju *Rezultati*:
 - računski list,
 - histogram za izbran okoljski vpliv (možnost prikaza rezultatov za posamezne module ali skupino modulov) ali
 - polarni graf s skupnim prikazom modulov od A do C in od A do D za vse vplive.
- Možnost različnih prikazov rezultatov bo predstavljena v nadaljevanju.



Introduction

- Priročnik za uporabo je sestavljen iz 8 poglavij:
 - Poglavlje 1 – Uvod in namen
 - Poglavlje 2 – Programska koda in sistemsko okolje
 - Poglavlje 3 – Splošne značilnosti programa AMECO 3
 - Poglavlje 4 – Tehnični opis programa AMECO 3
 - Poglavlje 5 – Rezultati programa
 - **Poglavlje 6 – Navodila za uporabo programa AMECO 3**
 - Poglavlje 7 – Računski primeri
 - Poglavlje 8 – Viri



Navodila za uporabo programa AMECO 3

- V dokumentu priročnika je poglavje 6 posvečeno navodilom za uporabo programa AMECO 3.
- Za celotno analizo stavbe, vključno s fazo uporabe, je potrebno podati parametre sledečih modulov:
 - projekt
 - stavba
 - ovoj
 - talna plošča
 - streha
 - zasedenost
 - vgrajeni sistemi
 - etaže
 - nosilna konstrukcija
 - transport
 - rezultati



Navodila za uporabo programa AMECO 3

- Za analizo okoljskega vpliva, ki ga povzroča samo konstrukcija stavbe (brez vpliva faze uporabe), so na voljo le spodaj navedeni moduli:
 - projekt
 - stavba
 - etaže
 - nosilna konstrukcija
 - transport



Uvod

- Priročnik za uporabo je sestavljen iz 8 poglavij:
 - Poglavlje 1 – Uvod in namen
 - Poglavlje 2 – Programska koda in sistemsko okolje
 - Poglavlje 3 – Splošne značilnosti programa AMECO 3
 - Poglavlje 4 – Tehnični opis programa AMECO 3
 - Poglavlje 5 – Rezultati programa
 - Poglavlje 6 – Navodila za uporabo programa AMECO 3
 - **Poglavlje 7 – Računski primeri**
 - Poglavlje 8 – Viri



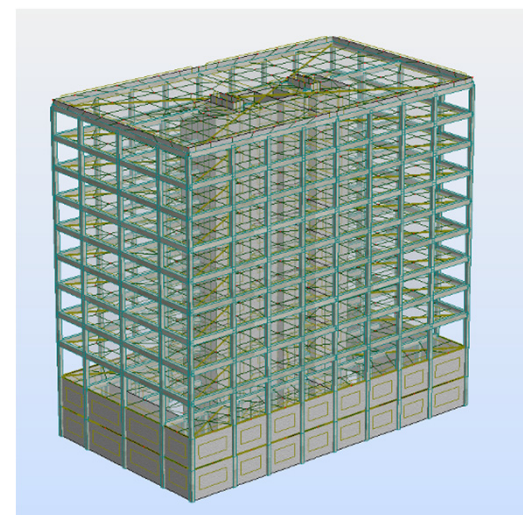
Računski primeri

- Poglavje 7 je namenjeno predstavitvi analiz LCA na podlagi računskih primerov.
- Glavni namen je predstavitev izračuna okoljskega vpliva različnih vrst stavb.
- Obravnavane so tri različne vrste stavb:
 - poslovna stavba
 - stanovanjska stavba
 - Industrijska hala
- V nadaljevanju sledi kratka predstavitev vseh treh študijskih primerov, s prikazom rezultatov.



Računski primeri – Poslovna stavba

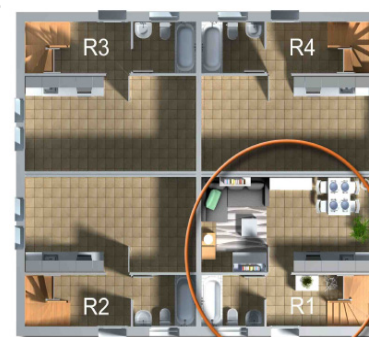
- Obravnavani so trije različni tipi izvedbe nosilne konstrukcije, ki so najpogostejši v Evropi:
 - sovprežna konstrukcija iz jekla in betona,
 - betonska konstrukcija in
 - optimizirana sovprežna konstrukcija iz jekla in betona (optimizacija temelji na uporabi principa okoljsko primerne zasnove oz. koncepta EKO-Design)).
- Projekt konstrukcije je bil izveden s strani zunanjega projektivnega biroja. Dodatno je bil projekt pregledan s strani skupine neodvisnih strokovnjakov.





Računski primeri– Stanovanjska stavba

- Analizirana je 4 družinska stanovanjska hiša v Romuniji.
- Hiša je razdeljena na 4 stanovanja s po 55m² neto tlorisne površine, ki so enako porazdeljena v dveh etažah.

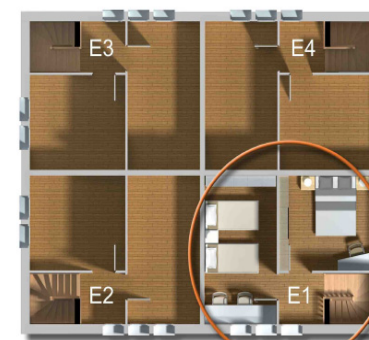


Ground floor lots 1 to 4

R1



Ground floor lot 1



First floor lots 1 to 4

E1

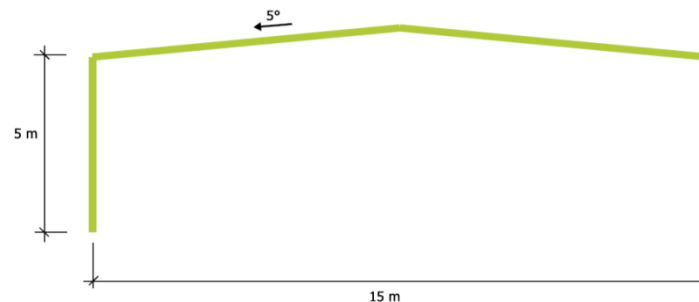
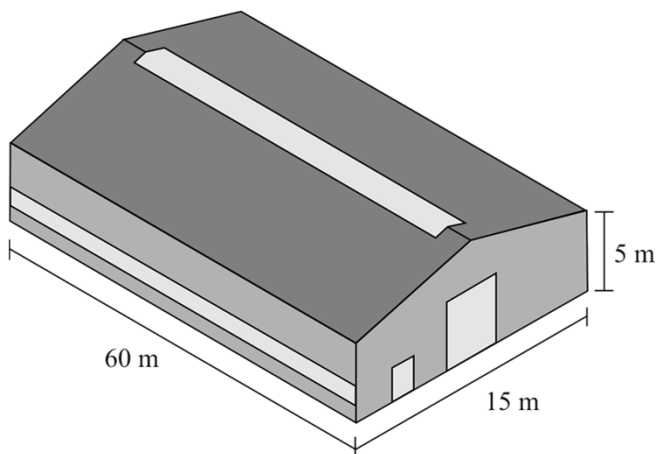


First floor lot 1



Računski primeri – Industrijska hala

- Obravnavana je enoetažna industrijska hala površine 900 m².
- Analizirani sta dve konfiguraciji konstrukcijskega sistema:
 - sistem jeklenih momentnih okvirov s členkastim vpetjem, iz vroče valjanih profilov in
 - sistem s togo vpetimi stebri in členkasto pripetimi nosilci, z uporabo armiranobetonskih stebrov in nosilcev





V naslednji predstaviti je predstavljen opis programa AMECO 3 in iPad aplikacije.

Hvala za vašo pozornost ...