

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



LUKA KOČEVAR

**UPORABA PROGRAMA SCIA ZA ANALIZO IN
PROJEKTIRANJE SOVPREŽNIH PLOŠČ**

DIPLOMSKA NALOGA

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE GRADBENIŠTVO**

Ljubljana, 2020

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat:

LUKA KOČEVAR

**UPORABA PROGRAMA SCIA ZA ANALIZO IN
PROJEKTIRANJE SOVPREŽNIH PLOŠČ**

Diplomska naloga št.:

**APPLICATION OF PROGRAM SCIA FOR ANALYSIS AND
DESIGN OF COMPOSITE DECKS**

Graduation thesis No.:

Mentor:

prof. dr. Boštjan Brank

Predsednik komisije:

prof. dr. Boštjan Brank

Član komisije:

Ljubljana, _____

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	004:624.07(497.4)(043.2)
Avtor:	Luka Kočevar
Mentor:	prof. dr. Boštjan Brank
Naslov:	Uporaba programa SCIA za analizo in projektiranje sovprežnih plošč
Tip dokumenta:	Diplomska naloga - UNI
Obseg in oprema:	24 str., 31 sl., 2 pril.
Ključne besede:	Sovprežna plošča, sovprežne konstrukcije, SCIA Engineer

Izvleček

V diplomski nalogi je predstavljena analiza etažne sovprežne plošče na jeklenem okvirju s programom SCIA Engineer. Izračun notranjih sil je bil izveden po standardni metodi končnih elementov. Na podlagi pridobljenih rezultatov je bilo generirano in predstavljeno poročilo z vsemi potrebnimi kontrolami za dimenzioniranje sovprežnih plošč in njenih elementov. Opisana so orodja, metode in načini, ki jih ponuja program za projektiranje takšnih plošč.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 004:624.07(497.4)(043.2)

Author: Luka Kočevar

Supervisor: Prof. Boštjan Brank, Ph.D.

Title: Application of program SCIA for analysis and design of composite decks

Document type: Graduation Thesis – University studies

Scope and tools: 24 p., 31 fig., 2 att.

Keywords: Composite deck, composite structures, SCIA Engineer

Abstract

This diploma thesis presents an example of an analysis of a composite deck using SCIA Engineer. The calculation of the internal forces was performed by using the standard finite element method. Based on the obtained results, a report was generated with all its necessary controls for designing these kinds of slabs and their building parts. The tools and methods, provided by the software are being described for designing such kinds of decks.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Boštjanu Branku za dostopnost, pomoč, usmerjanje in podporo pri izdelavi diplomske naloge.

Iskrena hvala tudi družini in dekletu ter sodelavcem projektive, ki so me podpirali v času študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	OBRAVNAVANA PLOŠČNA KONSTRUKCIJA	1
2.1	Geometrijski podatki.....	1
2.2	Opis elementov konstrukcije.....	2
2.3	Računski model.....	4
2.4	Načini računa	5
2.4.1	Standardna metoda končnih elementov	5
2.4.2	Toga diafragma	5
2.4.3	Delno toga diafragma.....	5
2.4.4	Fleksibilna diafragma.....	6
2.5	Ilustracija dveh načinov računa.....	6
3	OBTEŽBA	7
3.1	Vrste obtežb	7
3.1.1	Lastna teža	7
3.1.2	Stalna obtežba	8
3.1.3	Koristna obtežba	8
3.2	Obtežne kombinacije.....	8
3.2.1	Faza gradnje	8
3.2.2	Kratkoročno stanje	8
3.2.3	Dolgoročno stanje	9
3.2.4	Razpored stalne obtežbe.....	9
3.2.5	Razpored koristne obtežbe	10
4	OSNOVE RAČUNSKEGA POSTOPKA ZA SOVPREŽNE PLOŠČE NA JEKLENEM OKVIRJU	12
4.1	Izračun togosti sovprežne plošče	12
4.1.1	Enačbe za trapezno pločevino.....	12
4.1.2	Enačbe za beton	14
4.1.3	Enačbe za sovprežno ploščo	15
5	PRIKAZ REZULTATOV	17
6	KONTROLE SOVPREŽNIH NOSILCEV, KI JIH OPRAVI SCIA ENGINEER.....	19
7	ZAKLJUČEK	22
8	SUMMARY	23
	VIRI	24
	SEZNAM PRILOG.....	25

KAZALO SLIK

Slika 1: 3D prikaz celotne konstrukcije s sovprežno ploščo	1
Slika 2: 3D prikaz jeklene konstrukcije.....	2
Slika 3: Izbrani prerezi nosilcev	2
Slika 4: Kataloška risba in slika HEB profilov.....	2
Slika 5: Kataloška risba in slika pločevine ComFlor 60-0,9	3
Slika 6: Kataloška slika čepa in prikaz točkovnega varjenja preko pločevine na nosilec	3
Slika 7: 3D prerez sovprežnega sklopa. Celoten sovprežni sklop predstavlja sovprežna plošča in jeklena konstrukcija.....	4
Slika 8: Računska mreža končnih elementov	4
Slika 9: Meni za analizo sovprežnih plošč	4
Slika 10: Primer deformacijskega obnašanja toge diafragme pod vplivom bočne sile.	5
Slika 11: Primer deformacije delno toge diafragme pod vplivom bočne sile.....	6
Slika 12: Primer deformacije fleksibilne plošče pod vplivom bočne sile.	6
Slika 13: Primer ploskovne obtežbe (levo), ki se geometrijsko razdeli na nosilce (desno).	7
Slika 14: Primer dveh identičnih sovprežnih plošč kvadratne oblike z identično ploskovno obremenitvijo. Vsi nosilci so enakega prereza in razmik med nosilci je povsod enak. Prikazani so upogibni momenti M_y . LEVO: Geometrijska razporeditev. DESNO: Razporeditev ploskovne obremenitve na podlagi togosti nosilcev.	7
Slika 15: G – teža jeklene konstrukcije (program je ne prikaže) in teža profilirane pločevine 0,08 kN/m ²	9
Slika 16: G_{fe} – lastna teža svežega betona.....	9
Slika 17: G_{dc} – lastna teža suhega betona.....	9
Slika 18: S – stalna obtežba 1,39 kN/m ²	9
Slika 19: K_1 – koristna 2,5 kN/m ²	10
Slika 20: K_2 – koristna 2,5 kN/m ²	10
Slika 21: K_3 – koristna 2,5 kN/m ²	10
Slika 22: K_4 – koristna 2,5 kN/m ²	10
Slika 23: K_5 – koristna 2,5 kN/m ²	10
Slika 24: K_6 – koristna 2,5 kN/m ²	10
Slika 25: Prikaz programsko določenih imen nosilcev in stebrov (stebri: B1-12, nosilci: B13-95). Nosilec B79 in B91, sta najbolj obremenjena oz. imata največjo stopnjo izkoriščenosti (na sliki sta bila ročno označena). S1 je ime sovprežne plošče.	11
Slika 26: Nosilci za katere prikažemo izbrane notranje statične količine	17
Slika 27: Izpis iz poročila NSK za nosilec B79, za kombinacijo MSN (kratkorочно, dolgoročno stanje)	17
Slika 28: Graf upogibnih momentov M_y . Glede na robne pogoje je graf pričakovane oblike.	18
Slika 29: Graf osnih sil N . Ker v konstrukcijo nismo vnesli bočnih sil, pričakovano osnih sil ni. 18	
Slika 30: Graf prečnih sil V_z . Potek grafa pričakovano ni konstanten zaradi vpliva raznosa obremenitve preko togosti plošče prečno na prikazane nosilce.....	18
Slika 31: 3D Prikaz deformirane konstrukcije. Maksimalen pomik v vertikalni smeri znaša $U_z = -27,1\text{mm}$	19

1 UVOD

Namen diplomske naloge je predstaviti postopek, ki ga uporablja program SCIA Engineer za račun in dimenzioniranje sovprežnih armiranobetonskih plošč, ki so podprte z jeklenim okvirjem.

Program je namenjen analizi in dimenzioniranju konstrukcij, vsebuje pa tudi specializirano orodje za analizo, kontrolo in dimenzioniranje sovprežne armiranobetonske plošče skladno s standardom EN 1994-1-1. Kontroliranje in dimenzioniranje takšnih plošč je v tem orodju razdeljeno:

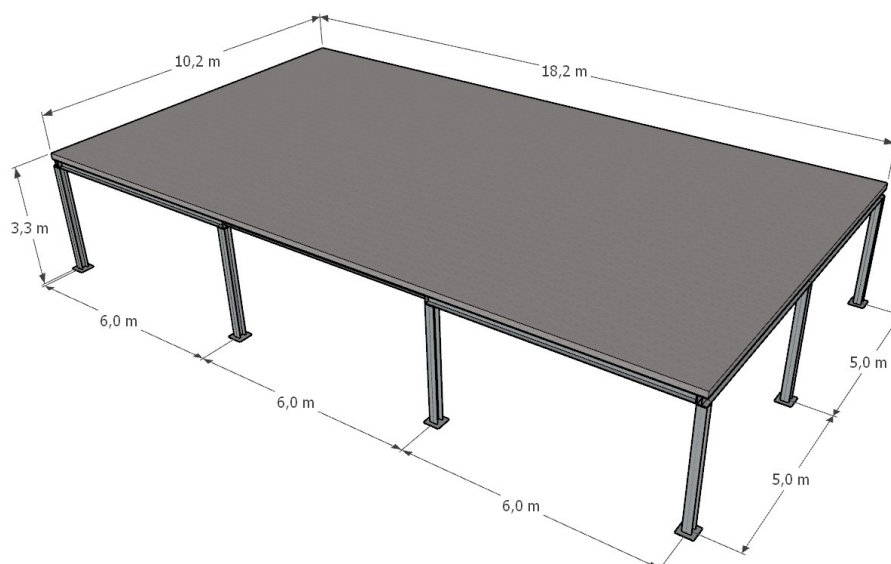
- (i) Na mejno stanje nosilnosti (MSN) in mejno stanje uporabnosti (MSU) v fazi gradnje, kje se kontrolira jekleno konstrukcijo (napetosti in pomike) ob upoštevanju teže svežega betona, ki ne nosi. Pločevina se kontrolira ločeno v oddelku za jeklene konstrukcije skladno s standardom EN 1993-1-3.
- (ii) Na MSN in MSU za kratkoročno stanje (ko se predpostavi, da je beton v začetnem stanju), kontrolira se nosilnost sovprežnega prereza.
- (iii) Na MSN in MSU za dolgoročno stanje, kjer se kontrolirajo pomiki z upoštevanjem lezenja betona.

Na koncu diplomske naloge je priloženo poročilo programa za maksimalno obremenjen nosilec in kontrola trapezne pločevine.

2 OBRAVNAVANA PLOŠČNA KONSTRUKCIJA

2.1 Geometrijski podatki

Kot primer za analizo in dimenzioniranje, smo izbrali sovprežno ploščno konstrukcijo s šestimi polji, ki je podprta z jeklenim okvirjem, ki ga sestavljajo nosilci in 12 stebrov. Gabarit konstrukcije je 18,2/10,2/3,2 m. Konstrukcija je shematsko predstavljena na sliki 1.



Slika 1: 3D prikaz celotne konstrukcije s sovprežno ploščo



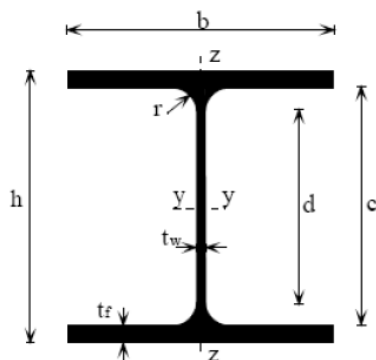
Slika 2: 3D prikaz jeklene konstrukcije



Slika 3: Izbrani prerezi nosilcev

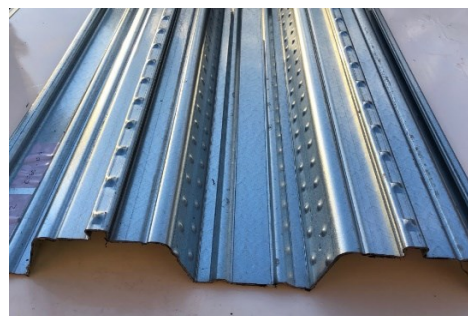
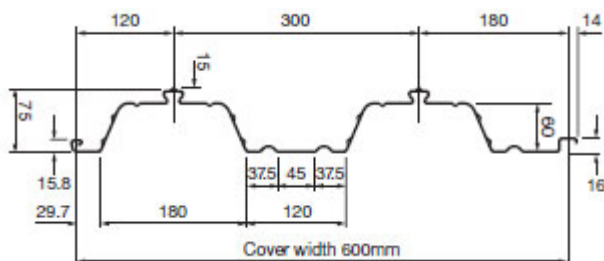
2.2 Opis elementov konstrukcije

Glavno nosilno konstrukcija je sestavljena iz profilov HEB (glej sliko 3) – to je vroče valjani H profil s širokima, paralelnima pasnicama, srednje teže; EN 53-62, DIN 1025, kvalitete S355. Profili nosilcev so HEB 120, 140, 160 in HEB 200. Profili stebrov so HEB 200.



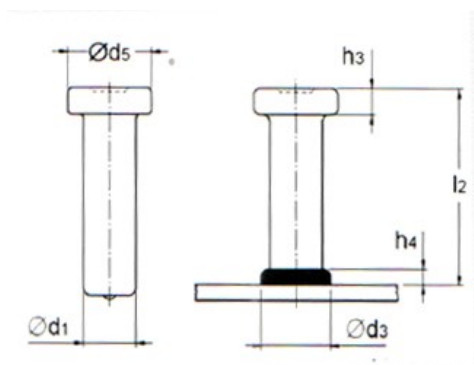
Slika 4: Kataloška risba in slika HEB profilov

Na jekleno konstrukcijo je položena hladno oblikovana trapezna pločevina. Ta služi kot opaz in hkrati tudi kot spodnja armatura. V fazi gradnje je lahko podprta ali pa v celoti nosilna. Sekundarna strižna povezava trapezne pločevine z betonom se doseže preko izboklin vtisnjenih v pločevino. Uporabljen je tip ComFlor 60-0,9, kvalitete S355. Proizvedena je v segmentih širine 60cm, ki se s pomočjo prekrivnih robnih utorov zlagajo na jekleno konstrukcijo.



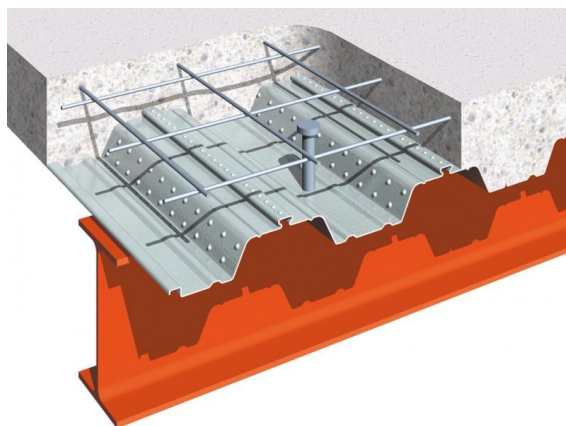
Slika 5: Kataloška risba in slika pločevine ComFlor 60-0,9

Preko pločevine se na nosilce točkovno privari strižne čepe $d_1=19\text{mm}$, $l_2=100\text{mm}$, kvalitete S355. Ti služijo kot glavna strižna povezava med jekleno konstrukcijo in betonom.



Slika 6: Kataloška slika čepa in prikaz točkovnega varjenja preko pločevine na nosilec

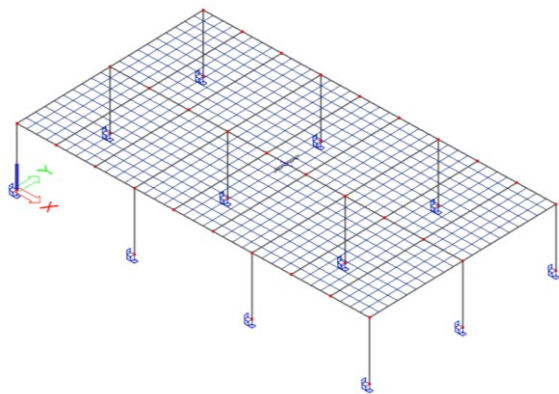
Nad trapezno pločevino se križno položi armaturne palice $\Phi 16/15\text{cm}$, kvalitete B 500B. Upošteva se končna pozicija, da imamo zagotovljen zaščitni sloj $a'=30\text{mm}$. Končno se vgradi beton z vibriranjem v debelini 15cm od dna trapeza. Kvaliteta betona je C30/37, $D_{\max}=16\text{mm}$.



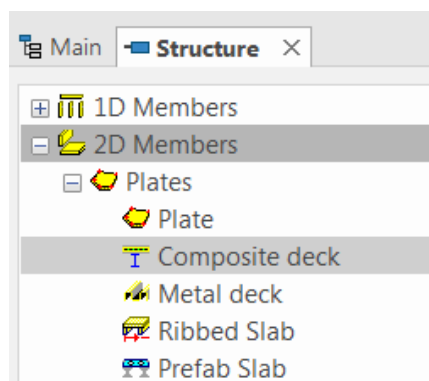
Slika 7: 3D prerez sovprežnega sklopa. Celoten sovprežni sklop predstavlja sovprežna plošča in jeklena konstrukcija.

2.3 Računski model

Računski model (slika 8) je sestavljen iz linijskih (jeklena konstrukcija) in ploskovnih končnih elementov (sovprežna plošča – profilirana pločevina in betona), skupaj preko strižnih čepov tvorijo sovprežni sklop oz. sovprežne nosilce. Stebri so tego podprti na svojem spodnjem robu. Prav tako so vse povezave med elementi modelirane tego. Jeklen okvir je na stebrih členkasto podprt v izogib vpliva togosti stebrov na osne sile v plošči. Mreža ploskovnih končnih elementov (KE) je rastra $0,5 \times 0,5\text{m}$. Jekleni nosilci so upoštevani kot del plošče (rebrast strop). Program to upošteva preko uporabe računskega ploskovnega končnega elementa za analizo sovprežnih plošč.



Slika 8: Računska mreža končnih elementov.



Slika 9: Meni za analizo sovprežnih plošč

2.4 Načini računa

Za račun sovprežne plošče s spodnjo jekleno konstrukcijo v programu SCIA Engineer lahko izbiramo med več načini, odvisno od zahtev standarda, osebne preference ali pa zahtev projekta.

2.4.1 Standardna metoda končnih elementov

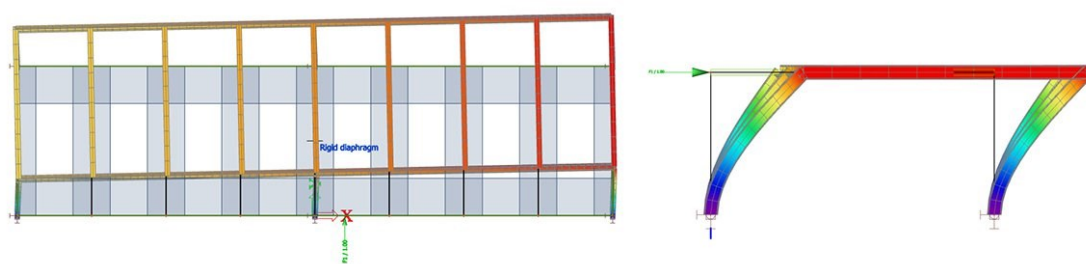
Standardna metoda končnih elementov (MKE) uporablja »klasične« ploskovne in linijske končne elemente (KE). Upogibna in osna togost ploskovnega KE se izračunata na podlagi materialnih in geometrijskih lastnosti sovprežne plošče. Za izračun notranjih sil in deformacij se vedno upošteva delna strižna povezava med ploščo in nosilcem. Upošteva se z reduciranim vztrajnostnim momentom $I_{composite}$, ki ga izračuna kot

$$I_{composite} = I_{steel} + \sqrt{K} \cdot (I_{full} - I_{steel})$$

pri čemer je $I_{composite}$ vztrajnostni moment sovprežnega nosilca z delno strižno povezavo, I_{steel} vztrajnostni moment jeklenega nosilca, I_{full} vztrajnostni moment sovprežnega nosilca s popolno strižno povezavo in K stopnja sovprežnosti ($K = 0$, brez strižne povezave, $K = 1$, popolna strižna povezava).

2.4.2 Toga diafragma

V tem primeru se plošča modelira kot neskončno toga v svoji ravnini in brez upogibne togosti. Plošča služi samo za enostaven prenos ploskovne obtežbe na nosilce. Navpične ploskovne obremenitve se prenesejo na podporno konstrukcijo po principu pripadajoče površine (glej sliko 13). Proizvajalec programa je izdelal ta tip ploskovnega elementa na željo uporabnikov. Notranjih deformacij ali napetosti plošče ni možno izračunati, saj ima ploščo samo vlogo prenosa obtežbe na nosilce.

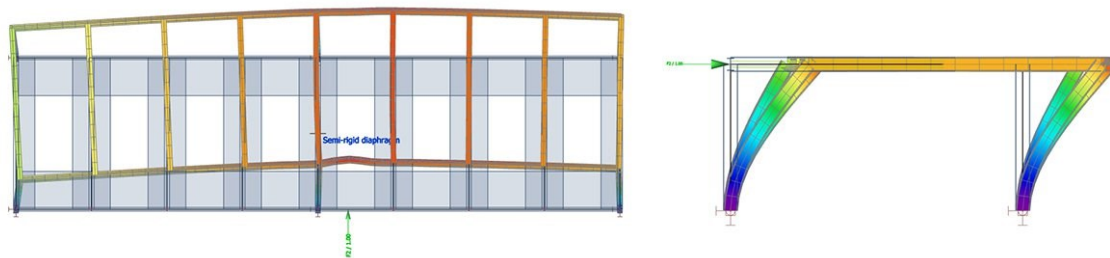


Slika 10: Primer deformacijskega obnašanja toge diafragme pod vplivom bočne sile.

2.4.3 Delno toga diafragma

Način z delno togo diafragmo je mešanica prvih dveh načinov. To pomeni, da se za modeliranje plošče uporablja končni element z dejansko osno togostjo, upogibna togost pa je zmanjšana (upogibne komponente togostne matrike so deljene s faktorjem $k_{red} = 1000$). Vertikalna obtežba se prenaša enako kot pri togi diafragmi. Ta tip plošče je primeren za uporabo, če uporabnik ni prepričan v togo obnašanje celotne plošče v osni smeri, ko so npr. v plošči velike odprtine ali pa

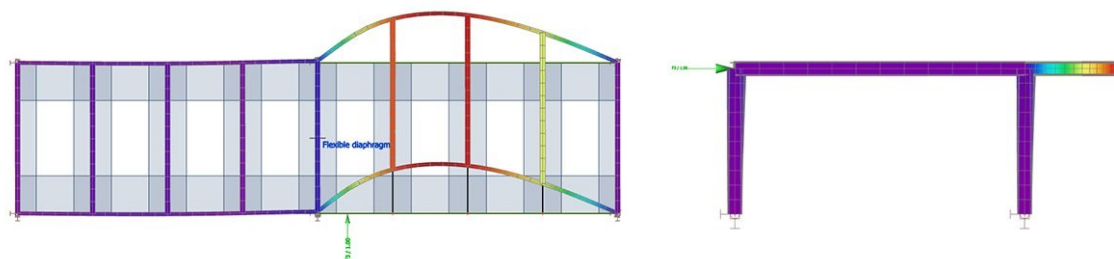
so deli plošče ozki in dolgi pasovi. Uporaba toge diafragme je za takšne primere neprimerna, saj je potrebno bit pozoren na deformacije, kar ta način omogoča.



Slika 11: Primer deformacije delno toge diafragme pod vplivom bočne sile.

2.4.4 Fleksibilna diafragma

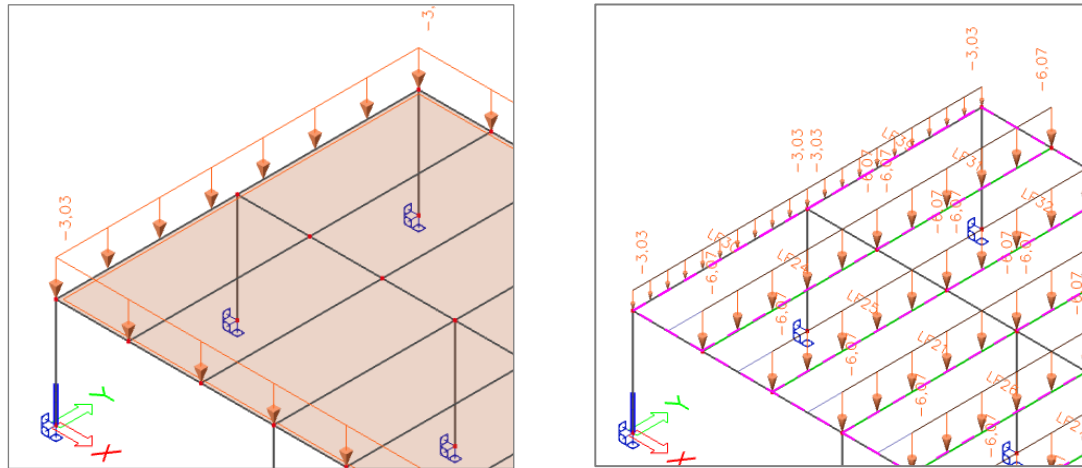
Fleksibilna diafragma je primerna za analizo plošč, ki jih sestavlja samo trapezna pločevina (brez betona). Prenos osnih sil preko plošče na nosilce je v tem primeru zanemarljiv. Vertikalne obtežbe prenaša enako kot toga diafragma, reducirana upogibna togost pa je enaka kot pri delno togi diafragmi. Osne in strižne togosti nima $d'_{s,12} = d'_{s,33} = 0$ (glej poglavje 4.1.1. Membranske komponente). Takšen način analize je najbolj primeren za pločevinaste strehe, segmente etaž kjer se beton ne vlije, ali pa za plošče industrijskih jeklenih konstrukcij, kjer se uporablja samo pločevina za izdelavo tal.



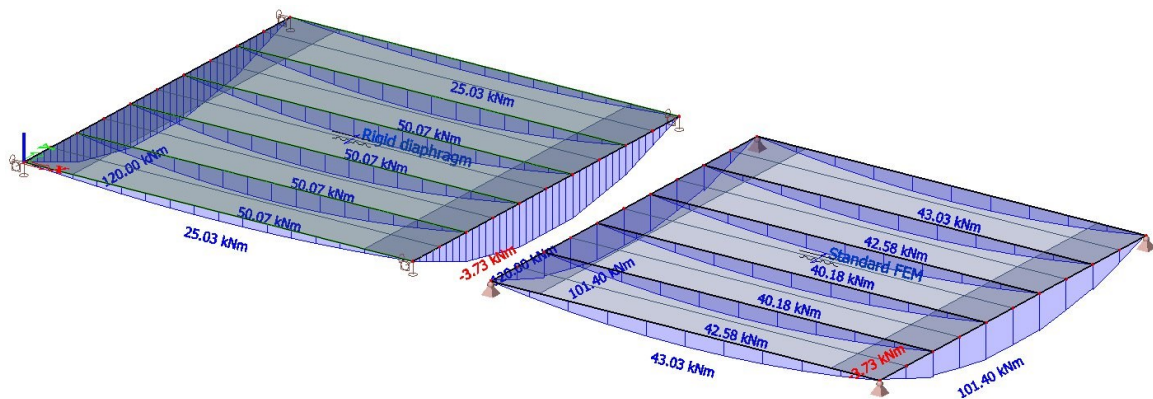
Slika 12: Primer deformacije fleksibilne plošče pod vplivom bočne sile.

2.5 Ilustracija dveh načinov računa

Sovprežna plošča se v SCIA Engineer obravnava kot plošča z osno togostjo. Glede obtežbe spodnje jeklene konstrukcije, program vsebuje dve možnosti. Da se obtežbo obravnava kot ploskovno obremenitev plošče, ki se razdeli na nosilce na podlagi togosti (za standardno MKE; slika 14 - desno) ali pa se ploskovna obtežba geometrijsko razdeli na nosilce (za diafragme; slika 14 - levo). Pripadajoča površina je merjena med sredinama razponov med dvema nosilcema (glej sliko 13).



Slika 13: Primer ploskovne obtežbe (levo), ki se geometrijsko razdeli na nosilce (desno).



Slika 14: Primer dveh identičnih sovprežnih plošč kvadratne oblike z identično ploskovno obremenitvijo. Vsi nosilci so enakega prereza in razmik med nosilci je povsod enak. Prikazani so upogibni momenti M_y . LEVO: Geometrijska razporeditev. DESNO: Razporeditev ploskovne obremenitve na podlagi togosti nosilcev.

3 OBTEŽBA

3.1 Vrste obtežb

3.1.1 Lastna teža

Program avtomatsko izračunano lastno težo za jekleno konstrukcijo, pločevino in beton (iz podane geometrije in specifičnih tež). Teža armature in čepov je upoštevana v specifični teži betona. Specifične teže za izračun lastne teže so naslednje:

- jeklo 78 kN/m^3
- svež beton 26 kN/m^3
- suh beton 25 kN/m^3

3.1.2 Stalna obtežba

Stalna obtežba je predpostavljena za enostaven konstrukcijski sklop poslovnega objekta.

- Keramika 8 mm:	$0.008 \cdot 20 =$	$0,16 \text{ kN/m}^2$
- Cementni estrih 5 cm:	$0.05 \cdot 24 =$	$1,20 \text{ kN/m}^2$
- PVC folija		
- Stiropor 5 cm:	$0.05 \cdot 0,6 =$	$0,03 \text{ kN/m}^2$

1,39 kN/m²

3.1.3 Koristna obtežba

Koristna teža je povzeta po EN 1991-1-1:2002 (E), tabela 6.2, kategorija B za pisarne: $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$

3.2 Obtežne kombinacije

3.2.1 Faza gradnje

Za mejno stanje nosilnosti (MSN) in mejno stanje uporabnosti (MSU) v fazi gradnje je upoštevana teža jekla in svežega betona brez njegove togosti.

$$q_{Ed,MSN}^{FG} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot G_{fc}$$

$$q_{Ed,MSU}^{FG} = G + G_{fc}$$

Pri tem je G lastna teža jeklene konstrukcije, profilirane pločevine in ostalih elementov (armatura, čepi, itd.). G_{fc} je lastna teža svežega betona.

3.2.2 Kratkoročno stanje

Za MSN in MSU takoj po izgradnji (še preden se začne leženje betona) so upoštewane lastna teža, stalna obtežba in koristna obtežba.

$$q_{Ed,MSN,i}^{KS} = 1,35 \cdot (G + G_{dc}) + 1,5 \cdot \Sigma K_j, \quad j = 1 \dots 6$$

$$q_{Ed,MSU,i}^{KS} = G + G_{dc} + \Sigma K_j, \quad j = 1 \dots 6$$

K_j je koristna obtežba s pozicijskim indeksom za pozicije $j = 1 \dots 6$. ΣK_j je vsota vseh najbolj neugodnih pozicij koristne obtežbe za vsak i -ti nosilec in notranjo statično količino (NSK).

3.2.3 Dolgoročno stanje

Pri MSU za dolgoročno stanje se upošteva lezenje betona. Reducirata se elastični in strižni modul betona s faktorjem lezenja $\varphi = 0$.

$$E_c = k_E \cdot E_{c0}$$

$$G_c = k_E \cdot G_{c0}$$

$$k_E = \begin{cases} 0, & \text{za fazo gradnje} \\ \frac{1}{1 + \varphi}, & \text{za dolgoročno stanje} \\ 1, & \text{za kratkoročno stanje} \end{cases}$$

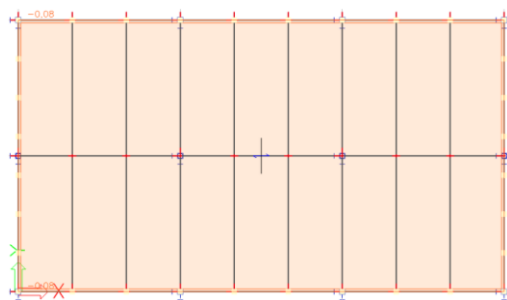
Pri tem sta E_{c0} nominalni elastični in G_{c0} strižni modul betona. k_E je redukcijski faktor s katerim upoštevamo lezenje betona. E_{c0} in G_{c0} sta reducirana elastični in strižni modul betona.

$$q_{Ed,MSN,i}^{DS} = 1,35 \cdot (G + G_{dc}) + 1,5 \cdot \Sigma K_j, \quad j = 1 \dots 6$$

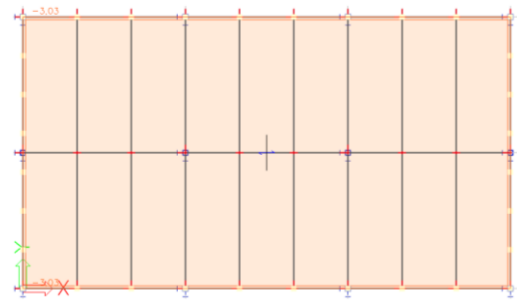
$$q_{Ed,MSU,i}^{DS} = G + G_{dc} + \Sigma K_j, \quad j = 1 \dots 6$$

Pri tem je G_{dc} teža suhega betona.

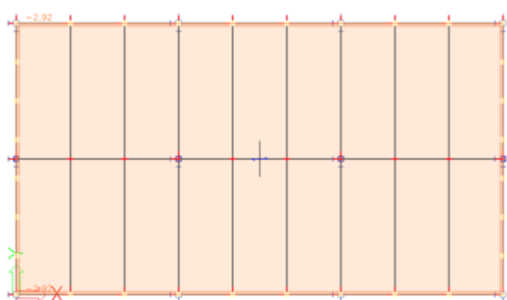
3.2.4 Razpored stalne obtežbe



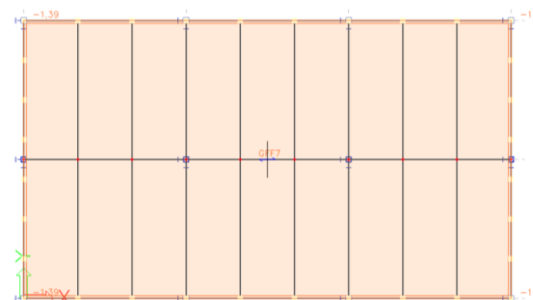
Slika 15: G – teža jeklene konstrukcije (program je ne prikaže) in teža profilirane pločevine $0,08 \text{ kN/m}^2$



Slika 16: G_{fe} – lastna teža svežega betona $3,03 \text{ kN/m}^2$

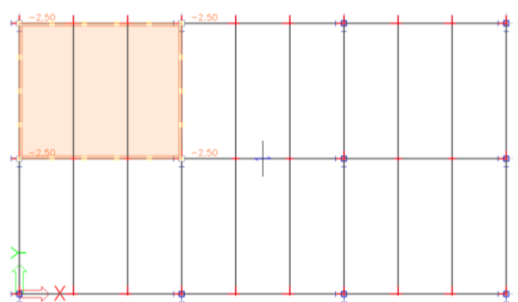
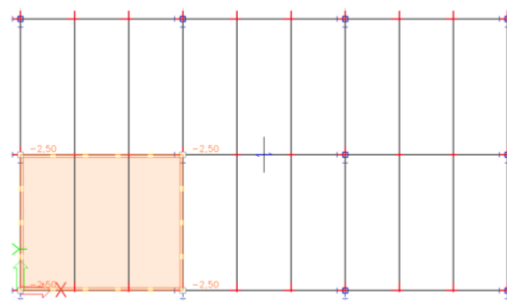
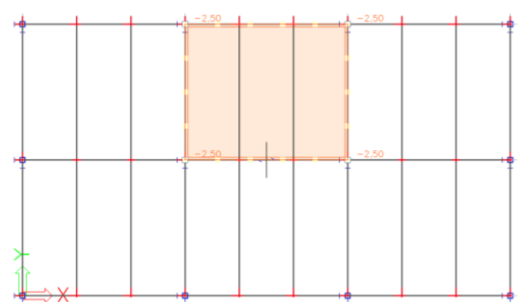
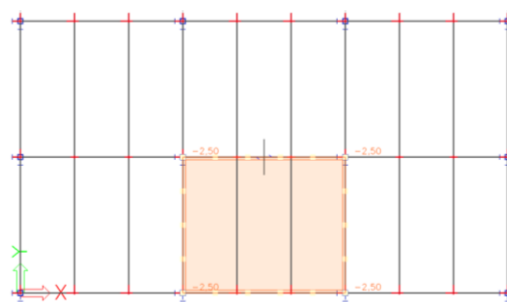
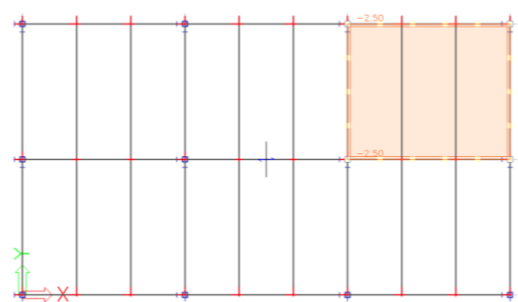
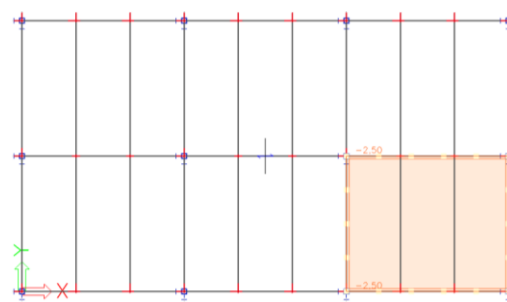


Slika 17: G_{dc} – lastna teža suhega betona $2,92 \text{ kN/m}^2$



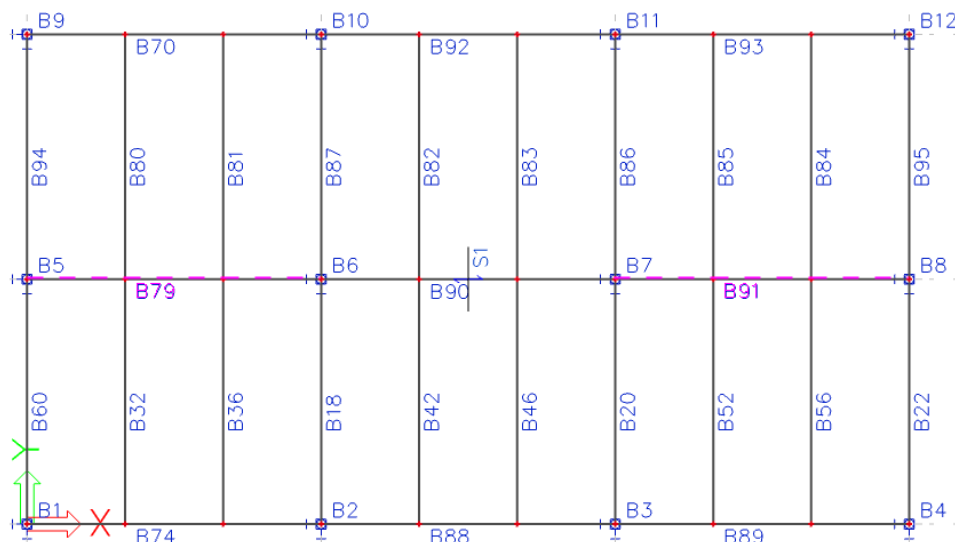
Slika 18: S – stalna obtežba $1,39 \text{ kN/m}^2$

3.2.5 Razpored koristne obtežbe

Slika 19: K_1 – koristna 2,5 kN/m²Slika 20: K_2 – koristna 2,5 kN/m²Slika 21: K_3 – koristna 2,5 kN/m²Slika 22: K_4 – koristna 2,5 kN/m²Slika 23: K_5 – koristna 2,5 kN/m²Slika 24: K_6 – koristna 2,5 kN/m²

Takšen način razporeditve obremenitve je bil izbran zato, ker program preveri za vsak nosilec različne možne kombinacije in izbere najbolj neugodno za posamezno notranjo količino (moment - M, osno silo - N in prečno silo - V). Vse, ki povzročajo maksimalne vrednosti v i-tem nosilcu, so prikazane, ostale pa zavržene oz. niso prikazane. Pomembno je omeniti, da je ta sistem kombiniranja uporabljen samo pri kratkoročnem in dolgoročnem stanju, saj v fazi gradnje niso upoštevane koristne obremenitve.

Za naš primer bomo obravnavali maksimalno obremenjen (izkoriščen) nosilec B79 (slika 8). Ker je konstrukcija dvojno simetrična, ima poleg elementa B79 še identične vrednosti element B91. Program v tem primeru (iskanje globalnega maksimuma) prikaže tisti element z najmanjšim imenskim indeksom.



Slika 25: Prikaz programsko določenih imen nosilcev in stebrov (stebri: B1-12, nosilci: B13-95). Nosilec B79 in B91, sta najbolj obremenjena oz. imata največjo stopnjo izkoriščenosti (na sliki sta bila ročno označena). S1 je ime sovprežne plošče.

V nosilcu B79 tako povzročajo maksimalne notranje statične količine (NSK) naslednje programsko izbrane kombinacije (ker ni bočnih sil, osne sile v plošči ne nastopijo):

Za fazo gradnje

$$q_{M_y,min}^{MSN} = q_{M_y,max}^{MSN} = q_{V_z,min}^{MSN} = q_{V_z,max}^{MSN} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot G_{fc}$$

$$q_{M_y,min}^{MSU} = q_{M_y,max}^{MSU} = q_{V_z,min}^{MSU} = q_{V_z,max}^{MSU} = G + G_{fc}$$

Za kratkoročno in dolgoročno stanje

$$\text{Zaradi preglednosti zapišemo: } \Sigma G_i = G + G_{dc} + S$$

$$q_{M_y,min}^{MSN} = q_{V_z,min}^{MSN} = 1,35 \cdot \Sigma G_i + 1,5 \cdot (K_1 + K_2 + K_3 + K_4)$$

$$q_{M_y,max}^{MSN} = q_{V_z,max}^{MSN} = 1,35 \cdot \Sigma G_i + 1,5 \cdot (K_1 + K_2 + K_5 + K_6)$$

$$q_{M_y,min}^{MSU} = q_{V_z,min}^{MSU} = \Sigma G_i + K_1 + K_2 + K_3 + K_4$$

$$q_{M_y,max}^{MSU} = q_{V_z,max}^{MSU} = \Sigma G_i + K_1 + K_2 + K_5 + K_6$$

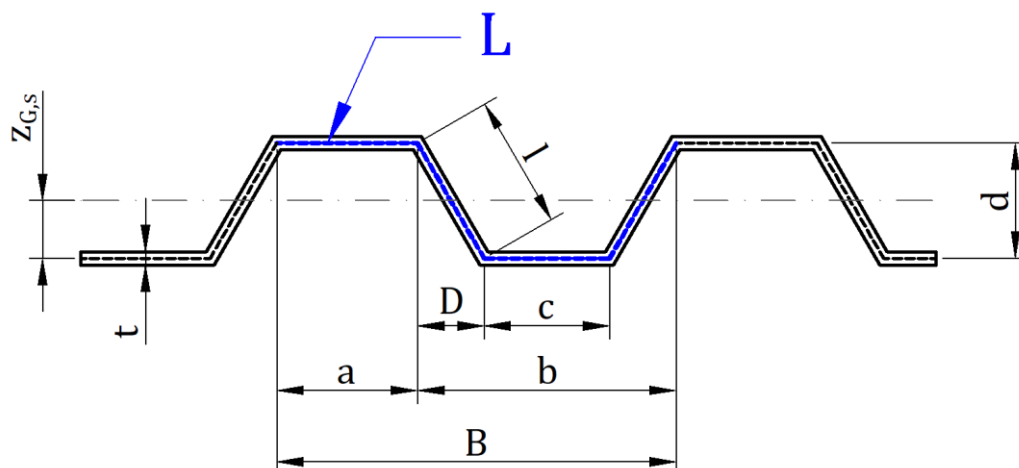
4 OSNOVE RAČUNSKEGA POSTOPKA ZA SOVPREŽNE PLOŠČE NA JEKLENEM OKVIRJU

4.1 Izračun togosti sovprežne plošče

Sovprežna plošča je modelirana kot dvoslojna plošča. Vsak sloj ima svoje materialne lastnosti. Izračuna se membransko in upogibno togost takšne plošče glede na njeno težiščno ploskev. Spoj med betonom in pločevino je modeliran brez zdrsa, se pravi, popoln spoj.

Na prvi pogled je predpostavka popolne povezave razumljiva samo za vzdolžno smer sovprežne plošče (v smeri reber pločevine). V prečni smeri se to zdi manj smiselno, saj se želi obnašati kot »harmonika«. Ker je takšno obnašanje zaradi betona preprečeno in togost pločevine v tej smeri zelo majhna (ima zanemarljiv vpliv na obnašanje plošče), lahko to predpostavko ohranimo oz. velja za obe smeri.

4.1.1 Enačbe za trapezno pločevino



$$B = a + b \quad D = \frac{b - c}{2} \quad l = \sqrt{D^2 + d^2}$$

$$L = a + c + 2l \quad k = \frac{L}{B} \quad z_{G,S} = d \cdot \frac{a + l}{L}$$

$$I_s = t \left(a(d - z_{G,S})^2 + c \cdot z_{G,S}^2 + l \left(\left(\frac{d}{2} - z_{G,S} \right)^2 + \frac{d^2}{6} \right) \right)$$

Količine a, b, c, d, t določajo geometrijo profilirane pločevine. I_s je vztrajnostni moment pločevine, k je faktor oblike pločevine in $z_{G,S}$ je oddaljenost težišča od spodnjega roba.

Upogibne komponente materialne togostne matrike profilirane pločevine se izračunajo kot

$$D'_s = \begin{bmatrix} D'_{s,11} & D'_{s,12} & 0 \\ & D'_{s,22} & 0 \\ sim & & D'_{s,33} \end{bmatrix} \quad \left| \quad \begin{aligned} D'_{s,11} &= \frac{E_s \cdot t^3}{12 \cdot k} & D'_{s,12} &= \nu_s \cdot \sqrt{D'_{s,11} \cdot D'_{s,22}} \\ D'_{s,33} &= k \frac{E_s \cdot t^3}{6(1 + \nu_s)} & D'_{s,22} &= \frac{E_s \cdot l}{B} \end{aligned} \right.$$

kjer so geometrijske količine razvidne iz slike E_s, G_s, ν_s – elastični in strižni modul ter Poissonov količnik jekla. Prečne strižne komponente materialne togostne matrike profilirane pločevine se izračunajo kot

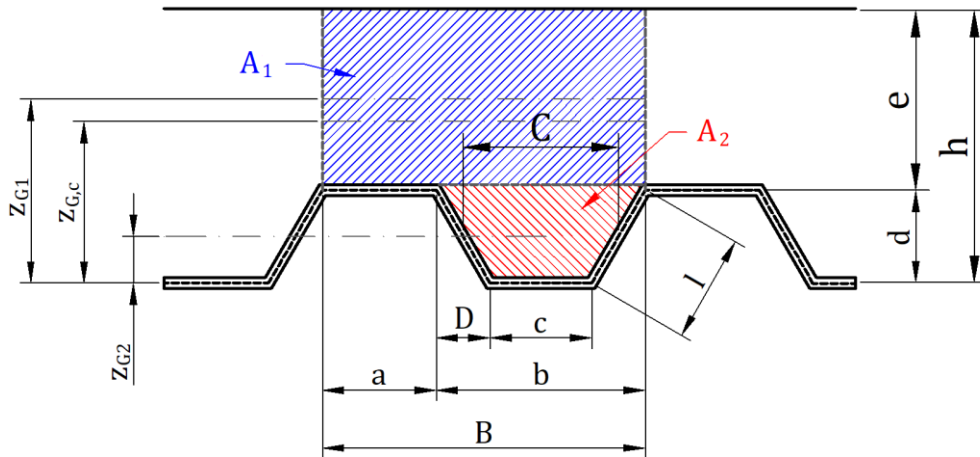
$$G'_s = \begin{bmatrix} D'_{s,44} & 0 \\ 0 & D'_{s,55} \end{bmatrix} \quad \left| \quad \begin{aligned} D'_{s,44} &= \frac{G_s \cdot t}{1,2} & D'_{s,55} &= \frac{G_s \cdot t}{B} \cdot \max \left[2d; \frac{L}{12} \right] \end{aligned} \right.$$

kjer je G_s strižni modul jekla.

Membranske komponente materialne togostne matrike profilirane pločevine se izračunajo kot

$$d'_s = \begin{bmatrix} d'_{s,11} & d'_{s,12} & 0 \\ & d'_{s,22} & 0 \\ sim & & d'_{s,33} \end{bmatrix} \quad \left| \quad \begin{aligned} d'_{s,11} &= \begin{cases} d > 0, & E_s \cdot t \cdot \min \left[\frac{t^2(l - D)}{d^2(5Dk - (2k + 3)l)}; 1 \right] \\ d = 0, & E_s \cdot t \end{cases} \\ d'_{s,22} &= E_s \cdot t \cdot k & d'_{s,12} &= 0 & d'_{s,33} &= \frac{E_s \cdot t}{2k(1 + \nu_s)} \end{aligned} \right.$$

4.1.2 Enačbe za beton



$$A_1 = B \cdot e$$

$$A_2 = C \cdot d$$

$$h = d + e$$

$$B = a + b$$

$$C = \frac{b + c}{2}$$

$$I_1 = \frac{B \cdot e^3}{12}$$

$$I_2 = \frac{d^3}{36} \cdot \frac{b^2 + c^2 + 4bc}{b + c}$$

$$H_c = \frac{e(B - c) + hc}{B}$$

$$z_{G1} = d + \frac{e}{2}$$

$$z_{G2} = \frac{d}{3} \cdot \frac{2b + c}{5b + c}$$

$$z_{G,c} = \frac{z_{G1}A_1 + z_{G2}A_2}{B}$$

$$I_c = I_1 + I_2 + A_1(z_{G1} - z_{G,c})^2 + A_2(z_{G2} + z_{G,c})^2$$

Pri tem količine a, b, c, d, e določajo geometrijo betonske plošče. I_1, I_2 sta vztrajnostna momenta segmentov betonskega prereza. I_c je vztrajnostni moment pločevine in H_c je povprečna debelina za izračun lastne teže. $z_{G,c}$ je oddaljenost težišča betonskega prereza od spodnjega roba.

Upogibne komponente materialne togostne matrike betonskega prereza se izračunajo kot

$$D'_c = \begin{bmatrix} D'_{c,11} & D'_{c,12} & 0 \\ \text{sim} & D'_{c,22} & 0 \\ & & D'_{c,33} \end{bmatrix} \quad \left| \quad \begin{aligned} D'_{c,11} &= \frac{E_c \cdot B \cdot e^3}{12 \left(B - C + C \left(\frac{e}{h} \right)^3 \right)} & D'_{c,22} &= \frac{E_c \cdot I}{B(1 + \nu_c^2)} \\ D'_{c,12} &= \nu_c \sqrt{D'_{c,11} \cdot D'_{c,22}} & D'_{c,33} &= \frac{E_c \cdot H_c^3}{24(1 + \nu_c)} \end{aligned} \right.$$

$$G'_c = \begin{bmatrix} D'_{c,44} & 0 \\ 0 & D'_{c,55} \end{bmatrix} \quad \left| \quad D'_{c,44} = \frac{G_c \cdot H_c}{1,2} \quad D'_{s,55} = \frac{G_c \cdot e}{1,2} \right.$$

Pri čemer so E_c, G_c, ν_c – elastični in strižni modul ter Poissonov količnik betona.

Membranske komponente materialne togostne matrike betonskega prereza se izračunajo kot

$$d'_s = \begin{bmatrix} d'_{c,11} & d'_{c,12} & 0 \\ & d'_{c,22} & 0 \\ sim & & d'_{c,33} \end{bmatrix} \quad \left| \quad \begin{aligned} d'_{c,11} &= d'_{c,22} = \frac{E_c \cdot H_c}{1 - \nu_c} & d'_{c,12} &= \nu_c \cdot d'_{c,11} \\ d'_{c,33} &= G_c \cdot H_c \end{aligned} \right.$$

Zaradi vpliva lezenja in upoštevanje togosti betona, sta E_c in G_c odvisna od obravnavane faze (faza gradnje $\rightarrow E_c = G_c = 0$, kratkoročno stanje $\rightarrow E_c = E_{c0}, G_c = G_{c0}$ in dolgoročno stanje $\rightarrow E_c(\varphi), G_c(\varphi)$). Togostne matrike se izračunajo za vsako fazo posebej.

4.1.3 Enačbe za sovprežno ploščo

Togosti za oba sloja napišemo na bolj kompakten način :

$$\hat{D}_i = \begin{bmatrix} D'_{i,11} & D'_{i,12} & 0 \\ & D'_{i,22} & 0 \\ sim & & D'_{i,33} \end{bmatrix} \quad \hat{G}_i = \begin{bmatrix} D'_{i,44} & 0 \\ 0 & D'_{i,55} \end{bmatrix} \quad \hat{d}_i = \begin{bmatrix} d'_{i,11} & d'_{i,12} & 0 \\ & d'_{i,22} & 0 \\ sim & & d'_{i,33} \end{bmatrix}$$

Tu je i indeks sloja; v primeru sovprežne plošče je s (steel – jeklo) ali c (concrete – beton).

Na koncu se togosti obeh slojev združi, pri čemer se upošteva ekscentričnost posameznega sloja glede na težišče kompozita. Končna oblika togostne matrike je

$$D = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & & D_{16} & D_{17} & D_{18} \\ & D_{22} & D_{23} & & sim & D_{27} & D_{28} \\ & & D_{33} & & sim & sim & D_{38} \\ & & & D_{44} & D_{45} & & \\ & & & & D_{55} & & \\ & & & & & D_{66} & D_{67} & D_{68} \\ & sim & & & & & D_{77} & D_{78} \\ & & & & & & & D_{88} \end{bmatrix}$$

Posamezne komponente so določene na naslednji način, kjer je z_i koordinata med težiščem sovprežnega prereza in težiščem posameznega sloja.

Upogibne in prečne strižne komponente so:

$$D_{jk} = \sum_{i=1}^n D_{i,jk} + z_i^2 \cdot d_{i,jk} \quad j, k = 1..3$$

$$D_{jk} = \sum_{i=1}^n D_{i,jk} \quad j, k = 4..5$$

Membranske komponente so:

$$D_{66} = \sum_{i=1}^n d_{i,11}$$

$$D_{67} = \sum_{i=1}^n d_{i,12}$$

$$D_{68} = \sum_{i=1}^n d_{i,13}$$

$$D_{77} = \sum_{i=1}^n d_{i,22}$$

$$D_{78} = \sum_{i=1}^n d_{i,23}$$

$$D_{88} = \sum_{i=1}^n d_{i,33}$$

Pojavijo pa se še mešane membransko-upogibne komponente:

$$D_{16} = \sum_{i=1}^n z_i d_{i,11}$$

$$D_{17} = \sum_{i=1}^n z_i d_{i,12}$$

$$D_{18} = \sum_{i=1}^n z_i d_{i,13}$$

$$D_{27} = \sum_{i=1}^n z_i d_{i,22}$$

$$D_{28} = \sum_{i=1}^n z_i d_{i,23}$$

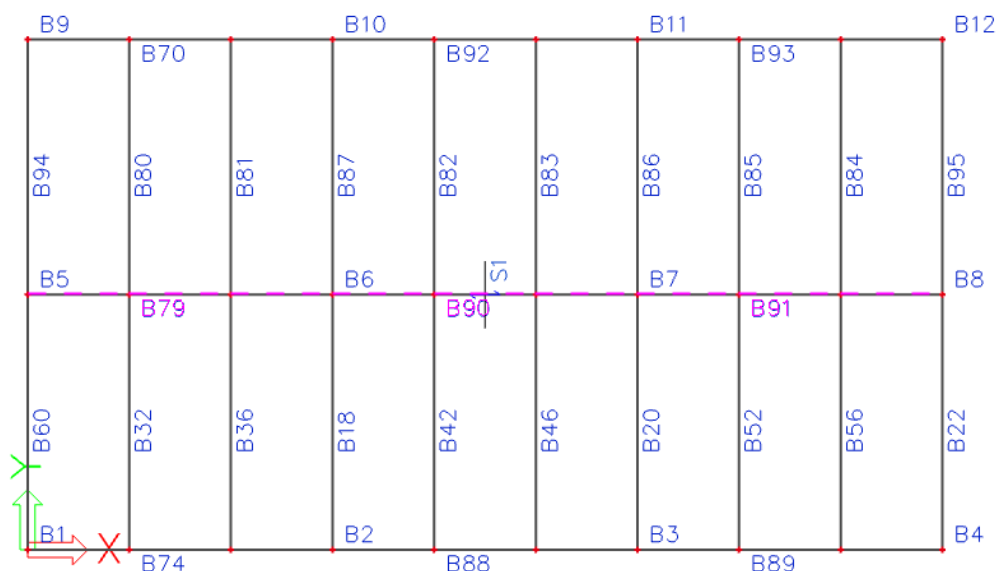
$$D_{38} = \sum_{i=1}^n z_i d_{i,33}$$

Pogosto se predpostavi, da se sovprežne in plošče iz profilirane pločevine lahko obravnavajo kot enosmerne plošče. Enosmerno obnašanje je uvedeno v končni materialni togostni matriki tako, da reduciramo komponente upogibne in strižne togosti v nenosilni smeri (prečno na smer reber pločevine). Vrednosti delimo z redukcijskim faktorjem k_{one} .

5 PRIKAZ REZULTATOV

Za naš primer smo uporabili izračun po standardni metodi končnih elementov, zaradi možnosti prikaza notranjih statičnih količin v plošči in deformacij konstrukcije. Grafi notranjih statičnih količin so prikazani za kombinacijo MSN (kratkoročno-dolgoročno stanje).

Za linijske elemente so rezultati, zaradi preglednosti, prikazani samo sredinskih nosilce z oznako B79, B90 in B91 (glej sliko). Vsi ostali elementi so v programu obravnavani enako.

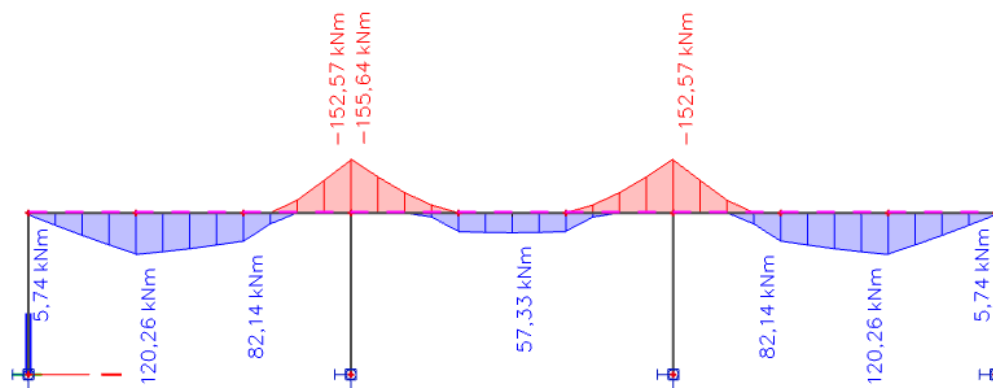


Slika 26: Nosilci za katere prikažemo izbrane notranje statične količine

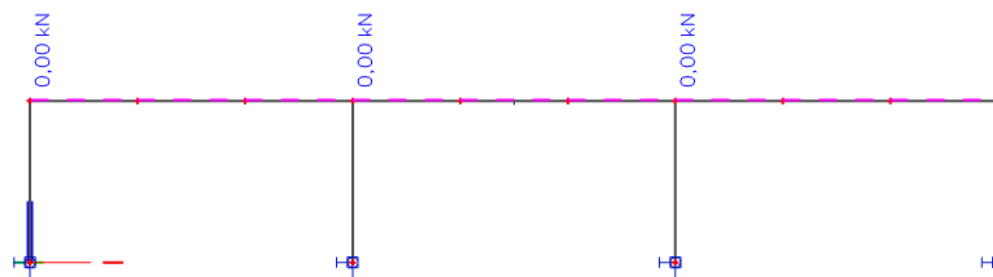
Name	dx [m]	Case	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B79	0,000	ULS-Set B-FS (auto)/1	0,00	0,00	46,14	0,00	5,55	0,00
B79	6,000	ULS-Set B-FS (auto)/2	0,00	0,00	-76,89	-4,74	-126,99	0,00
B79	6,000	ULS-Set B-FS (auto)/3	0,00	0,00	-76,89	4,74	-126,99	0,00
B79	6,000	ULS-Set B-FS (auto)/4	0,00	0,00	-84,13	0,00	-152,57	0,00
B79	2,000+	ULS-Set B-FS (auto)/1	0,00	0,00	-9,91	0,00	120,26	0,00

Name	Combination key
ULS-Set B-FS (auto)/1	1.35*G + 1.50*K1 + 1.50*K2 + 1.35*S + 1.50*K5 + 1.50*K6 + 1.35*G_dry concrete
ULS-Set B-FS (auto)/2	1.35*G + 1.50*K1 + 1.35*S + 1.50*K4 + 1.50*K6 + 1.35*G_dry concrete
ULS-Set B-FS (auto)/3	1.35*G + 1.50*K2 + 1.35*S + 1.50*K3 + 1.50*K5 + 1.35*G_dry concrete
ULS-Set B-FS (auto)/4	1.35*G + 1.50*K1 + 1.50*K2 + 1.35*S + 1.50*K3 + 1.50*K4 + 1.35*G_dry concrete

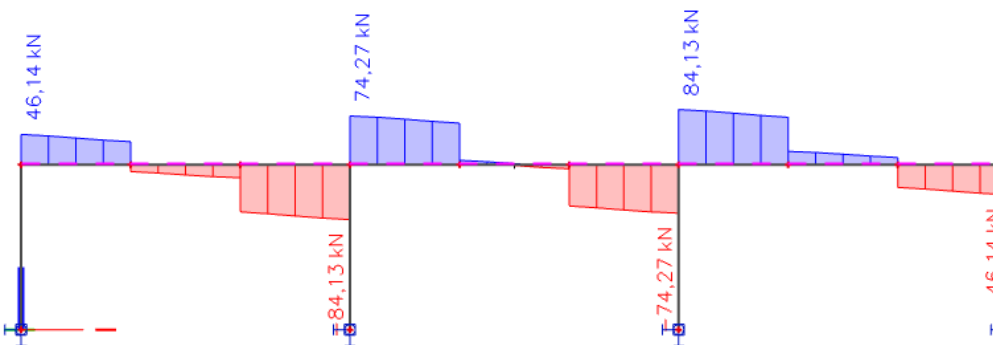
Slika 27: Izpis iz poročila NSK za nosilec B79, za kombinacijo MSN (kratkoročno, dolgoročno stanje)



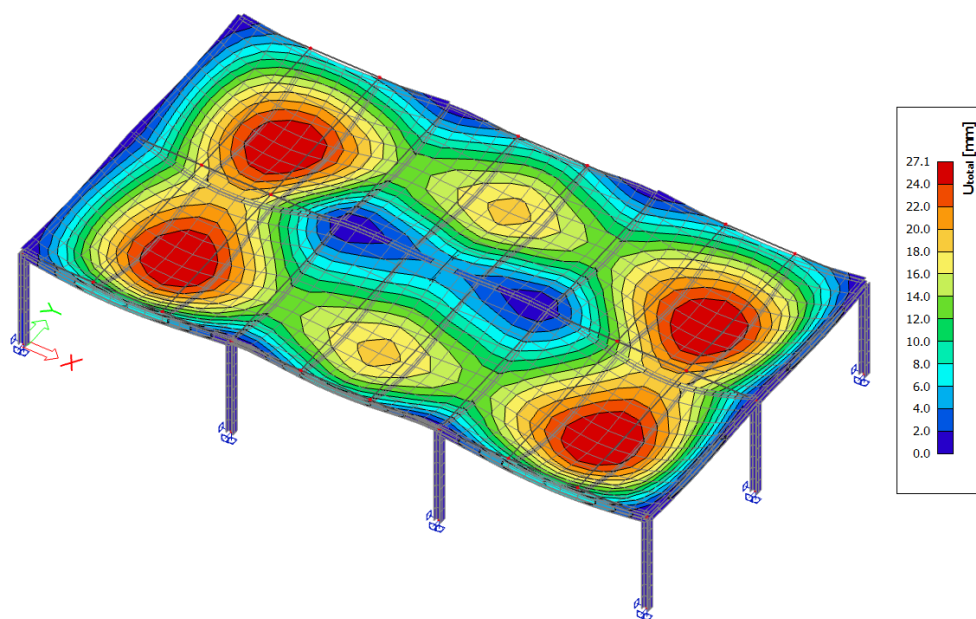
Slika 28: Graf upogibnih momentov M_y . Glede na robne pogoje je graf pričakovane oblike.



Slika 29: Graf osnih sil N . Ker v konstrukcijo nismo vnesli bočnih sil, pričakovano osnih sil ni.



Slika 30: Graf prečnih sil V_z . Potek grafa pričakovano ni konstanten zaradi vpliva raznosa obremenitve preko togosti plošče prečno na prikazane nosilce.



Slika 31: 3D Prikaz defrirane konstrukcije. Maksimalen pomik v vertikalni smeri znaša $U_z = -27,1\text{mm}$

6 KONTROLE SOVPREŽNIH NOSILCEV, KI JIH OPRAVI SCIA ENGINEER

Po izračunu notranjih statičnih količin opravimo kontrolo sovprežne plošče v oddelku »composite« (sovprežnost). V nadaljevanju je prikazana struktura poročila in vse kontrole, ki jih opravi program za vsak konstrukcijski element.

Izpis poročila se lahko razlikuje samo v načinu prikaza, kar pomeni, da lahko prikažemo: poročilo za maksimalno obremenjen element, maksimalno obremenjen prerez po tipu oz. skupni (max. Izmed vseh HEB140, max. izmed vseh HEB200 itd.) in izpis za vsak posamezen element konstrukcije.

Kar se tiče kontrole pločevine, v kolikor ne dimenzioniramo po napotkih proizvajalca, jo je potrebno ločeno kontrolirati v oddelku »Steel« (jeklo). Kontrola je opravljena v skladu z standardom EN 1993-1-3.

V kolikor uporabimo možnost »beams are propped«, pomeni, če so nosilci med vlivanjem betona podprti, kontrola za fazo gradnje ni potrebna. Tako posledično tudi ni prikazana v poročilu. V našem primeru nosilci niso podprti.

1. Geometrijski podatki

2. Prečni prerezi in materiali

- 2.1. Lastnosti jeklenega prečnega prereza
- 2.2. Betonska plošča s profilirano pločevino

3. MSN kontrola za fazo gradnje

- 3.1. Parcialni varnostni faktorji (EN 1993-1-1 §6.1(1))
- 3.2. Nosilnost jeklenega prečnega prereza
 - 3.2.1. Prečni prerez v strigu (EN 1993-1-5 §5.1(2))
 - 3.2.2. Plastična strižna nosilnost (EN 1993-1-1 §6.2.6)
 - 3.2.3. Prečni prerez v enoosnem upogibu
 - 3.2.3.1. Upogibna nosilnost (EN 1993-1-1 §6.2.5)
 - 3.2.4. Kompaktnost prečnega prereza
 - 3.2.4.1. Pasnica v tlaku (EN 1993-1-1 §5.6 Tab. 5.2)
 - 3.2.4.2. Stojina v upogibu in tlaku ("-")
- 3.3. Bočna zvrnitev (EN 1993-1-1 §6.3)
- 3.4. Povzetek MSN za fazo gradnje

4. MSU kontrola za fazo gradnje

- 4.1. Kontrola pomika

5. MSN kontrola za končano stanje

- 5.1. Parcialni varnostni faktorji (EN 1993-1-1 §6.1(1), EN 1994-1-1 §2.4.1.2 in EN 1992-1-1 Tab. 2.1N)
- 5.2. Strižna povezava
 - 5.2.1. Projektna odpornost strižnih čepov
 - 5.2.1.1. Strižni čepi v plošči (EN 1994-1-1 §6.2)
 - 5.2.1.2. Strižni čepi v profilirani pločevini ("-")
 - 5.2.2. Stopnja strižne povezave
 - 5.2.2.1. Določitev b_{eff} betonske pasnice in dolžine L_e (EN 1994-1-1 §5.4.1.2(5-6))
 - 5.2.2.2. Minimalna strižna povezava (EN 1994-1-1 §6.6 .1.2(6.12))
 - 5.2.2.3. Dejanska strižna povezava
 - 5.2.2.3.1. Tlačna in natezna nosilnost
 - Tlačna odpornost betonske pasnice (plošče)
 - Natezna nosilnost armature
 - 5.2.2.3.2. Natezna nosilnost jeklenega prereza
 - 5.2.2.3.3. Določitev $N_{c,f}$
 - Za pozitivni upogibni moment
 - Za negativni upogibni moment
 - 5.2.2.3.4. Nosilnost strižnih čepov (EN 1994-1-1 §6.6 .1.2(6.12))
- 5.3. Odpornost jeklenega prečnega prereza
 - 5.3.1. Prečni prerez v strigu (EN 1993-1-5 §5.1(2))
 - 5.3.2. Plastična strižna nosilnost (EN 1993-1-1 §6.2.6)
 - 5.3.3. Prečni prerez v enoosnem upogibu
 - 5.3.3.1. Vzdolžna armatura
 - 5.3.3.1.1. Težišče sovprežnega prereza
 - 5.3.3.1.2. Stopnja armiranja (EN 1994-1-1 §5.5.1(5))

5.3.3.2. Upogibna odpornost (EN 1993-1-1 §6.2.5 in EN 1994-1-1 §6.2.1.3(3))

- Upogibna odpornost jeklenega prečnega prereza
- Vpliv striga
- Upogibna odpornost na negativni moment
- Projektna upogibna odpornost po plastični teoriji

5.3.4. Kompaktnost prečnega prereza

5.4. Bočna zvrnitev (EN 1993-1-1 §6.3)

5.5. Vzдолžni strig

5.5.1. Vzдолžna strižna armatura (EN 1994-1-1 §6.6.6.1(4))

5.5.2. Tlačna trdnost betonske pasnice (EN 1992-1-1 (6.6N, 3.15, 6.22))

5.6. Povzetek MSN za končano stanje

6. MSU kontrola za končano stanje

6.1. Pomik koristne obtežbe

6.2. Pomik vseh obtežb

6.3. Kontrola naravne frekvence

6.4. Razpoke v betonu

6.4.1. Minimalna armatura (EN 1994-1-1 §7.4.2(1))

6.5. Povzetek MSU za končano stanje

7. Ostale kontrole

Opis	Referenca v EN 1994-1-1
Višina reber profilirane pločevine ne presega višino plošče	-
Armatura se ne križa s profilirano pločevino	-
Minimalna debelina profilirane pločevine	§3.5(2)
Minimalna debelina zaščitnega sloja nad čepi	§6.6.5.2(2)
Višina čepov ne presega višine plošče	§6.6.5.2(3)
Maksimalen razmik med čepi v vzdolžni smeri.	§6.6.5.5(3)
Minimalen odmik čepa od roba profila	§6.6.5.6(2)
Minimalna višina čepov	§6.6.5.7(1)
Minimalen razmik v rebrih pločevine za čepe v prečni smeri	-
Minimalen razmik med čepi v vzdolžni smeri	§6.6.5.7(4)
Maksimalen premer čepov v razmerju z debelino pasnice jeklenega profila	§6.6.5.7(5)
Višina čepa nad vrhom rebra pločevine	§6.6.5.8(1)
Minimalna širina rebra pločevine	§6.6.5.8(2)

7 ZAKLJUČEK

V tem diplomskem delu smo analizirali sovprežno ploščo na jeklenih stebrih s programom SCIA Engineer. Notranje statične količine smo izračunali po standardni metodi končnih elementov. Ta metoda, v skupnosti SCIA uporabnikov, sicer ni preferenčna, a omogoča prikaz notranjih sil plošče in pripadajoče deformacije. Po izračunu notranjih sil smo v oddelku programa za sovprežne konstrukcije, kontrolirali ploščo skladno s standardi EN 1994-1-1 (za sovprežno ploščo), EN 1993-1-1 (za nosilce in trapezno pločevino) in EN 1992-1-1 (za beton). Vse opravljene kontrole so integrirane v program in se na zahtevo uporabnika v celoti izvedejo avtomatsko. Prikazane so v obliki poročila.

Pri analizi plošče je bilo ugotovljeno naslednje. Armatura je zgolj kontrolirana in ni dimenzionirana. Upoštevana je preko sile F_s pri izračunu momenta odpornosti $M_{pl,Rd}$ (glej PRILOGO A, 5.3.3.2) sovprežnega prereza in kontrolirana je stopnja armiranja (glej PRILOGO A, 5.3.3.1.2). Preko več poizkusov jo lahko nekoliko zmanjšamo. Trapezno pločevino je potrebno kontrolirati v ločenem oddelku programa (za jeklo). Zaželeno bi bila nadgradnja, ki omogoča kontrolo vseh komponent v celoti na enem mestu.

Program naredi zelo dobro delo kar se tiče kontrole, vendar je zelo pomembno kakšne vhodne podatke in robne pogoje obnašanja konstrukcije mu podamo (toga diafragma, standardna MKE, delno toga diafragma, itd.). Zanesljivost rezultatov in posledično tudi projektirane konstrukcije je predvsem odvisno od spretnosti in znanja uporabnika.

8 SUMMARY

In this diploma thesis, we analyzed a composite slab on steel columnns with SCIA Engineer. The internal forces were calculated using the standard finite element method. This method, although not preferred in the SCIA community, allows the calculation of the in-plane forces of the deck and its associated deformation. After calculating the internal forces in the program section for composite decks, the slab was inspected in accordance with the standards EN 1994-1-1 (for composite decks), EN 1993-1-1 (for beams and trapezoidal sheet) and EN 1992-1-1 (for concrete). All the controls performed are integrated into the program and are fully automated at the user's request. They are displayed in a form of a report.

The following was found in the analysis of the slab. The reinforcement is purely controlled and not designed. It is taken into account by the force F_s in the calculation of the moment of resistance $M_{pl, Rd}$ (see ANNEX A, 5.3.3.2) of the cross-section, also by the degree of reinforcement that is being controlled (see ANNEX A, 5.3.3.1.2). Several attempts can reduce it slightly. The trapezoidal sheet must be checked in a separate section of the program (for steel). An upgrade that allows all of the components to be fully controlled in one place would be desirable.

The program does a very good job of design checks, but what is most important is the input data and the boundary conditions for the behavior of the structure itself (rigid diaphragm, standard FEM, semi-rigid diaphragm, etc.). The reliability of the results and, consequently, of the designed structure, depends mainly on the user's skills and knowledge

VIRI

Design of composite members, SCIA Engineer 19 Help site:

[http\(s\)://help.scia.net/19.0/en/#rou/design_of_composite_members.htm%3FTocPath%3DDesign%2520of%2520composite%2520members%7C_____0](http(s)://help.scia.net/19.0/en/#rou/design_of_composite_members.htm%3FTocPath%3DDesign%2520of%2520composite%2520members%7C_____0) (Pridobljeno 18. 12. 2019)

Samanta, A., Mukhopadhyay, M. 1999. Finite element static and dynamic analyses of folded plates. *Engineering Structures* 21, 3:277–287

Standardi

Eurocode 1: Actions on structures — Part 1-1: General actions — Densities, self-weight, imposed loads for buildings, EN 1994-1-1: 2002

Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, EN 1993-1-1:2004

Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, EN 1993-1-1:2005

Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, EN 1994-1-1: 2004

Programska oprema

SCIA Engineer 19.0.2018 – Student version, Nemetschek, Inc.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: POROČILO ANALIZE SOVPREŽNEGA NOSILCA B79

PRILOGA B: POROČILO ANALIZE TRAPEZNE PLOŠČE ZA FAZO GRADNJE