

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,
Konstrukcijska smer

Kandidat:

Domen Lazar

Analiza različnih vrst tipov stropov v jeklenih okvirnih konstrukcijah

Diplomska naloga št.: 242

Mentor:
prof. dr. Darko Beg

Somentor:
asist. dr. Peter Skuber

Ljubljana, 4. 7. 2006

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	624.014.2(043.2)
Avtor:	Domen Lazar
Mentor:	prof. Dr. Darko Beg
Naslov:	Analiza različnih vrst tipov stropov v jeklenih okvirnih konstrukcijah
Obseg in oprema:	132 str., 9 pregl., 84 sl.
Ključne besede:	klasična AB plošča, sovprežna AB plošča, cenovna primerjava
Izvleček	

Namen diplomske naloge je primerjava različnih tipov stropov oz. medetažnih konstrukcij. Med seboj smo primerjali klasično AB ploščo, klasično AB ploščo preko sekundarnih nosilcev, sovprežno AB ploščo in sovprežno AB ploščo preko sekundarnih nosilcev. V prvi fazi smo vsak primer posebej dimenzionirali in določili potrebne količine materialov. Pri klasični AB plošči smo za določitev notranjih sil uporabil računalniški program ESA-Prima Win 3.6. Potrebno količino armature pa smo določili po metodi mejnih stanj. Pri dimenzioniranju sovprežne AB plošče smo si pomagali s tabelami, ki nam jih je nudil proizvajalec posameznih pločevin in računalniškim programom za računanje sovprežnih stropov, ki ga uporabljajo v podjetju Trimo. Pri dimenzioniranju tako sovprežnih kot navadnih sekundarnih nosilcev smo upoštevali evropske standarde. Ko smo določili potrebne količine materiala za posamezni tip stropu glede na dano obtežbo in dane razpone, smo te rezultate pretvorili v končno ceno. Vse cene so nam pripravili na nabavnem oddelku v podjetju Trimo. Cena posameznega materiala zavzema transport do gradbišča in njegovo vgradnjo. Pri klasični AB plošči gre za ploščo nosilno v eni smeri in ploščo nosilno v dveh smereh. Tako pri klasični kot sovprežni AB plošči preko sekundarnih nosilcev pa gre za primera, kjer imamo sekundarne nosilce na polovici oz. tretjini razpona b . Posamezne rešitve medetažne konstrukcije znotraj primera so prikazane v naslednjih poglavjih. V prikazu rezultatov so zajete cenovne primerjave in ugotovitve med posameznimi primeri. V ugotovitvah je zajeto kateri tip stropu je cenovno primernejši glede na obtežbo in razpon.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	624.014.2(043.2)
Autor:	Domen Lazar
Supervisor:	prof. dr. Darko Beg
Title:	Analysis of different types of ceilings in steel skeleton constructions
Notes:	132 p., 9 tab., 84 fig.
Key words:	classical reinforced concrete plate, span reinforced concrete plate, price comparisons

Abstract

In this paper we will see a comparison between various types of ceilings and between-floor constructions. We compared a classical reinforced concrete plate, a classical reinforced concrete plate between secondary beams, a span reinforced concrete plate and a span reinforced concrete plate between secondary beams. In the first stage, we dimensioned and defined necessary quantity of materials. With the classical reinforced concrete plate, we used a computer programme ESA.Prima Win 3.6 to establish inner forces. The necessary quantity of armature reinforcement was determined by the limit states method. While dimensioning the span reinforced concrete plate, we used charts, provided by the manufacturer of particular sheet metal and a computer programme for calculating span ceilings used by the company Trimo. While dimensioning secondary beams (regular and span), we took in account European standards. After we established necessary quantity of materials for each type of ceiling, regarding the given load and span, we converted the results into final price. The prices were provided by the supplies department of the company Trimo. The price of each material consists of its transport to the construction site and its actual construction. In the case of classical reinforced concrete plate, the plate itself is supporting in one or two directions. Both, the classical reinforced concrete plate and span reinforced concrete plate between secondary beams, have the secondary beam at the half or at one third of the span b . Solutions for our examples of between-floor constructions are presented in following chapters. While presenting the results, we have included price comparisons and findings between each example. We have also estimated prices as to which type of ceiling is most suitable regarding the given load and span.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplome se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. D. Begu in somentorju asist. dr. P. Skuberju. Hvala tudi podjetju Trimo, predvsem g. Jožetu Drčarju.

Zahvalil bi se tudi svojim najbližjim, ki so mi skozi vsa leta študija stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	- 1 -
2	KARAKTERISTIKE MATERIALOV IN CENA UPORABLJENIH PROIZVODOV	- 7 -
2.1	Lastnosti materialov in delni varnostni faktorji	- 7 -
2.2	Skupna obtežba	- 8 -
2.3	Cene materialov	- 8 -
2.4	Primerjava različnih profiliranih pločevin	- 10 -
3	KLASIČNA AB PLOŠČA	- 12 -
3.1	Klasična AB plošča nosilna v eni smeri	- 12 -
3.1.1	Klasično podpiranje	- 12 -
3.1.2	Opaževanje s pločevino	- 18 -
3.2	Klasična AB plošča nosilna v dveh smereh	- 23 -
3.2.1	Klasična AB plošča	- 24 -
3.2.2	Sekundarni sovprežni nosilec (delno sovprežni nosilec)	- 27 -
3.2.3	Cena klasične AB plošče nosilne v dveh smereh	- 33 -
3.3	Cenovna primerjava vseh treh primerov skupaj	- 36 -
4	KLASIČNA AB PLOŠČA PREKO SEKUNDARNIH NOSILCEV	- 41 -
4.1	Klasična AB plošča	- 41 -
4.1.1	Klasično podpiranje	- 41 -
4.1.2	Cena klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev – klasično opaževanje	- 45 -
4.2	Jekleni sekundarni nosilci	- 50 -
4.2.1	Nosilec izveden kot navadni nosilec	- 50 -
4.2.2	Nosilec izveden kot sovprežni nosilec (delno sovprežni nosilec)	- 56 -

4.2.3 Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih sovprežnih in navadnih nosilcev	- 61 -
4.3 Opaževanje s pločevino	- 63 -
4.3.1 Cena klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev – opaževanje s pločevino	- 63 -
4.4 Cenovna primerjava med primeri (znotraj primera)	- 66 -
5 SOVPREŽNA AB PLOŠČA	- 68 -
5.1 Cena sovprežne AB plošče	- 68 -
5.2 Primerjava pločevin med seboj	- 75 -
6 SOVPREŽNA AB PLOŠČA PREKO SEKUNDARNIH NOSILCEV	- 79 -
6.1 Cena sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev	- 80 -
6.2 Cenovna primerjava med primeri (znotraj primera)	- 86 -
7 REZULTATI	- 92 -
7.1 Klasična AB plošča in klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev	- 92 -
7.2 Klasična AB plošča in sovprežna AB plošča	- 97 -
7.3 Klasična AB plošča in sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev	- 102 -
7.3.1 Sekundarni nosilec na polovici razpona b	- 103 -
7.3.2 Sekundarni nosilec na tretjini razpona b	- 109 -
7.4 Klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev in sovprežna AB plošča	- 115 -
7.5 Klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev in sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev	- 117 -
7.6 Sovprežna AB plošča in sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev	- 123 -
8 ZAKLJUČEK	- 126 -
VIRI	- 133 -

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m ² plošče za klasično AB ploščo nosilno v eni smeri podprti s klasičnim opažem.	- 17 -
Preglednica 2: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m ² plošče za klasično AB ploščo podprto s pločevino Cofrastra 70	- 21 -
Preglednica 3: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m ² plošče za klasično AB ploščo nosilno v dveh smereh	- 34 -
Preglednica 4: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m ² plošče za klasično AB ploščo preko sekundarnih sovprežnih in navadnih nosilcev, ki so na polovici razpona b.	- 47 -
Preglednica 5: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m ² plošče za klasično AB ploščo podprto s pločevino Cofrastra 40 preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, ki so na polovici razpona b	- 64 -
Preglednica 6: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m ² plošče za sovprežno AB ploščo s pločevino Trimo H110-1.	- 70 -
Preglednica 7: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m ² plošče za sovprežno AB ploščo s pločevino Cofrastra 70	- 73 -
Preglednica 8: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m ² plošče za sovprežno AB ploščo s pločevino Trimo H74-1 preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, ki so na tretjini razpona b.	- 81 -
Preglednica 9: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m ² plošče za sovprežno AB ploščo s pločevino Cofrastra 40 preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, ki so na tretjini razpona b.	- 84 -

KAZALO SLIK

Slika 1: Klasična AB plošča nosilna v eni smeri	- 12 -
Slika 2: Statični sistem klasične AB plošče nosilne v eni smeri	- 13 -
Slika 3: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni	- 16 -
Slika 4: Prečni prerez pri AB plošči podprti s pločevino	- 19 -
Slika 5: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni	- 19 -
Slika 6: Klasična AB plošča nosilna v dveh smereh	- 23 -
Slika 7: Vrste plošč glede na podpiranje, ki sem jih upošteval pri dimenzioniranju	- 24 -
Slika 8: Plošča, ki ima vse štiri robove proste	- 25 -
Slika 9: Plošča, ki ma dva robova vpeta	- 25 -
Slika 10: Obtežba, ki deluje na sovprežni sekundarni nosilec	- 28 -
Slika 11: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni	- 33 -
Slika 12: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m	- 36 -
Slika 13: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu $a \times b = 5 \times 6$ m	- 36 -
Slika 14: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m	- 37 -
Slika 15: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m	- 38 -
Slika 16: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu $a \times b = 6 \times 6$ m	- 38 -
Slika 17: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m	- 39 -

Slika 18: Klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev	- 41 -
Slika 19: Statični sistem klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici oz. tretjini razpona b	- 42 -
Slika 20: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni – navadni nosilci	- 45 -
Slika 21: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni – sovprežni nosilci	- 45 -
Slika 22: Obtežba v montažnem stanju, ki deluje na sekundarni sovprežni nosilec	- 51 -
Slika 23: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko navadnih in sovprežnih sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 7 \text{ m}$	- 62 -
Slika 24: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko navadnih in sovprežnih sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 7 \text{ m}$	- 62 -
Slika 25: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni – navadni nosilec	- 63 -
Slika 26: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni – sovprežni nosilec	- 63 -
Slika 27: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev, podprte s klasičnim opažem oz. pločevino pri razponu $a \times b = 5 \times 5 \text{ m}$	- 66 -
Slika 28: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev, podprte s klasičnim opažem oz. pločevino pri razponu $a \times b = 6 \times 7 \text{ m}$	- 67 -
Slika 29: Sovprežna AB plošča	- 68 -
Slika 30: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni	- 69 -
Slika 31: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu $a \times b = 5 \times 5 \text{ m}$	- 75 -
Slika 32: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu $a \times b = 5 \times 6 \text{ m}$	- 76 -
Slika 33: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu $a \times b = 5 \times 7 \text{ m}$	- 76 -
Slika 34: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu $a \times b = 6 \times 5 \text{ m}$	- 77 -
Slika 35: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu $a \times b = 6 \times 6 \text{ m}$	- 78 -
Slika 36: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu $a \times b = 6 \times 7 \text{ m}$	- 78 -

Slika 37: Sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev	- 79 -
Slika 38: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni	- 80 -
Slika 39: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m	- 87 -
Slika 40: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 6$ m	- 87 -
Slika 41: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m	- 88 -
Slika 42: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m	- 89 -
Slika 43: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 6$ m	- 90 -
Slika 44: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m	- 90 -
Slika 45: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m	- 92 -
Slika 46: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 6$ m	- 93 -
Slika 47: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m	- 94 -
Slika 48: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m	- 95 -
Slika 49: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 6$ m	- 96 -
Slika 50: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m	- 96 -
Slika 51: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m	- 98 -
Slika 52: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 5 \times 6$ m	- 99 -
Slika 53: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m	- 99 -

- Slika 54: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m - 100 -
- Slika 56: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m - 102 -
- Slika 57: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m - 103 -
- Slika 58: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 6$ m - 104 -
- Slika 59: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m - 105 -
- Slika 60: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m - 106 -
- Slika 61: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 6$ m - 107 -
- Slika 62: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m - 108 -
- Slika 63: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m - 109 -
- Slika 64: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 6$ m - 110 -
- Slika 65: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m - 111 -
- Slika 66: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m - 112 -
- Slika 67: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 6$ m - 113 -
- Slika 68: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m - 114 -
- Slika 69: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m - 115 -
- Slika 70: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m - 116 -

Slika 71: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m	- 117 -
Slika 72: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 6$ m	- 118 -
Slika 73: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m	- 119 -
Slika 74: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m	- 120 -
Slika 75: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 6$ m	- 121 -
Slika 76: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m	- 122 -
Slika 77: Cenovna primerjava sovprežne AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m	- 123 -
Slika 78: Cenovna primerjava sovprežne AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 6$ m	- 124 -
Slika 79: Cenovna primerjava sovprežne AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m	- 124 -
Slika 80: Cenovna primerjava sovprežne AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m	- 125 -
Slika 81: Cenovna primerjava različnih nosilnih sistemov za razpon $a \times b = 5 \times 5$ m	- 129 -
Slika 82: Cenovna primerjava različnih nosilnih sistemov za razpon $a \times b = 6 \times 7$ m	- 130 -
Slika 83: Cenovna primerjava različnih nosilnih sistemov za obtežbo 7 kN/m^2	- 131 -
Slika 84: Cenovna primerjava različnih nosilnih sistemov za obtežbo 12 kN/m^2	- 132 -

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

MSU	Mejno stanje uporabnosti
MSN	Mejno stanje nosilnosti
AB	Armirani beton
FGG	Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

1 UVOD

Beton je eden temeljnih materialov v gradbeništvu, ki je sestavljen iz peska in vode ter cementa, ki služi kot vezivo. Sam beton ima zelo dobre tlačne in precej slabše natezne lastnosti. Da bi betonu izboljšali natezne lastnosti, mu v področju nategov dodamo armaturo (v obliki armaturnih palic ali mrež). Tako dobimo kompozit, ki ima zelo dobre tlačne in natezne lastnosti. V fazi vgradnje betona potrebujemo opaž, ki ga, ko beton doseže svojo trdnost, odstranimo oz. razopazimo. To zahteva dodatno delo in določen čas, zato raje uporabimo pločevino, ki služi kot natezna armatura in kot opaž betonu v fazi vgradnje. Sama pločevina nam omogoča, da jo izkoristimo samo kot opaž kar pomeni, da jo dimenzioniramo samo v montažnem stanju, ali pa kot sovprežno konstrukcijo, kjer pločevina služi kot opaž in hkrati kot natezna armatura.

V razvitem svetu, je tak konstrukcijski sistem oz. sovprežni strop s profilirano pločevino že uveljavljen in se uporablja predvsem pri visokogradnji. Njihovo uporabo bomo največkrat zasledili pri jeklenih, vedno pogosteje pa tudi v betonskih okvirnih konstrukcijah. Sovprežno ploščo lahko kombiniramo z jeklenimi primarnimi ali sekundarnimi nosilci, ki so lahko tudi sovprežni, pri tem pa lahko valovi potekajo vzporedno ali pravokotni na nosilec. Tak način izvedbe sovprežnega stropu je v diplomski nalogi primer sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kjer valovi pločevine potekajo pravokotno na sovprežni nosilec. O sovprežni stropni konstrukciji lahko govorimo, ko na profilirano pločevino vgradimo beton, ki lahko vsebuje tudi armaturo. Ko se beton strdi skupaj s profilirano pločevino, tvori sovprežno stropno ploščo.

Nekaj značilnosti in prednosti sovprežne AB plošče pred klasično AB ploščo:

- Pločevina služi kot delovna platforma, pri čemer je to že opaž za beton, ki pa pri manjših razponih ne potrebuje vmesnega podpiranja. Če to lastnost primerjamo z klasično AB ploščo, je pri klasični plošči v vsakem primeru potreben opaž, ki ga je potrebno podpirati, kar zahteva dodaten čas.

- Pločevina služi kot natezna armatura. Tako pri sovprežni plošči porabimo manj armature kot pri klasični AB plošči in zopet, zaradi montaže armature pri klasični AB plošči, pridobimo na času.
- Enostavna gradnja.
- Dobre lastnosti rebričastega stropa.
- Večja nosilnost in togost sovprežnega stropa glede na betonsko ploščo enakih dimenzij, kar pomeni, da v primerjavi s klasično AB ploščo, porabimo manj materiala.
- Dober videz spodnje površine stropa, ki ne potrebuje dodatne obdelave.

Slabost pri pločevinah je, da je sama pločevina lahko zelo draga, kar pomeni, da je kljub vsem prednostim, primer sovprežne AB plošče s pločevino dražji od klasične AB plošče, podprte s klasičnim opažem.

Med pločevinami, ki se pojavljajo na tržišču, ločimo tri tipe profilacij oz. pločevin, in sicer:

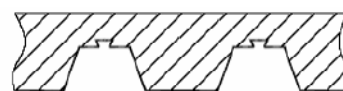
- trapezne – odprti profili (zaradi manjše površine spodnje pasnice je poraba in s tem teža betona manjša)
- izbočene – zaprti profili (večja strižna povezava med betonom in pločevino, večja površina spodnje pasnice in s tem večja poraba betona)
- in odprto-zaprti profil, kjer gre za kombinacijo zaprtega in odprtega profila



odprti profili



zaprti profili



odprto-zaprti profili

Značilni obliki prečnih prerezov (Nova profilirana pločevina za sovprežne stropove, Darko Beg, 2005, str. 9)

Pri projektiranju sovprežnih konstrukcij s profilirano jekleno pločevino zajamemo dve fazi:

Projektiranje jeklene pločevine v fazi gradnje

Dokler beton ne doseže svoje trdnosti in s pločevino tvori sovprežno ploščo, pločevina služi kot opaž betonu. V tem primeru obtežbo pločevini predstavlja:

- lastna teža betona in pločevine
- konstrukcijska obtežba z vplivi lokalnega kopičenja betona in
- učinek bazena (ni potrebno upoštevati, če je upogibek na sredini pri MSU zaradi lastne teže jekla in betona manjši od 1/10 debeline sovprežne plošče)

Pri dimenzioniranju je pločevino potrebno kontrolirati tako v MSN kot tudi v MSU. Pri MSN je potrebno upoštevati:

- upogib (upoštevati nevarnost lokalnega izbočenja pločevine in določiti efektivni odpornostni moment po metodi sodelujoče širine)
- strig
- vnos koncentriranih sil
- interakcijo striga in upogiba in
- interakcijo upogiba in vnosa koncentrirane sile

Pri MSU pa upoštevamo dovoljeno elastično analizo z upoštevanjem efektivnih karakteristik in maksimalne vrednosti upogibka $L/180$, kjer je L razmak med podporami (upoštevati tudi vmesne podpore).

Projektiranje sovprežnega prereza

Pločevina mora biti sposobna prenašati horizontalne strižne sile med betonom in jeklom. Za sovprežno delovanje zadostuje sama kemijska vez med betonom in pločevino, zato moramo zagotoviti eno izmed naslednjih možnosti:

- mehansko strižna vez (izboklina ali nazobčenje)
- trenje pri pločevinah z izbočenim oblikovanim profilom
- končno sidranje z varjenimi čepi ali
- končno sidranje z deformiranjem reber na konceh

Pri tem celotna obtežba deluje na sovprežno konstrukcijo. Za izračun maksimalnih oz. minimalnih notranjih sil, je potrebno upoštevati najbolj neugodno kombinacijo obtežbe. Pri dimenzioniranju sovprežno ploščo kontroliramo tako v MSN kot tudi v MSU. Pri MSN

kontroliramo upogib, vzdolžni strig in prečni strig. Pri MSU pa kontroliramo razpoke v betonu, kjer pa kontinuirno sovprežno ploščo računamo kot prostoležečo. V tem primeru je potrebno zagotoviti zgornjo negativno armaturo, ki ne sme biti manjša od 0.2 % površine betona nad rebri v primeru nepodprte pločevine v času gradnje in pa 0.4 % v primeru podprte gradnje. Poleg razpok v betonu kontroliramo še upogibke.

Danes nam trg ponuja veliko različnih materialov, proizvodov in končnih rešitev glede izvedbe stropne konstrukcije. Za to, da izberemo najugodnejšo rešitev, je potrebno te možnosti med seboj primerjati. Izbrani sistem mora ustrezati vsem statičnim in konstruktivnim zahtevam ter istočasno omogočati stroškovno in časovno najugodnejšo rešitev. Da bi projektantom olajšali delo pri izbiri najustrežnejšega stropnega sistema, je potrebno izdelati analizo različnih sistemov in jih medsebojno primerjati.

Namen moje diplomske naloge je primerjava nekaterih izmed možnih rešitev izvedbe medetažnih konstrukcij. V podjetju Trimo so se odločili za primerjavo štirih rešitev izvedbe medetažnih konstrukcij:

- klasična AB plošča
- klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev
- sovprežna AB plošča in
- sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev

Na uporabnost posameznega primera vpliva obtežba, dimenzije tlorisa oz. razpon in opaževanje. Tako sem za vsak primer posebej izračune opravil glede na naslednje kriterije:

- Opaževanje:
 - klasično,
 - profilacija (Hi-bond, Super Holorib, Cofrastra, nova Trimo profilacija).
- Obtežbe-kombinacija 1:
 - stalna: $g = 3,0 \text{ kN/m}^2$; (brez lastne teže stropa),
 - koristna: $p = 2,5; 3,0; 4,0; 5,0 \text{ kN/m}^2$
- Obtežbe-kombinacija 2:
 - stalna: $g = 0,0 \text{ kN/m}^2$; (brez lastne teže stropa),

- koristna: $p = 5,0; 7,5 \text{ kN/m}^2$
- Geometrija:
 - $a = 5,6 \text{ m}$,
 - $b = 5,6, 7 \text{ m}$.

Klasična AB plošča

Pri klasični AB plošči primerjam dve rešitvi, in sicer ploščo, ki nosi v eni smeri in ploščo, ki nosi v dveh smereh. V prvem primeru, kjer plošča nosi v eni smeri, sem določil porabo betona, jekla oz. armature in porabo opaža, ki je izveden bodisi klasično bodisi z uporabo pločevine (pri opaževanju s pločevino sem upošteval podpiranje pločevine v montažnem stanju). V drugem primeru sem poleg navedenega določili še porabo jekla kot sovprežnega nosilca, za opaž pa sem upošteval samo klasično izvedbo. Tukaj je podpiranje s pločevino mišljeno za plošče, ki nosijo v eni smeri.

Klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev

V primeru take plošče gre za dve rešitvi, ki se razlikujeta v razdalji med podpornimi nosilci. Podporni nosilci so izvedeni kot sovprežni, za primerjavo pa sem preučil še varianto, kjer so sekundarni nosilci izvedeni kot navadni nosilci. V obeh primerih sem določil porabo betona, jekla (armatura, sekundarni nosilci) in porabo opaža, ki je izveden bodisi klasično bodisi z uporabo pločevine (pri opaževanju s pločevino sem upošteval podpiranje pločevine v montažnem stanju).

Sovprežna AB plošča

Med seboj sem primerjal več tipov profilacij (Hi-bond, SuperHolorib, Cofrastra, nova Trimo profilacija). Kontrolo sem izvedel tako v montažnem stanju, kjer je bilo potrebno predvideti podpiranje, kot tudi v sovprežnem stanju. Kjer so mi posamezne pločevine dovoljevale, sem za prevzemanje vzdolžnega striga izkoristil sprijemnost med betonom in pločevino, sicer pa sem moral predvideti končno sidranje s čepi. Tudi v tem primeru sem določil porabo betona, jekla in pločevine. Pri sovprežni AB plošči, kjer gre za velike razpone, sem uporabil višje pločevine.

Sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev

Za razliko od prejšnjega primera je tukaj potrebno določiti še sekundarne nosilce, ki so izvedeni kot sovprežni nosilci. Zopet določimo porabo betona, jekla (armatura, sekundarni nosilci) in pločevine. Ker gre za manjše razpone, sem uporabil nižje pločevine.

2 KARAKTERISTIKE MATERIALOV IN CENA UPORABLJENIH PROIZVODOV

2.1 Lastnosti materialov in delni varnostni faktorji

Pri dimenzioniranju primerov sem upošteval naslednje karakteristične lastnosti materialov in njihove delne varnostne faktorje.

material

Beton	C 25/30
Armatura	MAG 500/600
	RA 400/500
Jeklo	S 235
Pločevina	S 235
	S 250
	S 280
	S 320
	S 350

delni varnostni faktorji

obtežba	stalna in lastna	$\gamma_g = 1,35$
	koristna	$\gamma_q = 1,50$
material	beton	$\gamma_c = 1,50$
	armatura	$\gamma_s = 1,15$

2.2 Skupna obtežba

Skupna obtežba je sestavljena iz stalne (g_s), lastne (g_l) in koristne obtežbe (q) in je pomnožena z delnimi varnostnimi faktorji.

$$G_{skup} = 1,35 * (g_s + g_l) + 1,5 * q$$

2.3 Cene materialov

Cene materialov so pripravili na nabavnem oddelku v podjetju Trimo. Vse cene so nabavne. Za lokacijo objekta sem izbral mesto Krško. Celoten transport je torej računano do Krškega. Ker bomo drugo leto začeli poslovati z denarno valuto evro, cene navajam v tej valuti. Za izračun tolarjev v evre sem upošteval menjalni tečaj 1 evro je enako 239,64 tolarjev.

Beton C 25/30

(cena je z vgradnjo in transportom do gradbišča)

95,14 €/m²

Armatura MAG 500/600 in
RA 400/500

(cena je z vgradnjo in transportom do gradbišča)

0,90 €/m²

Opaženje in razopaženje AB plošče

a) klasična AB plošča nosilna v eni smeri

9,18 €/m²

b) klasična AB plošča nosilna v dveh smereh

9,18 €/m²

Pločevina

Trimo pločevina H110-1

t = 1,0 mm ; S 280

13,00 – 17,00 €/m²

t = 1,2 mm ; S 280

16,00 – 20,00 €/m²

t = 1,0 mm ; S 320

14,00 – 18,00 €/m²

Trimo pločevina H74-1

t = 0,88 mm ; S 280

11,00 – 13,00 €/m²

t = 1,20 mm ; S 280	14,00 – 16,00 €/m ²
t = 1,00 mm ; S 280	12,00 – 14,00 €/m ²
HI-Bond 55	
t = 0,8 mm ; S 250	11,93 €/m ²
SuperHolorib 51/150	
t = 1,00 mm ; S 350	15,14 €/m ²
t = 0,88 mm ; S 350	13,54 €/m ²
Cofrastra 70	
t = 1 mm ; S 350	11,40 €/m ²
Cofrastra 40	
t = 0,88 mm ; S 350	10,40 €/m ²
t = 1,00 mm ; S 350	10,90 €/m ²
Jekleni vročevaljani IPE profili (IPE 220-IPE 500)	
cena transporta	1,17 €/m ²
cena montaže	0,02 €/m ²
Cena transporta pločevin so:	
• Pločevini HI-Bond in Trimo	0,42 €/m ²
• Pločevini Cofrastra in SuperHolorib	650,00 € na celotno količino
Cena montaže za vse pločevine je	2,71 €/m ²
Cena podpiranja pločevine v montažnem stanju	2,30 €/m
Cene čepov tipa:	
• NELSON d = 19 mm, h = 100 mm, fu = 45 kN/cm ²	2,30 €/kom
Montaža čepa	0,83 €/kom
• HILTI X-HVB125	0,64 €/m ²
Montaža čepa	0,33 €/m ²

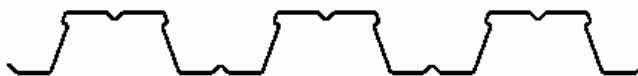
Pločevina Trimo je sicer v fazi razvoja, zato se cene le informativne, vendar pa v podjetju ne pričakujejo večjih odstopanj. Cene pločevin Trimo H110-1 in H74-1 so v primerjavi z ostalimi cenami pločevin višje. Ti pločevini v primerjavi z ostalimi dosegajo večje razpone

(brez vmesnega podpiranja) z manjšo površino pločevine v prečnem prerezu in manjšo težo. Da bi bili ti pločevini še bolj konkurenčni, bi bilo potrebno cene približati ostalim pločevinam. Cena pločevine je odvisna tudi od transporta, ta pa od dolžine ter profilacije pločevine.

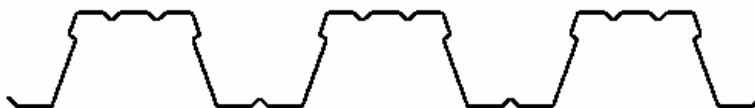
2.4 Primerjava različnih profiliranih pločevin

Pločevina Trimo

Od ponujenih profilacij sem po priporočilu FGG izbral profilaciji H74-1 in H110-1. Profilacijo H74-1, ki spada med nižje pločevine, sem izbral za premoščanje manjših razpetin, profilacijo H110-1, ki pa spada med višje pločevine, pa za premoščanje večjih razpetin. V obeh primeri je iz slik razvidno, da gre za profilacijo trapezastega tipa. V izračunu potrebne količine materiala se je to pokazalo tako, da je bila poraba betona manjša vendar s tem poraba armature večja.



Prečni prerez panela H74-1 (Nova profilirana pločevina za sovprežne stropove, Darko Beg, 2005, str. 11)



Prečni prerez panela H110-1 (Nova profilirana pločevina za sovprežne stropove, Darko Beg, 2005, str. 11)

Pločevina Cofrastra

Na tržišču se pojavljata dve vrsti profilacij, in sicer profilacija Cofrastra 40, namenjena za manjše razpone, in profilacija Cofrastra 70 namenjena za večje razpone.



Prečni prerez panela Cofrastra 40 (www.globalfloor.com/0401/cofrastra40.pdf)

Iz slike je razvidno, da je profilacija Cofrastra 40 profilacija zaprtega tipa oz. izbočena profilacija. Kot sem že omenil, imamo pri tej profilaciji večjo poraba betona in večjo strižno povezavo z betonom in pločevino.

Za razliko od profilacije Cofrastra 40, je profilacija Cofrastra 70 odprtega tipa oz. trapezna profilacija.



Prečni prerez panela Cofrastra 70 (www.globalfloor.com/0401/cofrastra70.pdf)

Pločevina SHR 51/150

Gre za profilacijo zaprtega tipa oz. izbočeno profilacijo. To se pri dimenzioniranju pokaže z večjo porabo betona, vendar se pri tem zmanjša poraba armature v primerjavi s trapezno profilacijo.



Prečni prerez panela SHR 51/150 (www.holorib.de)

Pločevina HI-Bond

Profilacija je odprtega tipa oz. trapezna profilacija. Pri samem dimenzioniranju sem ugotovil, da so paneli uporabni predvsem za manjše razpone.

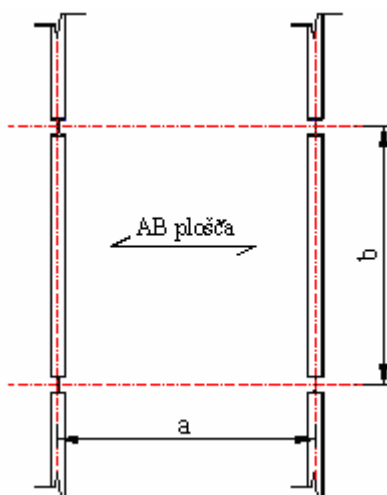


Prečni prerez panela HI-Bond (www.pms-aciers.com)

3 KLASIČNA AB PLOŠČA

Pri klasični AB plošči imamo dva primera, in sicer ploščo nosilno v eni smeri in ploščo nosilno v dveh smereh. Slednja je v prečnem prerezu podprta s sekundarnimi sovprežnimi nosilci. Pri klasični AB plošči nosilni v eni smeri imamo dva načina podpiranja. Prvi način podpiranje je klasični opaz, v drugem primeru pa kot opaz uporabimo pločevino.

3.1 Klasična AB plošča nosilna v eni smeri

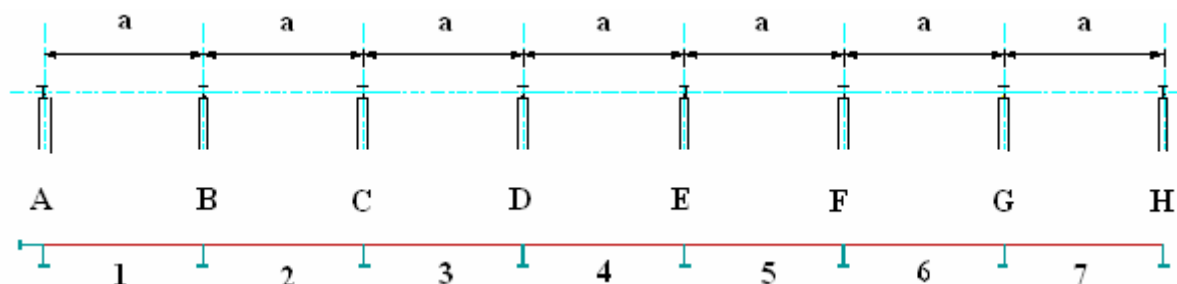


Slika 1: Klasična AB plošča nosilna v eni smeri

3.1.1 Klasično podpiranje

Za statični sistem sem izbral kontinuirani nosilec širine enega metra. Upoštevajoč tloris, dobimo kontinuirani nosilec s sedmimi polji. Pri ploščah, ki so podprte s klasičnim opazem, je spodnja površina ravna in tako dobimo prečni prerez pravokotne oblike.

Za izračun notranjih sil sem izbral računalniški program ESA-Prima Win 3.6. V program sem vnesel geometrijo nosilca, obtežbo in karakteristike materialov. Na podlagi notranjih sil sem določil oz. preveril debelino plošče in potrebno armaturo. Potrebno armaturo sem določil po metodi mejnih stanj. Ploščo sem dimenzioniral tako v MSN kot tudi v MSU.



Slika 2: Statični sistem klasične AB plošče nosilne v eni smeri

3.1.1.1 Računski primer

Prikaz izračuna za obtežbni primer $g = 3,0 \text{ kN/m}^2$ in $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$ ter razpon a in b je 5 m. V računskem primeru je prikazano dimenzioniranje prečnega prereza v polju 1 in nad podporo B, kjer so največje obremenitve.

MSN – mejno stanje nosilnosti

$$\alpha * f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{2,5 \text{ kN/m}^2}{1,5} = 1,42 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{1,15} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Dimenzioniranje v polju 1

$$M_{sd, \max} = 29,6 \text{ kNm} - \text{računalniški program ESA-Prima Win 3.6}$$

$$k_H = \frac{M_{sd}}{\alpha * f_{cd} * b * d^2} = \frac{2960 \text{ kNcm}}{1,42 \text{ kN/cm}^2 * 100 \text{ cm} * 15^2 \text{ cm}} = 0,093$$

$$k_H = 0,118 \rightarrow k_s(\varepsilon_c / \varepsilon_s) = k_s(2,00 \% / 10,00 \%) = 1,067$$

$$A_s = k_s * \frac{M_{sd}}{d * \sigma_s} = 1,067 * \frac{2960 \text{ kNcm}}{15 \text{ cm} * 43,48 \text{ kN/cm}^2} = 4,84 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \text{Izberemo mrežo R 506}$$

Dimenzioniranje nad podporo B

$$M_{sd,max} = 37,6kNm \text{ - račnalniški program ESA-Prima Win 3.6}$$

$$V_{prip} = 42,2kN \text{ - račnalniški program ESA-Prima Win 3.6}$$

$$k_H = \frac{M_{sd}}{\alpha * f_{cd} * b * d^2} = \frac{3760 kNcm}{1,42 kN / cm^2 * 100 cm * 15^2 cm} = 0,118$$

$$k_H = 0,118 \rightarrow k_s(\varepsilon_c / \varepsilon_s) = k_s(2,25 \% / 10,00 \%) = 1,076$$

$$A_s = k_s * \frac{M_{sd}}{d * \sigma_s} = 1,076 * \frac{3760 kNcm}{15 cm * 43,48 kN / cm^2} = 6,20 cm^2 / m \quad \text{Izberemo mrežo R 636}$$

Strig – V_{prip}

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd1} * k * (1,2 + 40 * \rho_l) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b * d = \\ [0,041 kN / cm^2 * 1,45 * (1,2 + 40 * 0,0034)] * 100 cm * 15 cm = 119,14 kN$$

$$\tau_{Rd1} = 0,041 kN / cm^2$$

$$k = 1,6 - d = 1,6 - 0,15 = 1,45 \geq 1,00$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b * d} = \frac{5,03 cm^2}{100 cm * 15 cm} = 0,0034$$

$$\sigma_{cp} = 0 \text{ (ni osne sile)}$$

$$V_{sd} \leq V_{Rd1} \rightarrow \text{potrebna minimalno potrebna armatura}$$

MSU – mejno stanje uporabnosti

Kontrola razpok

$$\underline{\varpi = \beta * S_{rm} * \varepsilon_{SM} \leq 0,3mm}$$

$$\varpi = 1,7 * 97,06 * 0,0016 = 0,26mm \leq 0,3mm$$

$$S_{rm} = 50 + 0,25 * k_1 * k_2 * \frac{\phi [mm]}{\rho_r} = 50 + 0,25 * 0,8 * 0,5 * \frac{8}{0,017} = 97,06$$

$$k_1 = 0,8 - [RA]$$

$$k_2 = 0,5 - \text{upogib}$$

$$k_2 = 0,8 - \text{nateg}$$

$$\beta = 1,7$$

$$\rho_r = \frac{A_s}{A_{CEFF}} = \frac{5,03cm^2}{100cm * 3cm} = 0,017$$

$$A_s = 5,03cm$$

$$\phi = 8mm$$

$$b = 100cm$$

$$h = 18cm$$

$$a = \min(15cm, 3cm)$$

$$\varepsilon_{SM} = \frac{\sigma_s}{E_s} * \left[1 - \beta_1 * \beta_2 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right) \right] = \frac{43,48kN/cm^2}{21000kN/cm^2} * [1 - 1 * 0,5 * 0,46] = 0,0016$$

$$M_{sd} = 3040kNcm$$

$$z = 6cm$$

$$\sigma_s = \frac{M_{sd}}{z * A_s} = \frac{3040kNcm}{6cm * 5,03cm^2} = 100,73kN / cm^2$$

$$M_r = W_{SP} * f_{CTM} = \frac{b * h^2}{6} * f_{CTM} = \frac{100cm * 18^2 cm}{6} * 0,26kN / cm^2 = 1404kNcm$$

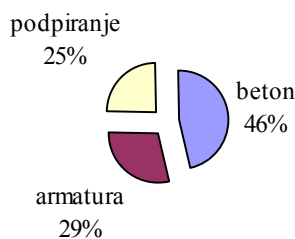
$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{M_r}{M_{sd}} = \frac{1404kNcm}{3040kNcm} = 0,46$$

3.1.1.2 Cena klasične AB plošče nosilne v eni smeri

V končni ceni klasične AB plošče nosilne v eni smeri sem upošteval ceno betona skupaj s transportom in vgradno, prav tako sem upošteval armaturo in opaževanje plošče s klasičnim opažem.



Slika 3: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni

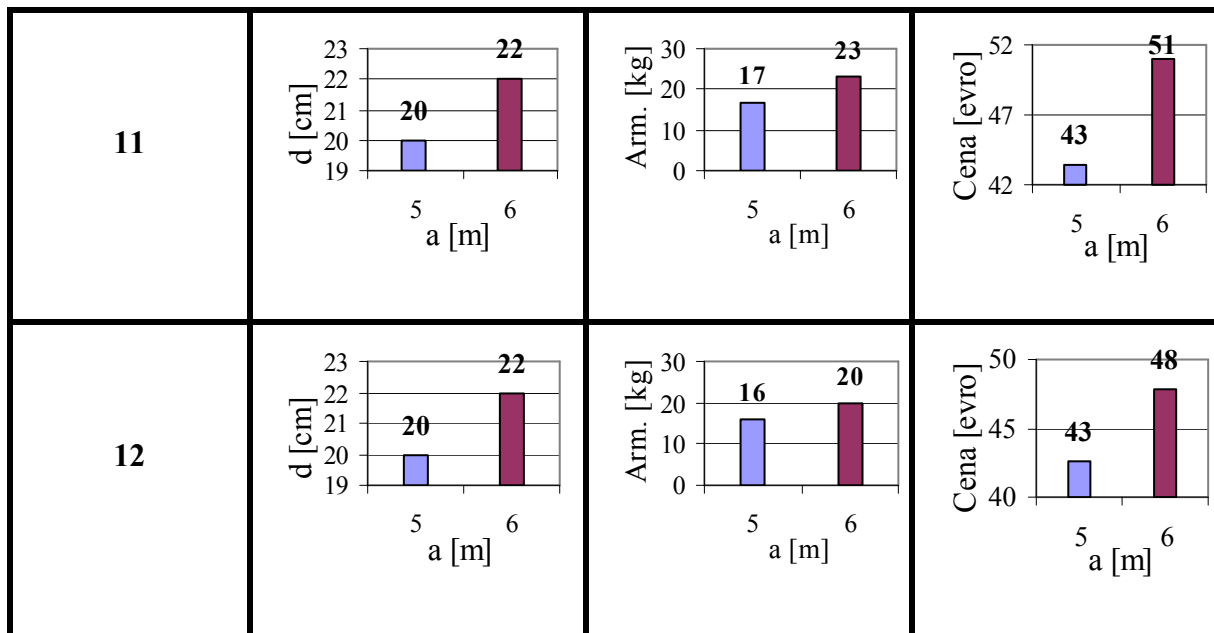
Graf prikazuje strukturo končne cene v odstotkih, kjer je vključena cena betona, armature in podpiranja. Graf je prikazan za razpona a in b je 5 m in obtežbo $g = 3 \text{ kN/m}^2$ ter $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$. Največji strošek v končni ceni predstavlja cena betona.

Preglednica 1: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m² plošče za klasično AB ploščo nosilno v eni smeri podprti s klasičnim opažem.

G_{skup} (kN/m ²)	Debelina plošče	Poraba armature	Končna cena																		
7	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>d [cm]</th></tr> <tr><td>5</td><td>18</td></tr> <tr><td>6</td><td>18</td></tr> </table>	a [m]	d [cm]	5	18	6	18	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>Arm. [kg]</th></tr> <tr><td>5</td><td>12</td></tr> <tr><td>6</td><td>18</td></tr> </table>	a [m]	Arm. [kg]	5	12	6	18	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>Cena [evro]</th></tr> <tr><td>5</td><td>37</td></tr> <tr><td>6</td><td>42</td></tr> </table>	a [m]	Cena [evro]	5	37	6	42
a [m]	d [cm]																				
5	18																				
6	18																				
a [m]	Arm. [kg]																				
5	12																				
6	18																				
a [m]	Cena [evro]																				
5	37																				
6	42																				
8	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>d [cm]</th></tr> <tr><td>5</td><td>18</td></tr> <tr><td>6</td><td>18</td></tr> </table>	a [m]	d [cm]	5	18	6	18	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>Arm. [kg]</th></tr> <tr><td>5</td><td>12</td></tr> <tr><td>6</td><td>18</td></tr> </table>	a [m]	Arm. [kg]	5	12	6	18	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>Cena [evro]</th></tr> <tr><td>5</td><td>37</td></tr> <tr><td>6</td><td>42</td></tr> </table>	a [m]	Cena [evro]	5	37	6	42
a [m]	d [cm]																				
5	18																				
6	18																				
a [m]	Arm. [kg]																				
5	12																				
6	18																				
a [m]	Cena [evro]																				
5	37																				
6	42																				
9	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>d [cm]</th></tr> <tr><td>5</td><td>18</td></tr> <tr><td>6</td><td>18</td></tr> </table>	a [m]	d [cm]	5	18	6	18	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>Arm. [kg]</th></tr> <tr><td>5</td><td>14</td></tr> <tr><td>6</td><td>20</td></tr> </table>	a [m]	Arm. [kg]	5	14	6	20	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>Cena [evro]</th></tr> <tr><td>5</td><td>39</td></tr> <tr><td>6</td><td>44</td></tr> </table>	a [m]	Cena [evro]	5	39	6	44
a [m]	d [cm]																				
5	18																				
6	18																				
a [m]	Arm. [kg]																				
5	14																				
6	20																				
a [m]	Cena [evro]																				
5	39																				
6	44																				
10	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>d [cm]</th></tr> <tr><td>5</td><td>20</td></tr> <tr><td>6</td><td>20</td></tr> </table>	a [m]	d [cm]	5	20	6	20	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>Arm. [kg]</th></tr> <tr><td>5</td><td>16</td></tr> <tr><td>6</td><td>20</td></tr> </table>	a [m]	Arm. [kg]	5	16	6	20	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>Cena [evro]</th></tr> <tr><td>5</td><td>42</td></tr> <tr><td>6</td><td>46</td></tr> </table>	a [m]	Cena [evro]	5	42	6	46
a [m]	d [cm]																				
5	20																				
6	20																				
a [m]	Arm. [kg]																				
5	16																				
6	20																				
a [m]	Cena [evro]																				
5	42																				
6	46																				

... se nadaljuje

...nadaljevanje



Plošča je statično odvisna le od razpona a, zato so rezultati prikazani le za ta razpon. Z večanjem razpona b debelina plošče ter poraba armature ostaja enaka in s tem tudi končna cena izbranega primera.

3.1.2 Opaževanje s pločevino

Dimenzioniranje pločevine

V primeru, ko pločevino uporabimo kot opaž, jo dimenzioniramo samo v montažnem stanju, kar pomeni, da ne upoštevamo sovprežja. Pri določitvi pločevine sem si pomagal s tabelami za montažno stanje. Razpon pločevine med podporami (kar vključuje tudi vmesne podpore) je odvisen od debeline plošče in širine podpiranja. Merodajni razpon sem kontroliral tako v MSN kot tudi v MSU.

Dimenzioniranje AB plošče

Pri opaževanju plošče s pločevino dobimo, zaradi trapezastega ali izbočenega tipa profila, ploščo, ki je v prečnem prerezu rebričasta. Iz tega sledi, da zmanjšamo tlačno cono s spodnje

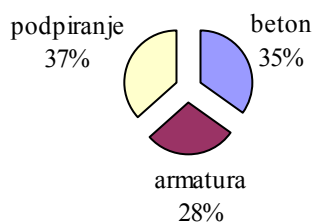
strani, kar poveča negativno armaturo. Izračun sem izvedel tako, da sem za prečni prerez izbral območje enega vala, ki sem ga zaradi lažjega izračuna spremenil v T - prerez, kot je prikazano na sliki 4. Za statični sistem pa sem zopet izbral kontinuiran nosilec s sedmimi polji. Sam postopek računanja je isti kot pri plošči podprti s klasičnim prerezom le, da je v tem primeru kontinuiran nosilec računal kot T – prerez.



Slika 4: Prečni prerez pri AB plošči podprti s pločevino

3.1.2.1 Cena klasične AB plošče podprte s pločevino

V končni ceni je zopet zajeta cena betona, armature in pločevine, ki služi kot opaž betonu. Tako cena betona kot tudi armature in pločevine zajema tudi transport in montažo oz. vgradnjo.

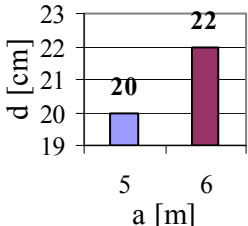
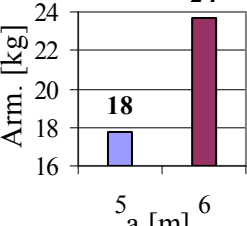
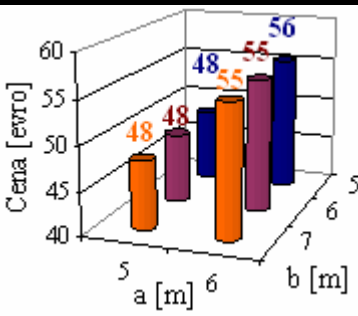
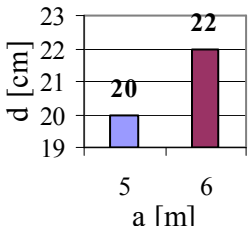
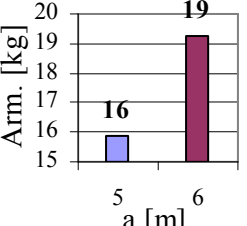
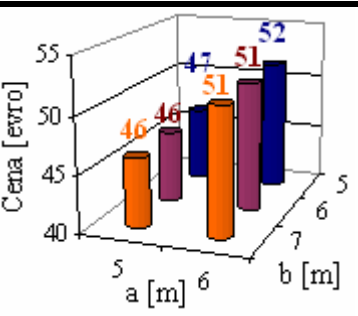
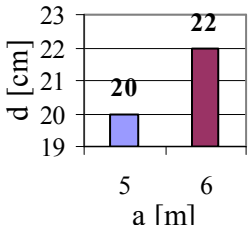
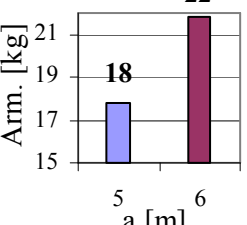
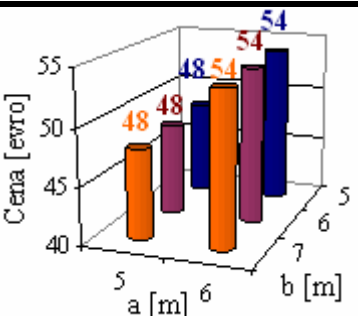


Slika 5: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni

Rezultati so prikazani za izbrano pločevino Cofrastra 70, za razpona a in b je 5 m ter obtežbi $g = 3 \text{ kN/m}^2$ in $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$. Če to primerjamo s ploščo podprto s klasičnim opažem, lahko vidimo, da se je delež cene betona v končni ceni zmanjšal, vendar pa se je povečal delež cene podpiranja. Delež cene armature je ostal skoraj enak. V tem primeru največji strošek predstavlja podpiranje, medtem ko je bila v prejšnjem primeru največji strošek cena betona.

Za pločevino HI-Bond 55 iz tabel, ki so narejene do beline plošče 18 cm, ni bilo moč izbrati potrebnega razpona. V mojem primeru pri danih razponih a prerez AB plošče z debelino 18 cm ni ustrezal statičnim in konstruktivnim zahtevam, zato nisem mogel odčitati potrebne pločevine in s tem porabo armature in betona. Iz tega sklepamo, da ta pločevina, ki služi za opaž, ne ustreza danim razponom.

Preglednica 2: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m² plošče za klasično AB ploščo podrto s pločevino Cofrastra 70

G _{skup} (kN/m ²)	Debelina plošče	Poraba armature	Končna cena
7			
	a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati		
8			
	a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati		
9			
	a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati		

... se nadaljuje

... nadaljevanje

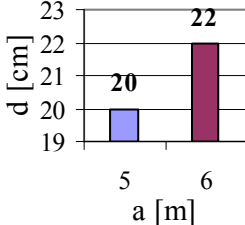
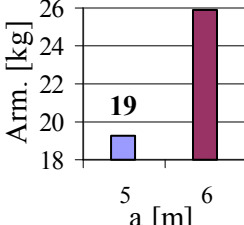
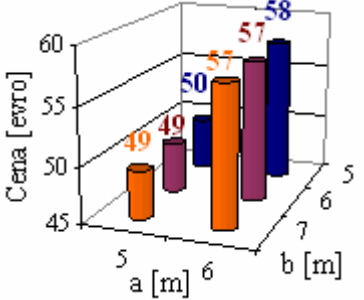
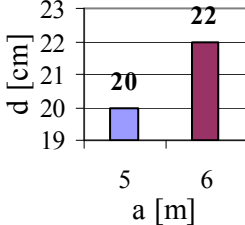
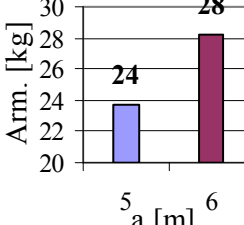
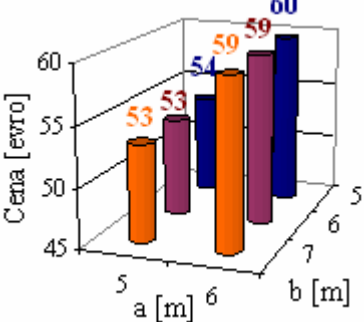
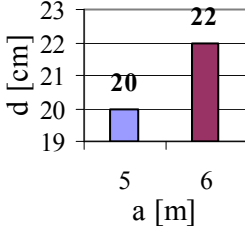
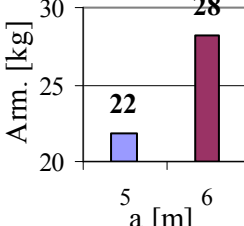
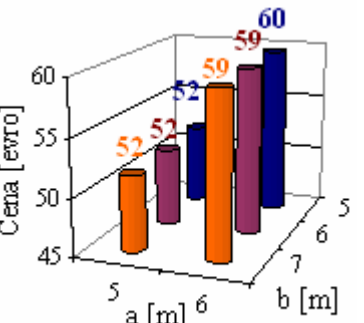
<p>10</p>			
	<p>a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati</p>		
<p>11</p>			
	<p>a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati</p>		
<p>12</p>			
	<p>a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati</p>		

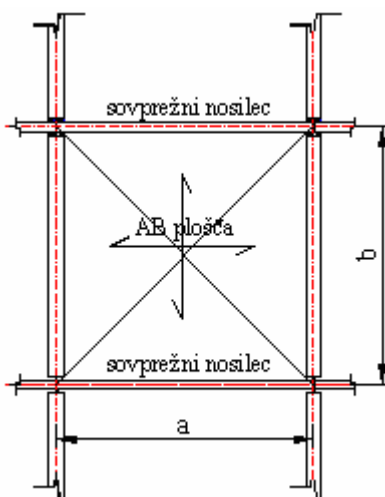
Tabela je prikazana za pločevino Cofrastra 70. V prvih dveh stolpcih tabele, kjer imamo debelino plošče in porabo armature, je razvidno, da ne ena ne druga nista odvisni od razpona b. Za statični sistem sem namreč izbral kontinuiran nosilec, nosilen v eni smeri, in sicer v

smeri a. Tako rezultati veljajo za vse razpone b. Končna cena je odvisna tudi od cene transporta, ta pa z večanjem površine pločevine narašča. Ker na površino vpliva tudi dimenzija b, sem cenovni graf prikazal v odvisnosti od razpona a in od razpona b.

Debelina plošče pri razponu $a = 5$ in 6 m z večanjem obtežbe ostane enaka. Razlike med obtežbami sem variiral glede na potrebno količino armature. Rezultati so prikazani za pločevino Cofrastra 70. Če te rezultate primerjamo z rezultati ostalih pločevin, opazimo, da je poraba armature pri pločevinah izbočenega tipa (v mojem primeru pločevina SuperHolorib 51/150) manjša, kot pri trapeznih pločevinah (pločevina Trimo H110-1).

Naj omenim, da je bilo pri razponu $a = 5$ m potrebno dvakrat podpirati pločevino SuperHolorib 51/150, medtem ko je za ostale pločevine zadoščala samo ena podpora. Res je, da samo podpiranje pločevine ne vpliva na porabo betona in armature, vendar pa vpliva na končno ceno in čas oz. zahtevnost gradnje.

3.2 Klasična AB plošča nosilna v dveh smereh



Slika 6: Klasična AB plošča nosilna v dveh smereh

Kot prikazuje slika 6, je plošča v vzdolžni smeri tlorisa podprta s primarnimi jeklenimi nosilci, v prečni smeri tlorisa pa s sekundarnimi sovprežnimi nosilci. Tako je plošča nosilna v vzdolžni in prečni smeri oz. v dveh smereh. Kar zadeva opaževanje AB plošče, ki nosi v dveh

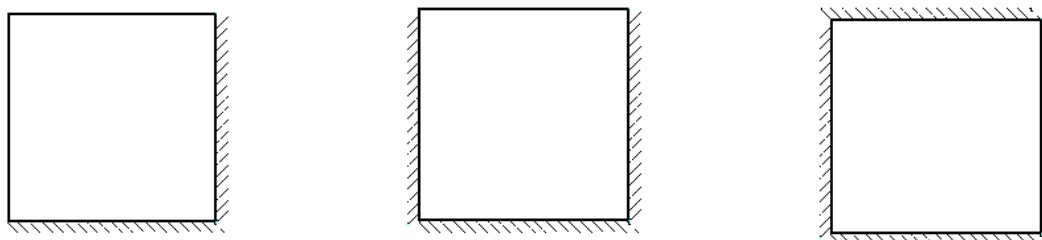
smereh, upoštevamo le klasični opaž, saj podpiranje s pločevino ni primerno za plošče nosilne v dveh smereh.

3.2.1 Klasična AB plošča

Za izračun notranjih sil sem uporabil tabele prof. *Dipl. Ing. J. Hahna*, za določitev potrebne količine armature pa metodo mejnih stanj.

3.2.1.1 Računski primer

Prikaz izračuna za obtežbni primer $g = 3,0 \text{ kN/m}^2$ in $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$ ter razpon a in b je 5 m. Glede na položaj posamezne plošče v tlorisu ločimo 3 različne plošče. Tako je račun prikazan le za eno vrsto plošče, in sicer ploščo, ki ima dva robova vpeta.



Slika 7: Vrste plošč glede na podpiranje, ki sem jih upošteval pri dimenzioniranju

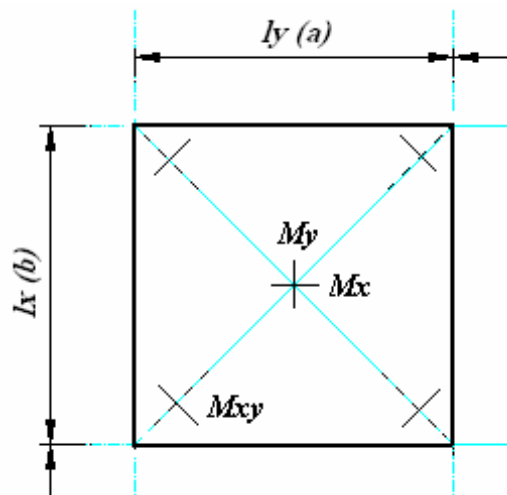
Obtežba in obremenitve

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5m}{5m} = 1$$

$$K = q_1 * l_x * l_y = 12,53 \text{ kN/m}^2 * 5m * 5m = 313,25 \text{ kN}$$

$$q_1 = 1,35 * (g_l + g_s) + 1,5 * q = 1,35 * (3,5 \text{ kN/m}^2 + 3 \text{ kN/m}^2) + 1,5 * 2,5 \text{ kN/m}^2 = 12,53 \text{ kN/m}^2$$

Tabela 1 – prostoležeča plošča



Slika 8: Plošča, ki ima vse štiri robove proste

$$M_x^1 = \frac{K}{m_x} = \frac{313,25kNm}{27,2} = 11,52kNm$$

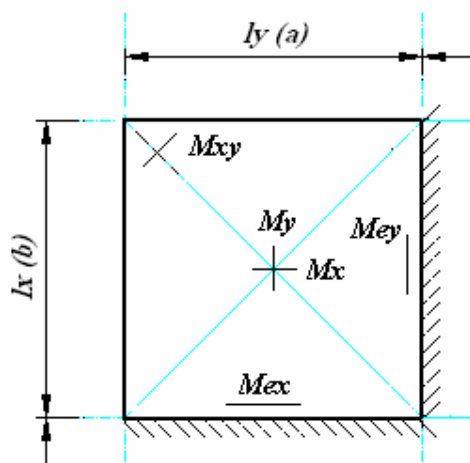
m_x, m_y, m_{xy} odčitamo iz tabele v odvisnosti

$$M_y^1 = \frac{K}{m_y} = \frac{313,25kNm}{27,2} = 11,52kNm$$

od ϵ .

$$M_{xy}^1 = \frac{K}{m_{xy}} = \frac{313,25kNm}{21,6} = 14,50kNm$$

Tabela 4 - plošča z dvema vpetima robovoma



Slika 9: Plošča, ki ma dva robova vpeta

$$M_x^4 = \frac{K}{m_x} = \frac{313,25kNm}{40,2} = 7,79kNm \quad \mathbf{m_x, m_y, m_{ex}, m_{ey} \text{ odčitamo iz tabele v odvisnosti}}$$

$$M_y^4 = \frac{K}{m_y} = \frac{313,25kNm}{40,2} = 7,79kNm \quad \mathbf{od \varepsilon.}$$

$$M_{ex}^4 = \frac{K}{m_{ex}} = \frac{313,25kNm}{14,3} = 21,90kNm$$

$$M_{ey}^4 = \frac{K}{m_{ey}} = \frac{313,25kNm}{14,3} = 21,90kNm$$

$$M_x = \frac{1}{2} * (M_x^1 + M_x^4) = \frac{1}{2} * (11,52kNm + 7,79kNm) = 9,65kNm$$

$$M_y = \frac{1}{2} * (M_y^1 + M_y^4) = \frac{1}{2} * (11,52kNm + 7,79kNm) = 9,65kNm$$

$$M_{xy} = \frac{1}{2} * (M_{xy}^1) = \frac{1}{2} * (14,5kNm) = 7,25kNm$$

$$M_{ex} = M_{ex}^4 = 21,9kNm \quad \text{momente sem izravnal z momenti sosednje plošče } M_{ex} = 20,61kNm$$

$$M_{ey} = M_{ey}^4 = 21,9kNm \quad \text{momente sem izravnal z momenti sosednje plošče } M_{ex} = 20,61kNm$$

Dimenzioniranje

$$\underline{M_x = M_y = 9,65kNm = 965kNcm}$$

$$k_H = \frac{M_x}{\alpha * f_{cd} * b * d^2} = \frac{965kNcm}{1,42kN/cm^2 * 100cm * 11^2cm} = 0,056$$

$$k_H = 0,056 \rightarrow k_s(\varepsilon_c / \varepsilon_s) = k_s(1,50\% / 10,00\%) = 1,049$$

$$A_s = k_s * \frac{M_{sd}}{d * \sigma_s} = 1,049 * \frac{965kNcm}{11cm * 43,48kN/cm^2} = 2,12cm^2/m \quad \mathbf{Izberemo mrežo Q 226}$$

$$\underline{M_{xy} = 7,25kNm = 725kNcm}$$

$$k_H = \frac{M_{xy}}{\alpha * f_{cd} * b * d^2} = \frac{725 kNcm}{1,42 kN / cm^2 * 100 cm * 11^2 cm} = 0,042$$

$$k_H = 0,042 \rightarrow k_s (\varepsilon_c / \varepsilon_s) = k_s (1,25 \% / 10,00 \%) = 1,041$$

$$A_s = k_s * \frac{M_{sd}}{d * \sigma_s} = 1,041 * \frac{725 kNcm}{11 cm * 43,48 kN / cm^2} = 1,58 cm^2 / m \quad \text{Izberemo mrežo Q 189}$$

$$\underline{M_{ex} = M_{ey} = 20,61kNm = 2061kNcm}$$

$$k_H = \frac{M_{ex}}{\alpha * f_{cd} * b * d^2} = \frac{2061 kNcm}{1,42 kN / cm^2 * 100 cm * 11^2 cm} = 0,120$$

$$k_H = 0,120 \rightarrow k_s (\varepsilon_c / \varepsilon_s) = k_s (2,25 \% / 10,00 \%) = 1,076$$

$$A_s = k_s * \frac{M_{sd}}{d * \sigma_s} = 1,076 * \frac{2061 kNcm}{11 cm * 43,48 kN / cm^2} = 4,64 cm^2 / m \quad \text{Izberemo mrežo R 503}$$

3.2.2 Sekundarni sovprežni nosilec (delno sovprežni nosilec)

Jekleni nosilec tipa IPE dimenzioniramo tako v montažnem kot tudi v končnem sovprežnem stanju. Obtežbo v montažnem stanju tako kot pri pločevini predstavlja:

- teža svežega betona,
- delavci in lahka oprema ter
- kopičenje betona samo na območju 3 x 3 m.

V montažnem stanju, kjer nosilec ni bočno podprt, moramo izvesti bočno kontrolo. Vendar v tem primeru, kjer je razpon velik, to obtežbo prevzame sam opaž. Iz tega sledi, da nosilca nisem kontroliral v montažnem stanju.

Obtežba

$$g_l = h_{pl} * \gamma_b = 0,14m * 25kN / m^3 = 3,5kN / m^2$$

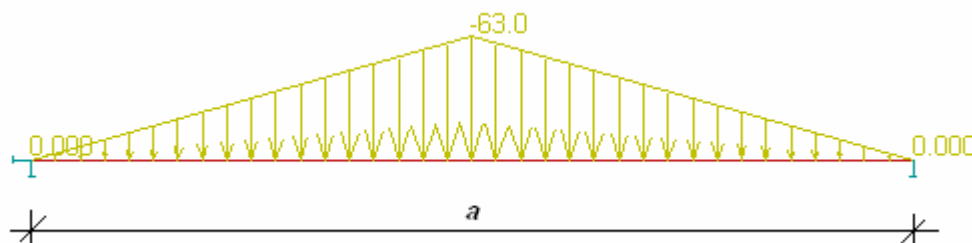
$$g_s = 3,0kN / m^2$$

$$g_{nos} = 0,307kN / m$$

$$q = 2,5kN / m^2$$

$$q_{ed}^{MSN} = b * (1,35 * (g_l + g_s) + 1,5 * q) + 1,35 * g_{nos} = 5m * (1,35 * (3,5kN / m^2 + 3kN / m^2) + 1,5 * 2,5kN / m^2) + 1,35 * 0,307kN / m = 63,04kN / m$$

$$q_{ed}^{MSU} = b * (1,00 * (g_l + g_s) + 1,00 * q) + 1,00 * g_{nos} = 5m * (1,00 * (3,5kN / m^2 + 3kN / m^2) + 1,00 * 2,5kN / m^2) + 1,00 * 0,307kN / m = 45,31kN / m$$



Slika 10: Obtežba, ki deluje na sovprežni sekundarni nosilec

Dimenzioniranje

$$M_{sd} = \frac{q_{ed}^{MSN} * a^2}{12} = \frac{63,00kN / m * 5^2 m}{12} = 131,25kNm$$

$$V_{sd} = \frac{q_{ed}^{MSN} * a}{4} = \frac{63,00kN * 5m}{4} = 78,75kN$$

Ravnotežje

Beton:

$$F_{c,fc} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} * b_{eff} * x_c = 0,85 * \frac{2,5kN / cm^2}{1,5} * 125cm * 4,72cm = 835,32kN$$

Jeklo:

$$F_{c,fs} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * A^{IPE} = \frac{23,5kN/cm^2}{1,1} * 39,1cm^2 = 835,32kN$$

$$b_{eff} = \frac{a}{4} = \frac{5m}{4} = 1,25m$$

$$\underline{F_{c,fc} = F_{c,fs}}$$

$$x_c = \frac{f_y * A^{IPE} * \gamma_c}{0,85 * f_{ck} * b_{eff} * \gamma_{M0}} = \frac{23,5kN/cm^2 * 39,1cm^2 * 1,5}{0,85 * 2,5kN/cm^2 * 125cm * 1,1} = 4,72cm$$

$$e = \frac{h}{2} + hc - \frac{x_c}{2} = \frac{24cm}{2} + 14cm - \frac{4,72cm}{2} = 23,64cm$$

Upogibna nosilnost sovprežne plošče

$$M_{Rd} = F_{c,fs} * e = 835,32kN * 23,64cm = 19746,96kNcm$$

Da bi zadostil vsem zahtevam oz. pogojem dimenzioniranja, sem moral uporabiti večji nosilec, kot bi ga sicer potreboval za tovrstno obtežbo. Zato je izkoriščenost sovprežnega nosilca majhna, zaradi česar sem sklenil uporabiti delno sovprežni nosilec.

M_{Rd} pri delno strižni povezavi

$$M_{Rd1} = M_{pl,Rd} + (M_{Rd} - M_{pl,Rd}) * \frac{n}{n_f} = 7840,45kNcm + (19746,96kNcm - 7840,45kNcm) * 0,7 = 16175,83kNcm$$

Kontrola upogibne nosilnosti

$$\underline{M_{Rd} \geq M_{sd}}$$

$$I = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} = \frac{13125,00kNcm}{16175,83kNcm} * 100 = 81\%$$

Strig

$$\underline{V_{sd} \leq 0,5 * V_{pl,Rd}}$$

$$78,75kN \leq 0,5 * 203,15kN = 101,58kN$$

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 16,47cm^2 * \frac{23,5kN/cm^2}{\sqrt{3} * 1,10} = 203,15kN$$

$$A_v = 1,04 * h * t_w = 1,04 * 24cm * 0,66cm = 16,47cm^2$$

Kontrola kompaktnosti

$$\frac{d}{t_w} \leq 69 * \varepsilon$$

Kontrola pomikov

$$w = \frac{5 * q_{sd} * a^4}{384 * E_j * I_{sov}} \leq \frac{a}{250} = \frac{5 * 0,45kN/cm * 500^4 m}{384 * 21000kN/cm^2 * 16168,19cm^4} = 1,08cm \leq \frac{500cm}{250} = 2,00cm$$

$$I_{sov} = \frac{A^{IPE} * (h + h_c)^2}{4 * \left(1 + n * \frac{A^{IPE}}{b_{eff} * h_c}\right)} + \frac{b_{eff} * h_c^3}{12 * n} + I_y =$$
$$= \frac{39,1cm^2 * (24cm + 14cm)^2}{4 * \left(1 + 10,34 * \frac{39,1cm^2}{125cm * 14cm}\right)} + \frac{125cm * 14^3cm}{12 * 10,24} + 1940cm^4 = 16168,19cm^4$$

Mozniki

Nosilnost enega moznika

$$P_{Rd} = \min(P_{Rd1}, P_{Rd2})$$

$$P_{Rd1} = \frac{1}{\gamma_{M2}} * \left(0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{E_{cm} * f_{ck}}\right) =$$
$$= \frac{1}{1,25} * \left(0,29 * 1 * 1,9^2cm * \sqrt{3050kN/cm^2 * 2,5kN/cm^2}\right) = 73,13kN$$

$$P_{Rd2} = 0,8 * f_u * \frac{\Pi * d^2}{4 * \gamma_{M2}} = 0,8 * 45kN/cm^2 * \frac{\Pi * 1,9^2cm}{4 * 1,25} = 81,65kN$$

$$\alpha = \min\left[0,2 * \left(\frac{h^{moz}}{d}\right) + 1,1\right] = \min[1,25; 1,00] \rightarrow \alpha = 1$$

Potrebno število moznikov

$$n = \frac{F_{c,fs}}{P_{Rd}} = \frac{835,32kN}{73,13kN} = 12$$

Pri sovprežnem nosilcu bi potrebovali 12 moznikov, ker pa imamo delno sovprežni nosilec, potrebujemo manjše število moznikov.

$$n_{dej} = 12 * \frac{n}{n_f} = 12 * 0,7 = 9$$

Pogoj za enakomerno razporeditev

$$\frac{M_{Rd}}{M_{pl,Rd}^{nos}} \leq 2,5 \rightarrow \frac{16175,83kNcm}{7840,45kNcm} = 2,06 \leq 2,5$$

$$M_{pl,Rd}^{nos} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{367,00cm^3 * 23,5kN/cm^2}{1,10} = 7840,45kNcm$$

Razmak med mozniki

$$e = \frac{a}{n_{dej}} = \frac{500cm}{9} = 56cm$$

Strižna armatura

$$A_l = A_{sp} + A_{zg} \geq 0,002 * h_c * 100cm = 0,002 * 14cm * 100cm = 2,8cm^2$$

Nosilnost proti vzdolžnemu strigu

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd1}, V_{Rd2})$$

$$V_{Rd1} = 2,5 * A_{cv1} * \beta * \tau_{Rd} + A_l * \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = 2,5 * 2800cm^2 * 1 * 0,03kN/cm^2 + 2,8cm^2 * \frac{50kN/cm^2}{1,15} = 331,74kN$$

$$V_{Rd2} = 0,2 * A_{cv1} * \beta * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,2 * 2800cm^2 * 1 * \frac{2,5kN/cm}{1,50} = 933,33kN$$

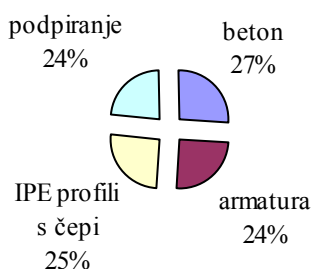
$$V_{Rd1} = 2,5 * A_{cv2} * \beta * \tau_{Rd} + A_l * \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = 2,5 * 3200cm^2 * 1 * 0,03kN/cm^2 + 2,8cm^2 * \frac{50kN/cm^2}{1,15} = 361,74kN$$

$$V_{Rd2} = 0,2 * A_{cv2} * \beta * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,2 * 3200cm^2 * 1 * \frac{2,5kN/cm}{1,50} = 1066,67kN$$

$$V_{sd} \leq \min(V_{Rd1}, V_{Rd2})$$

3.2.3 Cena klasične AB plošče nosilne v dveh smereh

Končna cena je sestavljena iz cene betona, armature, jeklenih nosilcev ter potrebnih čepov in podpiranja oz. opaževanja. Vse cene zajemajo tudi transport do gradbišča in montažo oz. vgradnjo.



Slika 11: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni

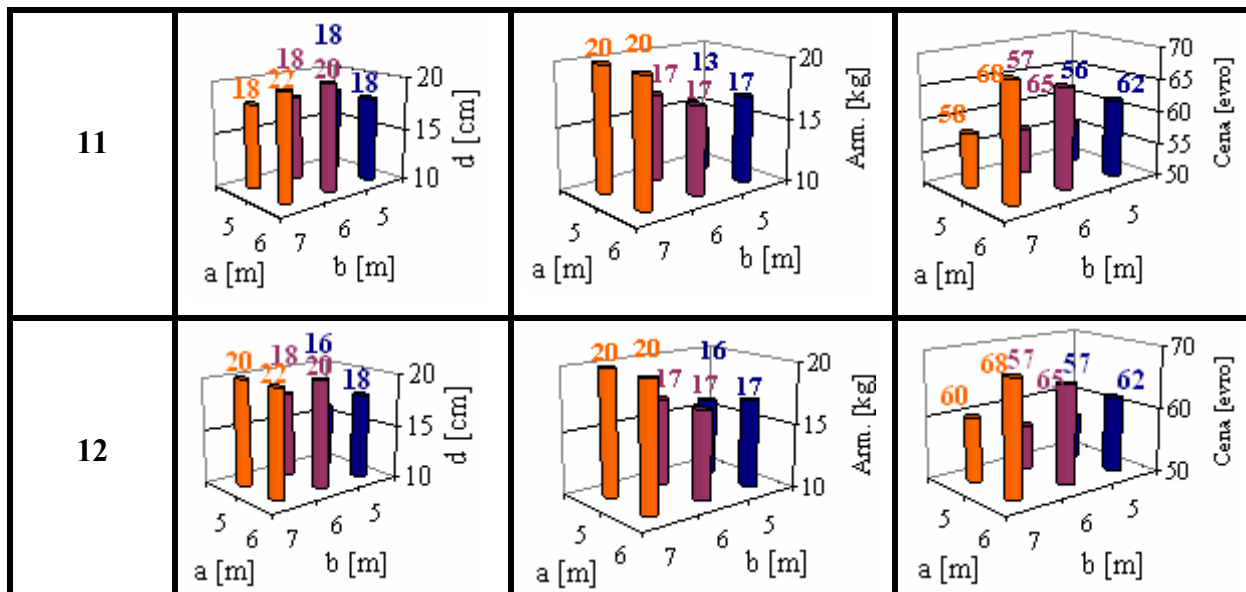
Primerjava je zopet narejena za razpona a in b je 5 m in obtežbo $g = 3 \text{ kN/m}^2$ in $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$. Vidimo, da predstavlja največji strošek beton, vendar pa je delež cene betona primerljiv z ostalimi deleži. Če primerjamo to s prejšnjima primeroma vidimo, da se strošek vgradnje in transporta betona manjša. Kar zadeva podpiranje plošče pa lahko vidimo, da je največji strošek pri plošči podprti s pločevino.

Preglednica 3: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m² plošče za klasično AB ploščo nosilno v dveh smereh

G _{skup} (kN/m ²)	Debelina plošče	Poraba armature	Končna cena
7			
8			
9			
10			

...se nadaljuje

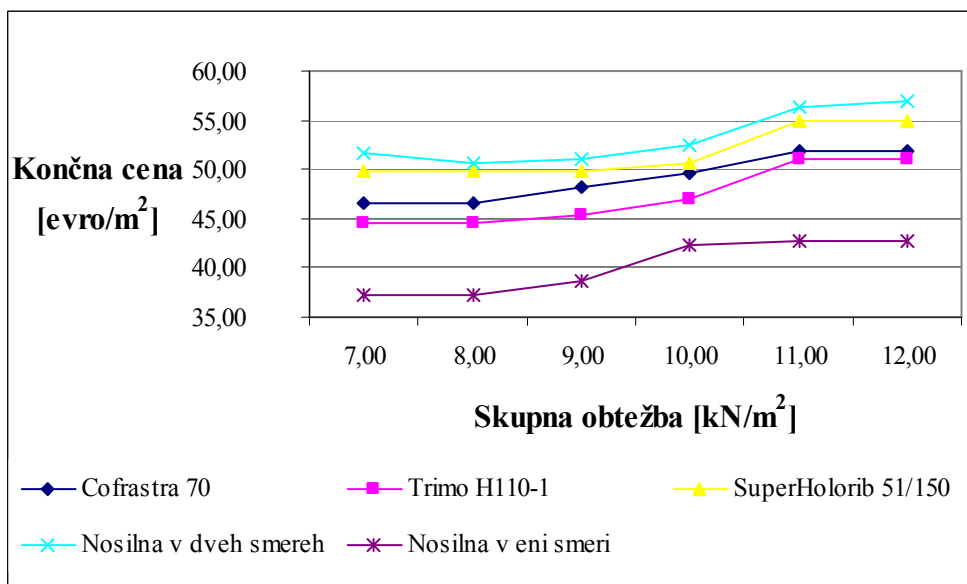
... nadaljevanje



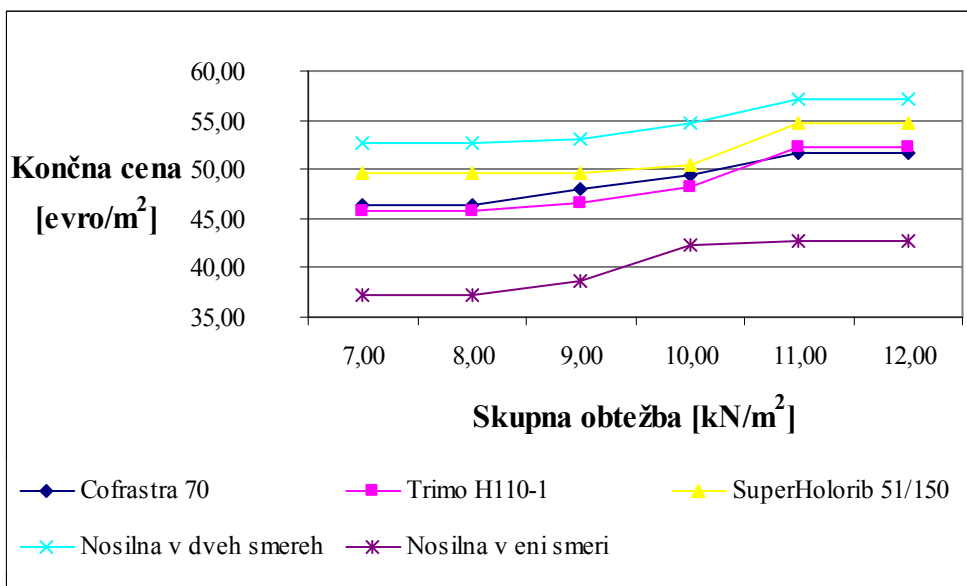
Plošča je nosilna v obeh smereh, kar pomeni, da je odvisna od razpona a in b . Tako so pri vseh treh parametri rezultati prikazani za vsako kombinacijo razpona a in b posebej.

3.3 Cenovna primerjava vseh treh primerov skupaj

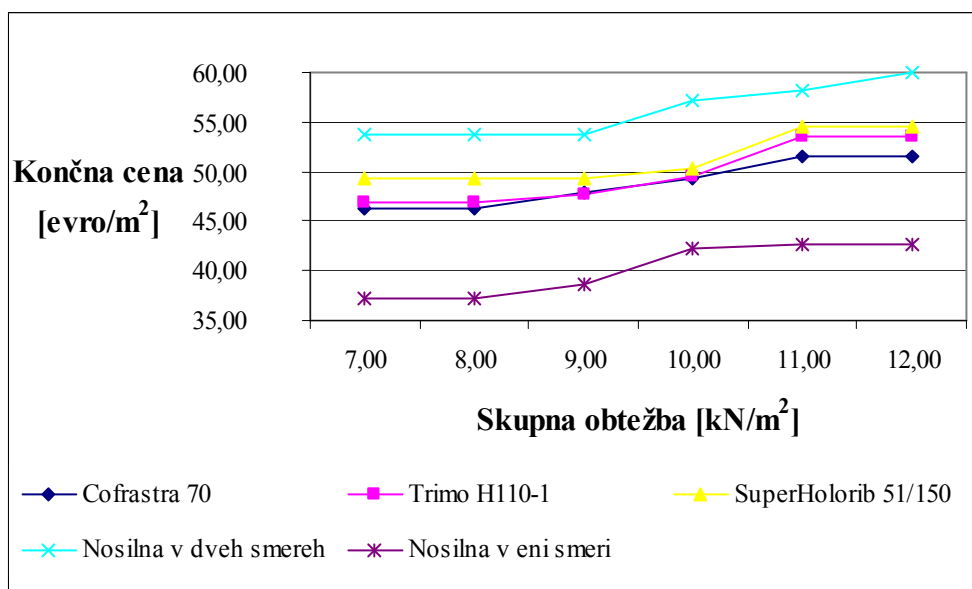
Med seboj sem primerjal klasično AB ploščo nosilno v eni smeri in podprto s klasičnim opažem in pločevino ter klasično AB ploščo nosilno v dveh smereh. Pri plošči, ki je podprta s pločevino, lahko med seboj primerjamo pločevine kot so Trimo H110-1, Cofrastra 70 in SuperHolorib 51/150.



Slika 12: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu a x b = 5 x 5 m

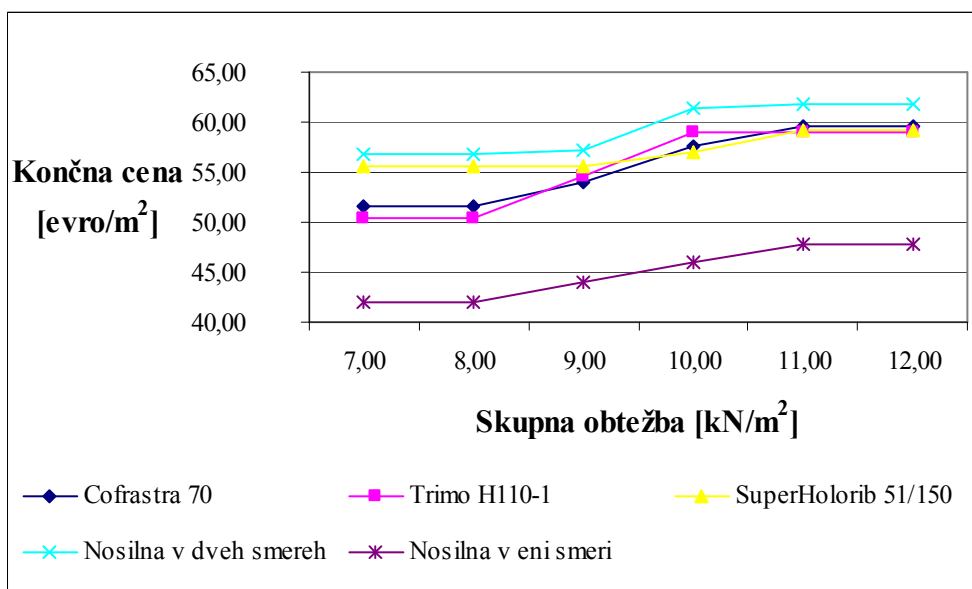


Slika 13: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu a x b = 5 x 6 m

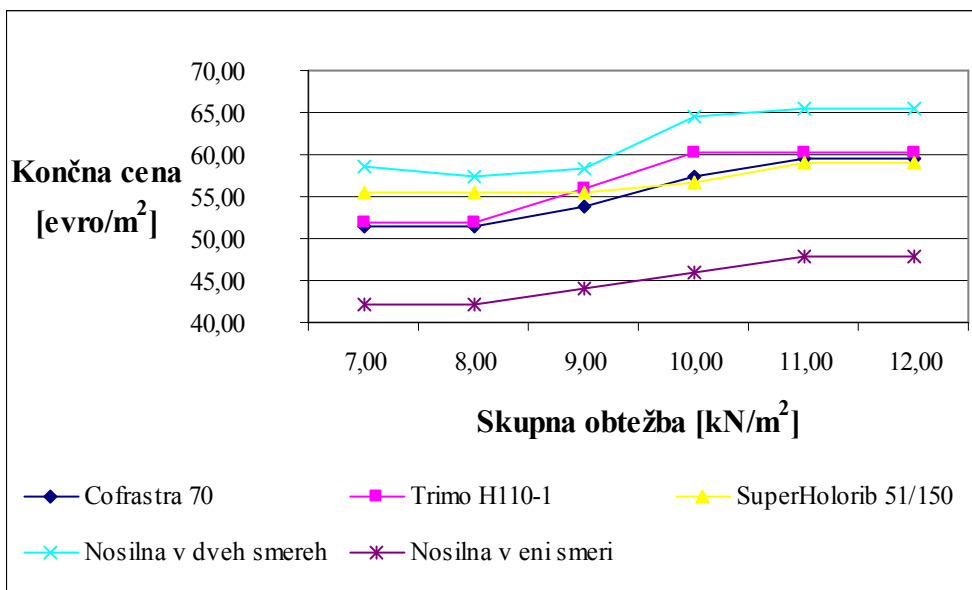


Slika 14: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m

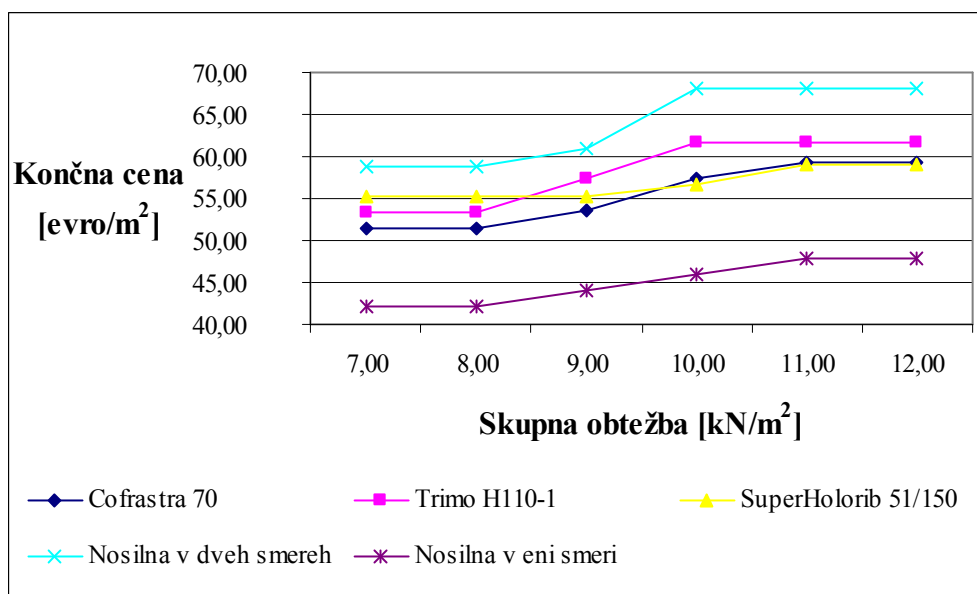
Če primere med seboj primerjamo od najdražjega do najcenejšega, lahko rečemo, da je plošča nosilna v dveh smereh najdražja. Razlog za to so Q mreže, ki so bistveno težje od R mrež, katere so namenjene ploščam nosilnim v eni smeri. Nato sledi plošča nosilna v eni smeri podprta s pločevino, najcenejši primer pa je plošča nosilna v eni smeri in podprta s klasičnim opažem. Plošče podrte s pločevino so cenovno manj ugodne zaradi cene same pločevine in zaradi manjše količine betona pri istem prerezu, pri čemer pa se poveča količina armature. Znotraj grafa lahko med seboj primerjamo tudi pločevine, s katerimi podpiramo AB ploščo. Tako se v prvih treh primerih, kjer je dimenzija a enaka 5 m izkaže, da je podpiranje klasične AB plošče s pločevino SuperHolorib 51/150 najdražje. Sicer pa pločevina SuperHolorib 51/150 spada med nižje profilacije in ni primerna za opaževanje plošč pri velikih razponih, kar je bilo tudi pričakovati. Slabost te pločevine je v tem, da jo je v montažnem stanju pri takih razponih potrebno dvakrat podpirati, medtem ko ostali dve pločevini podpiramo samo enkrat.



Slika 15: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu a x b = 6 x 5 m



Slika 16: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu a x b = 6 x 6 m



Slika 17: Cenovna primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri podprte s klasičnim opažem oz. pločevino in klasične AB plošče nosilne v dveh smereh pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m

S tem ko smo povečali razpon $a = 6$ m, primerjava med ploščo nosilno v eni smeri, podprto s klasičnim opažem in pločevino ter ploščo nosilno v dveh smereh, pokaže podobne ugotovitve kot pri prejšnjem primeru. Tudi glede cene, situacija ostaja podobna. Najcenejša je še vedno plošča nosilna v eni smeri, najdražja pa plošča nosilna v dveh smereh.

Situacija pa se je nekoliko spremenila pri pločevinah, ki služijo kot podpora AB plošči. V primerih kjer je a enak 6 m se izkaže, da je z večanjem dimenzije b pločevina Trimo H110-1 dražja. Z večanjem obtežbe se v vseh primerih izkaže, da je pločevina Trimo najdražja, vendar pa so razlike med pločevinami majhne.

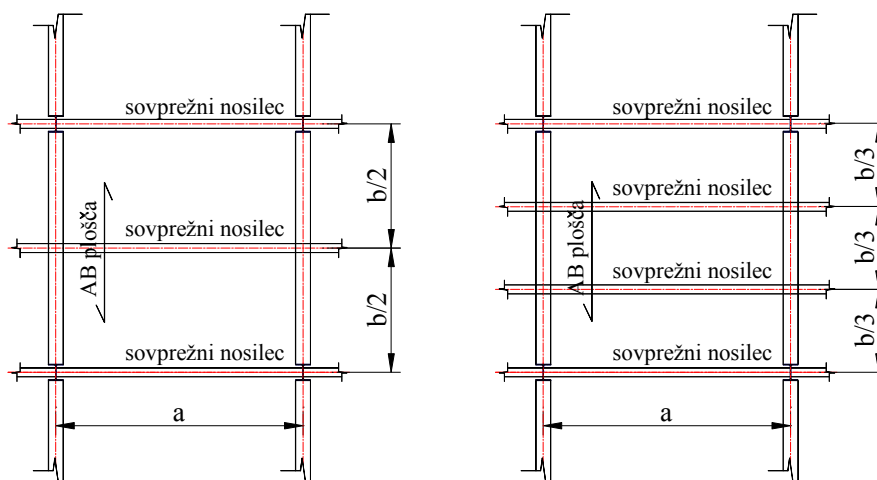
Opomba: za primerjavo sem pri pločevini Trimo izbral debelino 1,2 mm, pri kateri bi bilo potrebno samo enkratno podpiranje, vendar se je ta primer izkazal za dražjega.

Če smo v dilemi ali izbrati ploščo nosilno v eni smeri in podprto s klasičnim opažem oz. pločevino ali ploščo nosilno v dveh smereh, se nam cenovno vsekakor v vseh primerih bolj izplača izbrati prvo. Če pa se odločimo za opaževanje plošče s pločevino, se je izkazalo, da je pločevina SuperHolorib 51/150 neprimerna za razpon $a = 5$ m, saj moramo to pločevino v montažnem stanju podpirati dvakrat, ostali dve pa samo enkrat. Zato sta za razpon $a = 5$ m

primernejši pločevini Cofrastra 70 in Trimo H110-1. Pri razponu $a = 6$ m, kjer je potrebno vse pločevine v montažnem stanju podpirati dvakrat, pa se izkaže, da je pločevina Trimo H110-1 pri velikih obtežbah najdražja. Zato je pri razponih $a = 6$ m primernejše izbrati pločevini Cofrastra 70 in SuperHolorib 51/150.

Cena pločevine Trimo H110-1 se z večanjem kvalitete jekla in debeline pločevine veča. Tako se je v tem primeru izkazalo, da je bolj ekonomično izbrati manjšo debelino in nižjo kvaliteto pločevine ter pri tem večje število podpiranja v montažnem stanju. Ob bolj konkurenčni ceni te pločevine bi se izkazalo, da je bolj ekonomično izbrati višje kvalitete pločevine kot pa pogosteje podpirati pločevino v montažnem stanju. Ob upoštevanju komponente časa je bolj ugodno minimalno število podpiranja, saj s tem bistveno pospešimo čas gradnje.

4 KLASIČNA AB PLOŠČA PREKO SEKUNDARNIH NOSILCEV



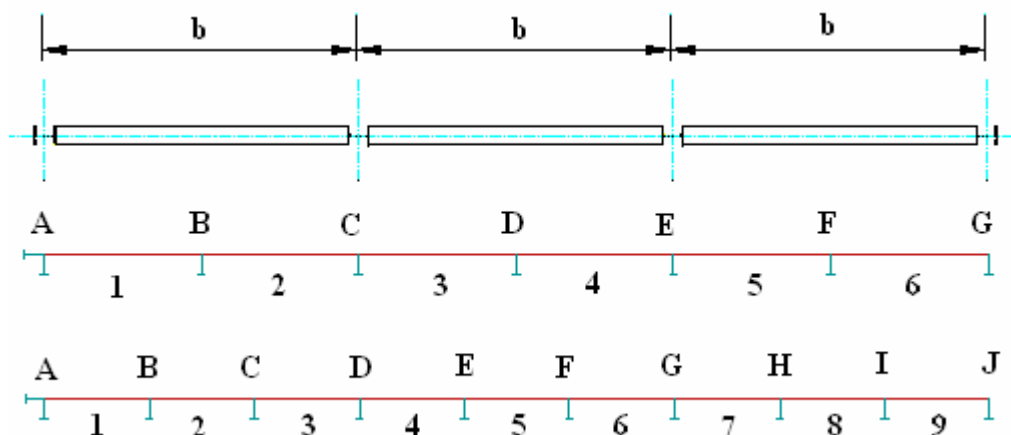
Slika 18: Klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev

4.1 Klasična AB plošča

4.1.1 Klasično podpiranje

Za računski model izberemo kontinuiran nosilec, ki je podprt s sekundarnimi nosilci. Kot sem že omenil, je za razliko od podpiranja s pločevino pri klasičnem opažu spodnja površina ravna. Tako dobimo pravokoten prerez širine enega metra in višine oz. debeline d . Za izračun notranjih sil sem uporabil program ESA-Prima Win 3.6. Sam postopek računanja je isti kot pri klasični AB plošči nosilni v eni smeri.

Kot sem uvodoma dejal, gre za dva primera. V prvem primeru sekundarni nosilci razpolavljajo razpon b v drugem primeru pa so sekundarni nosilci na tretjini razpona b . V obeh primerih je izračun in pa sam pristop k problemu enak. Klasična AB plošča je zasnovana tako, da obtežbo prenaša v eni smeri, in sicer v prečni smeri tlorisa. To velja tako za ploščo podprto s klasičnim opažem kot tudi za ploščo podprto s pločevino.



Slika 19: Statični sistem klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici oz. tretjini razpona b

4.1.1.1 Računski primer

Prikaz izračuna za obtežbni primer $g = 3,0 \text{ kN/m}^2$ in $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$ ter razpona a in b je 5 m. V računskem primeru je prikazano dimenzioniranje prečnega prereza v polju 1 in nad podporo B, kjer so največje obremenitve.

MSN – mejno stanje nosilnosti

$$\alpha * f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{2,5 \text{ kN/m}^2}{1,5} = 1,42 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{1,15} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Dimenzioniranje v polju 1

$M_{sd, \max} = 6,60 \text{ kNm}$ - računalniški program ESA-Prima Win 3.6

$$k_H = \frac{M_{sd}}{\alpha * f_{cd} * b * d^2} = \frac{660 \text{ kNcm}}{1,42 \text{ kN/cm}^2 * 100 \text{ cm} * 11^2 \text{ cm}} = 0,0384$$

$$k_H = 0,0384 \rightarrow k_s (\varepsilon_c / \varepsilon_s) = k_s (1,25 \% / 10,00 \%) = 1,041$$

$$A_s = k_s * \frac{M_{sd}}{d * \sigma_s} = 1,041 * \frac{660 \text{ kNcm}}{11 \text{ cm} * 43,48 \text{ kN} / \text{cm}^2} = 1,44 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \text{Izberemo mrežo R 166}$$

Dimenzioniranje nad podporo B

$$M_{sd, \max} = 8,50 \text{ kNm} - \text{račalniški program ESA-Prima Win 3.6}$$

$$V_{prip} = 19,1 \text{ kN} - \text{račalniški program ESA-Prima Win 3.6}$$

$$k_H = \frac{M_{sd}}{\alpha * f_{cd} * b * d^2} = \frac{850 \text{ kNcm}}{1,42 \text{ kN} / \text{cm}^2 * 100 \text{ cm} * 11^2 \text{ cm}} = 0,049$$

$$k_H = 0,049 \rightarrow k_s (\varepsilon_c / \varepsilon_s) = k_s (1,25 \% / 10,00 \%) = 1,041$$

$$A_s = k_s * \frac{M_{sd}}{d * \sigma_s} = 1,041 * \frac{850 \text{ kNcm}}{11 \text{ cm} * 43,48 \text{ kN} / \text{cm}^2} = 1,85 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \text{Izberemo mrežo R 196}$$

Strig – V_{prip}

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd1} * k * (1,2 + 40 * \rho_l) + 0,15 * \sigma_{cp}] * b * d = \\ [0,041 \text{ kN} / \text{cm}^2 * 1,49 * (1,2 + 40 * 0,0018)] * 100 \text{ cm} * 11 \text{ cm} = 57,00 \text{ kN}$$

$$\tau_{Rd1} = 0,041 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$k = 1,6 - d = 1,6 - 0,11 = 1,49 \geq 1,00$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b * d} = \frac{1,96 \text{ cm}^2}{100 \text{ cm} * 11 \text{ cm}} = 0,0018$$

$$\sigma_{cp} = 0 \text{ (ni osne sile)}$$

$$V_{sd} \leq V_{Rd1} \rightarrow \text{potrebna minimalno potrebna armatura}$$

MSU – mejno stanje uporabnosti

Kontrola razpok

$$\underline{\varpi = \beta * S_{rm} * \varepsilon_{SM} \leq 0,3mm}$$

$$\varpi = 1,7 * 133,64 * 0,00074 = 0,17mm \leq 0,3mm$$

$$S_{rm} = 50 + 0,25 * k_1 * k_2 * \frac{\phi [mm]}{\rho_r} = 50 + 0,25 * 0,8 * 0,5 * \frac{4,6}{0,0055} = 133,64$$

$$k_1 = 0,8 - [RA]$$

$$k_2 = 0,5 - \text{upogib}$$

$$k_2 = 0,8 - \text{nateg}$$

$$\beta = 1,7$$

$$\rho_r = \frac{A_s}{A_{CEFF}} = \frac{1,66cm^2}{100cm * 3cm} = 0,0055$$

$$A_s = 1,66cm$$

$$\phi = 4,6mm$$

$$b = 100cm$$

$$h = 14cm$$

$$a = \min(15cm, 3cm)$$

$$\varepsilon_{SM} = \frac{\sigma_s}{E_s} * \left[1 - \beta_1 * \beta_2 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right) \right] = \frac{43,48kN/cm^2}{21000kN/cm^2} * [1 - 1 * 0,5 * 1,29] = 0,00074$$

$$M_{sd} = 660kNcm$$

$$z = 4cm$$

$$\sigma_s = \frac{M_{sd}}{z * A_s} = \frac{660kNcm}{4cm * 1,66cm^2} = 99,40kN / cm^2$$

$$M_r = W_{SP} * f_{CTM} = \frac{b * h^2}{6} * f_{CTM} = \frac{100cm * 14^2 cm}{6} * 0,26kN / cm^2 = 849,33kNcm$$

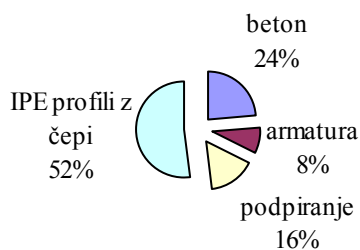
$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0,5$$

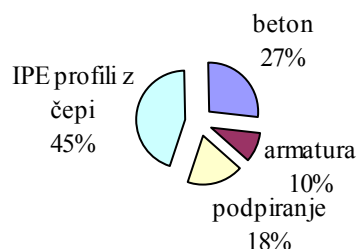
$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{M_r}{M_{sd}} = \frac{849,33kNcm}{660kNcm} = 1,29$$

4.1.2 Cena klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev – klasično opaževanje

Tako v primeru, ko so sekundarni nosilci na polovici razpona b kot tudi na tretjini razpona b, je v končni ceni zopet zajeta cena betona, armature, cena podpiranja ter cena jeklenih nosilcev, ki so lahko izvedeni kot navadni nosilci ali kot sovprežni nosilci skupaj s potrebnimi čepi.



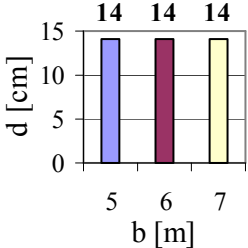
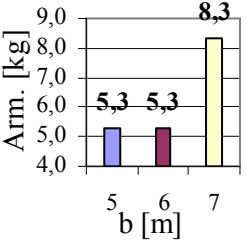
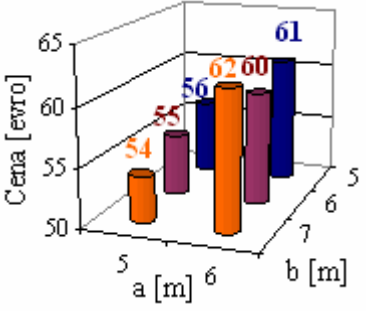
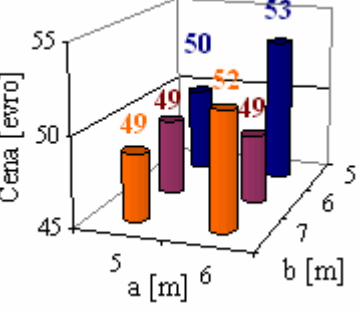
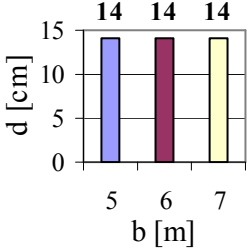
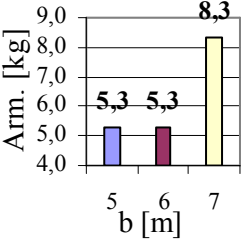
Slika 20: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni – navadni nosilci



Slika 21: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni – sovprežni nosilci

Kot je razvidno iz slik 20 in 21, največji strošek predstavljajo sekundarni nosilci. Struktura cene je prikazana za navadno in sovprežno izvedbo sekundarnega nosilca. Pri sovprežni izvedbi sekundarnega nosilca lahko vidimo, da se je strošek znižal, vendar še vedno predstavlja največji delež v končni ceni. V primerjavi s prejšnjim primerom opazimo, da se je strošek betona predvsem pa armature znižal. Rezultati so prikazani za primer, ko so sekundarni nosilci na polovici razpona b, saj so rezultati med primeroma podobni. Primerjava je narejena za razpona a in b je 5 m in obtežbo $g = 3 \text{ kN/m}^2$ in $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$.

Preglednica 4: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m² plošče za klasično AB ploščo preko sekundarnih sovprežnih in navadnih nosilcev, ki so na polovici razpona b.

G_{skup} (kN/m²)	Debelina plošče	Poraba armature																						
7	 <table border="1"> <caption>Debelina plošče (d [cm])</caption> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>d [cm]</th><td>14</td><td>14</td><td>14</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	d [cm]	14	14	14	 <table border="1"> <caption>Poraba armature (Arm. [kg])</caption> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>Arm. [kg]</th><td>5,3</td><td>5,3</td><td>8,3</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	Arm. [kg]	5,3	5,3	8,3						
	b [m]	5	6	7																				
d [cm]	14	14	14																					
b [m]	5	6	7																					
Arm. [kg]	5,3	5,3	8,3																					
Končna cena – navadni nosilec	Končna cena – sovprežni nosilec																							
	 <table border="1"> <caption>Končna cena – navadni nosilec (Cena [euro])</caption> <tr><th>a [m]</th><th>b [m]</th><td>5, 5</td><td>6, 5</td><td>7, 5</td></tr> <tr><th>Cena [euro]</th><td>54</td><td>55</td><td>56</td><td>60</td><td>61</td></tr> </table>	a [m]	b [m]	5, 5	6, 5	7, 5	Cena [euro]	54	55	56	60	61	 <table border="1"> <caption>Končna cena – sovprežni nosilec (Cena [euro])</caption> <tr><th>a [m]</th><th>b [m]</th><td>5, 5</td><td>6, 5</td><td>7, 5</td></tr> <tr><th>Cena [euro]</th><td>49</td><td>49</td><td>50</td><td>52</td><td>53</td></tr> </table>	a [m]	b [m]	5, 5	6, 5	7, 5	Cena [euro]	49	49	50	52	53
a [m]	b [m]	5, 5	6, 5	7, 5																				
Cena [euro]	54	55	56	60	61																			
a [m]	b [m]	5, 5	6, 5	7, 5																				
Cena [euro]	49	49	50	52	53																			
	Debelina plošče	Poraba armature																						
	 <table border="1"> <caption>Debelina plošče (d [cm])</caption> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>d [cm]</th><td>14</td><td>14</td><td>14</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	d [cm]	14	14	14	 <table border="1"> <caption>Poraba armature (Arm. [kg])</caption> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>Arm. [kg]</th><td>5,3</td><td>5,3</td><td>8,3</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	Arm. [kg]	5,3	5,3	8,3						
b [m]	5	6	7																					
d [cm]	14	14	14																					
b [m]	5	6	7																					
Arm. [kg]	5,3	5,3	8,3																					

... se nadaljuje

... nadaljevanje

8	Končna cena – navadni nosilec	Končna cena – sovprežni nosilec
	Debelina plošče	Poraba armature
9		
	Končna cena – navadni nosilec	Končna cena – sovprežni nosilec
	Debelina plošče	Poraba armature

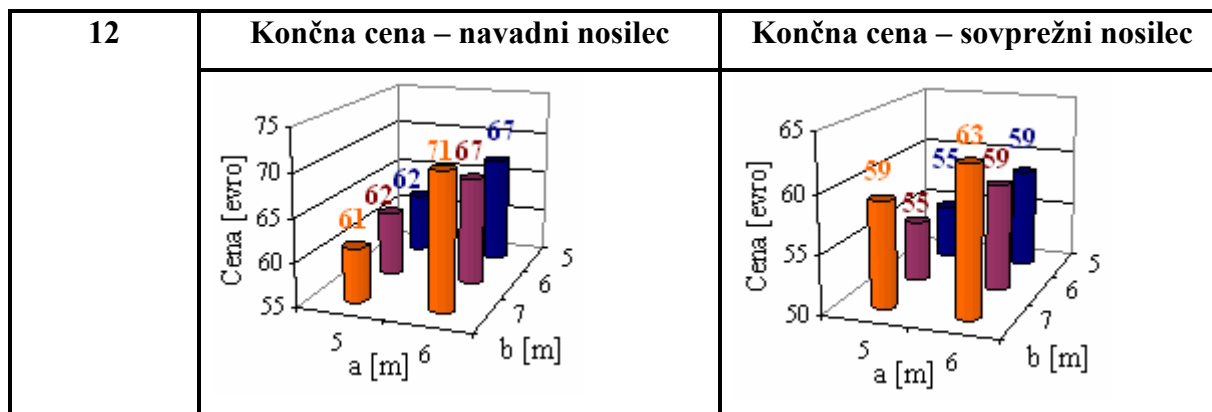
... se nadaljuje

... nadaljevanje

10	Končna cena – navadni nosilec	Končna cena – sovprežni nosilec
11	Debelina plošče	Poraba armature
11	Končna cena – navadni nosilec	Končna cena – sovprežni nosilec
11	Debelina plošče	Poraba armature

...se nadaljuje

... nadaljevanje



Debelina plošče in poraba armature sta odvisni od razpona b, z večanjem razpona a pa se rezultati ne spreminjajo. Zato sem ta dva parametra prikazal le z večanjem razpona b. Pri končni ceni, kjer je všteta cena sovprežnih nosilcev, ki pa so odvisni tudi od razpona a, pa sem prikazal rezultate v odvisnosti od obeh razponov.

Pričakovali bi, da se z večanjem razponov a in b veča tudi končna cena, vendar je iz grafov razvidno, da temu ni tako. Res je, da z večanjem razponov debelina plošče in količina potrebne armature narašča, vendar pa poraba jekla (IPE nosilci) na m^2 plošče z večanjem površine plošče, pada. Kot rezultat tega so podatki, ki jih prikazujejo grafi. Enako velja tudi za ploščo podprto s pločevino.

4.2 Jekleni sekundarni nosilci

4.2.1 Nosilec izveden kot navadni nosilec

Nosilec sem dimenzioniral po evropskem standardu ENV 1993 – 1 – 1. Dimenzioniranje je izvedeno v montažnem stanju (pri vgradnji betona in opaževanju plošče) in v končnem stanju (ko beton doseže računsko nosilnost). V montažnem stanju sem nosilec bočno dimenzioniral v končnem stanju pa ne. V končnem stanju sem upošteval, da je nosilec bočno podprt s čepi, ki jih navarimo na profile. Računski primer je prikazan za obtežni primer $g = 3,0 \text{ kN/m}^2$ in $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$ ter razpon a in b je 5 m, kjer so sekundarni nosilci na polovici razpona b.

Montažno stanje

V montažnem stanju obtežbo predstavlja:

- lastna teža nosilca

$$g_{nos} = 0,42kN / m$$

- teža svežega betona,

$$q_{cf} = h_{pl} * \gamma_c = 0,14m * 26kN / m^3 = 3,64kN / m^2$$

- delavci in lahka oprema ter

$$q_{ca} = 0,75kN / m^2$$

- kopičenje betona samo na območju 3 x 3 m.

$$q_{ck} = 0,75kN / m^2$$

Obtežba na območju 3 x 3 m

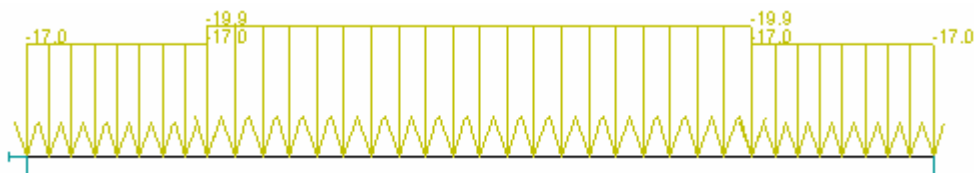
$$q_{ed} = 1,35 * g_{nos} + 1,5 * (q_{cf} + q_{ca} + q_{ck}) * \frac{b}{2} =$$

$$1,35 * 0,42kN / m + 1,5 * (3,64kN / m^2 + 0,75kN / m^2 + 0,75kN / m^2) * \frac{5m}{2} = 19,85kN / m$$

Obtežba pred in za območjem 3 x 3 m

$$q_{ed} = 1,35 * g_{nos} + 1,5 * (q_{cf} + q_{ca}) * \frac{b}{2} =$$

$$= 1,35 * 0,42kN / m + 1,5 * (3,64kN / m^2 + 0,75kN / m^2) * \frac{5m}{2} = 17,03kN / m$$



Slika 22: Obtežba v montažnem stanju, ki deluje na sekundarni sovprežni nosilec

Obremenitve

$$M_{sd} = 60,6kNm$$

$$V_{sd} = 46,8kN$$

Dimenzioniranje

MSN – mejno stanje nosilnosti

Upogibna nosilnost prereza

$$M_{sd} \leq W_{el,Rd} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$W_{el,Rd} = \frac{M_{sd} * \gamma_{M1}}{f_y} = \frac{6060kNcm * 1,1}{23,5kN / cm^2} = 283,60cm^3$$

Izberemo profil IPE 300 $W_{dej} = 557 cm^3$

Nosilce manjše od IPE 300 je potrebno v fazi montaže bočno podpirati, kar velja za navadno in sovprežno izvedbo sekundarnih nosilcev.

Kontrola bočne zvrnitve

$$M_{sd} \leq M_{b,Rd}$$

$$M_{sd} \leq \chi_{LT} * \frac{W_{el} * f_y}{\gamma_{M1}} \rightarrow M_{sd} \leq 0,61 * \frac{557cm^3 * 23,5kN / cm^2}{1,1} \rightarrow 6060kNcm \leq 7258,72kNcm$$

$$M_{cr} = c_1 * \frac{\pi}{k * a} * \sqrt{E * I_z * G * I_t + \frac{\pi^2 * E * I_w * E * I_z}{(k_w * a)^2}} = 1,132 * \frac{\pi}{1 * 500cm} *$$

$$* \sqrt{\frac{21000kN / cm^2 * 604cm^4 * 8076,92kN / cm^2 * 20,1cm^4 * \pi^2 * 21000kN / cm^4 * 125900cm^6 * 21000kN / cm^2 * 604cm^4}{(1 * 500cm)^2}} = 13082,32kNcm$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,dej} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{557 \text{ cm}^3 * 23,5 \text{ kN / cm}^2}{13082,32 \text{ kNcm}}} = 1,00$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * (1,0 + \alpha_{LT} * (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,5 * (1,0 + 0,21 * (1,0 - 0,2) + 1,0^2) = 1,084$$

$\alpha_{LT} = 0,21$ vročevaljani profili

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{0,5}} = \frac{1}{1,21 + (1,084^2 - 1,0^2)^{0,5}} = 0,61$$

Prečna sila

$$\underline{V_{sd} \leq 0,5 * V_{pl,Rd}}$$

$$46,8 \text{ kN} \leq 0,5 * 273,20 \text{ kN} = 136,60 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 22,15 \text{ cm}^2 * \frac{23,5 \text{ kN / cm}^2}{\sqrt{3} * 1,10} = 273,20 \text{ kN}$$

$$A_v = 1,04 * h * t_w = 1,04 * 30 \text{ cm} * 0,71 \text{ cm} = 22,15 \text{ cm}^2$$

Kontrola kompaktnosti

Pasnice:

$$\frac{c}{t_f} \leq 15 * \varepsilon \rightarrow \frac{7,5 \text{ cm}}{1,07 \text{ cm}} \leq 15 * 1 \rightarrow 7,01 \leq 15$$

Stojina:

$$\frac{d}{t_w} \leq 124 * \varepsilon \rightarrow \frac{24,8 \text{ cm}}{0,71 \text{ cm}} \leq 124 * 1 \rightarrow 35,0 \leq 124$$

MSU – mejno stanje uporabnosti

Kontrola pomikov

$$w = \frac{5 * q_{sd}^{MSU} * a^4}{384 * E * I_y} \leq \frac{a}{250} = \frac{5 * 0,23kN / cm * 500^4 m}{384 * 21000kN / cm^2 * 8360cm^4} = 1,07cm \leq \frac{500cm}{250} = 2,00cm$$

Končno stanje – ko beton doseže računsko nosilnost

Obtežba

$$g_l = h_{pl} * \gamma_b = 0,14m * 25kN / m^3 = 3,5kN / m^2$$

$$g_s = 3,0kN / m^2$$

$$g_{nos} = 0,491kN / m$$

$$q = 2,5kN / m^2$$

$$q_{ed}^{MSN} = \frac{b}{2} * (1,35 * (g_l + g_s) + 1,5 * q) + 1,35 * g_{nos} = 2,5m * (1,35 * (3,5kN / m^2 + 3kN / m^2) + 1,5 * 2,5kN / m^2) + 1,35 * 0,491kN / m = 31,98kN / m$$

$$q_{ed}^{MSU} = b * (1,00 * (g_l + g_s) + 1,00 * q) + 1,00 * g_{nos} = 2,5m * (1,00 * (3,5kN / m^2 + 3kN / m^2) + 1,00 * 2,5kN / m^2) + 1,00 * 0,491kN / m = 22,99kN / m$$

Obremenitve

$$M_{sd} = \frac{q_{ed} * a^2}{8} = \frac{31,98kN / m * 5,0^2 m}{8} = 99,94kNm$$

$$V_{sd} = \frac{q_{ed} * a}{2} = \frac{31,98kN / m * 5,0m}{2} = 79,95kN$$

Dimenzioniranje

MSN-mejno stanje nosilnosti

Upogibna nosilnost prereza

$$\underline{M_{sd} \leq W_{el,Rd} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}}$$

$$W_{el,Rd} = \frac{M_{sd} * \gamma_{M1}}{f_y} = \frac{9994kNcm * 1,1}{23,5kN / cm^2} = 467,80cm^3$$

Izberemo profil IPE 300 $W_{dej} = 557 cm^3$

Prečna sila

$$\underline{V_{sd} \leq 0,5 * V_{pl,Rd}}$$

$$79,95kN \leq 0,5 * 273,20kN = 136,60kN$$

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 22,15cm^2 * \frac{23,5kN / cm^2}{\sqrt{3} * 1,10} = 273,20kN$$

$$A_v = 1,04 * h * t_w = 1,04 * 30cm * 0,71cm = 22,15cm^2$$

Kontrola kompaktnosti

Pasnice:

$$\frac{c}{t_f} \leq 15 * \varepsilon \rightarrow \frac{7,5cm}{1,07cm} \leq 15 * 1 \rightarrow 7,00 \leq 15$$

Stojina:

$$\frac{d}{t_w} \leq 124 * \varepsilon \rightarrow \frac{24,8cm}{0,71cm} \leq 124 * 1 \rightarrow 34,93 \leq 124$$

MSU- mejno stanje uporabnosti

Kontrola pomikov

$$w = \frac{5 * q_{sd}^{MSU} * a^4}{384 * E * I_y} \leq \frac{a}{250} = \frac{5 * 0,23kN/cm * 500^4 m}{384 * 21000kN/cm^2 * 8360cm^4} = 1,07cm \leq \frac{500cm}{250} = 2,00cm$$

4.2.2 Nosilec izveden kot sovprežni nosilec (delno sovprežni nosilec)

Pri dimenzioniranju sovprežnega nosilca sem si pomagal z evropskim standardom EN 1994 – 1 – 1. Nosilec sem tudi v tem primeru dimenzioniral v montažnem stanju in v končnem stanju. Računski primer je prikazan za obtežbni primer $g = 3,0 \text{ kN/m}^2$ in $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$ ter razpon a in b je 5 m, kjer so sekundarni nosilci na polovici razpona b . Nosilci, ki so manjši od nosilca IPE 300 je potrebno v fazi montaže bočno podpirati.

Obtežba

$$g_l = h_{pl} * \gamma_b = 0,14m * 25kN/m^3 = 3,5kN/m^2$$

$$g_l = 3,0kN/m^2$$

$$g_{nos} = 0,307kN/m$$

$$q = 2,5kN/m^2$$

$$q_{ed}^{MSN} = \frac{b}{2} * (1,35 * (g_l + g_s) + 1,5 * q) + 1,35 * g_{nos} = 2,5m * (1,35 * (3,5kN/m^2 + 3kN/m^2) + 1,5 * 2,5kN/m^2) + 1,35 * 0,307kN/m = 31,77kN/m$$

$$q_{ed}^{MSU} = \frac{b}{2} * (1,00 * (g_l + g_s) + 1,00 * q) + 1,00 * g_{nos} = 2,5m * (1,00 * (3,5kN/m^2 + 3kN/m^2) + 1,00 * 2,5kN/m^2) + 1,00 * 0,307kN/m = 22,81kN/m$$

Dimenzioniranje

$$M_{sd} = \frac{q_{ed}^{MSN} * a^2}{8} = \frac{31,77kN/m * 5^2 m}{8} = 99,3kNm$$

$$V_{sd} = \frac{q_{ed}^{MSN} * a}{2} = \frac{31,77kN * 5m}{2} = 79,4kN$$

Ravnotežje

Beton:

$$F_{c,fc} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} * b_{eff} * x_c = 0,85 * \frac{2,5kN/cm^2}{1,5} * 125cm * 4,72cm = 835,32kN$$

Jeklo:

$$F_{c,fs} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * A^{IPE} = \frac{23,5kN/cm^2}{1,1} * 39,1cm^2 = 835,32kN$$

$$b_{eff} = \frac{a}{4} = \frac{5m}{4} = 1,25m$$

$$\underline{F_{c,fc} = F_{c,fs}}$$

$$x_c = \frac{f_y * A^{IPE} * \gamma_c}{0,85 * f_{ck} * b_{eff} * \gamma_{M0}} = \frac{23,5kN/cm^2 * 39,1cm^2 * 1,5}{0,85 * 2,5kN/cm^2 * 125cm * 1,1} = 4,72cm$$

$$e = \frac{h}{2} + hc - \frac{x_c}{2} = \frac{24cm}{2} + 14cm - \frac{4,72cm}{2} = 23,64cm$$

Upogibna nosilnost sovprežne plošče

$$M_{Rd} = F_{c,fs} * e = 835,32kN * 23,64cm = 19746,96kNcm$$

Da bi zadostil vsem zahtevam oz. pogojem dimenzioniranja, sem moral uporabiti večji nosilec, kot bi ga sicer potreboval za tovrstno obtežbo. Zato je izkoriščenost sovprežnega nosilca majhna, zaradi česar sem sklenil uporabiti delno sovprežni nosilec.

M_{Rd} pri delno strižni povezavi

$$M_{Rd1} = M_{pl,Rd} + (M_{Rd} - M_{pl,Rd}) * \frac{n}{n_f} = 7840,45kNcm + (19746,96kNcm - 7840,45kNcm) * 0,7 = 16175,83kNcm$$

Kontrola upogibne nosilnosti

$$\underline{M_{Rd} \geq M_{sd}}$$

$$I = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} = \frac{13125,00kNcm}{16175,83kNcm} * 100 = 81\%$$

Strig

$$\underline{V_{sd} \leq 0,5 * V_{pl,Rd}}$$

$$79,4kN \leq 0,5 * 203,15kN = 101,58kN$$

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 16,47cm^2 * \frac{23,5kN/cm^2}{\sqrt{3} * 1,10} = 203,15kN$$

$$A_v = 1,04 * h * t_w = 1,04 * 24cm * 0,66cm = 16,47cm^2$$

Kontrola kompaktnosti

$$\frac{d}{t_w} \leq 69 * \varepsilon \rightarrow \frac{19,00cm}{0,62cm} = 30,65 \leq 69$$

Kontrola pomikov

$$w = \frac{5 * q_{ed}^{MSU} * a^4}{384 * E_j * I_{sov}} \leq \frac{a}{250} = \frac{5 * 0,23kN/cm * 500^4 m}{384 * 21000kN/cm^2 * 16168,19cm^4} = 0,55cm \leq \frac{500cm}{250} = 2,00cm$$

$$I_{sov} = \frac{A^{IPE} * (h + h_c)^2}{4 * \left(1 + n * \frac{A^{IPE}}{b_{eff} * h_c}\right)} + \frac{b_{eff} * h_c^3}{12 * n} + I_y =$$

$$= \frac{39,1cm^2 * (24cm + 14cm)^2}{4 * \left(1 + 10,34 * \frac{39,1cm^2}{125cm * 14cm}\right)} + \frac{125cm * 14^3 cm}{12 * 10,24} + 1940cm^4 = 16168,19cm^4$$

Mozniki

Nosilnost enega moznika

$$\underline{P_{Rd} = \min(P_{Rd1}, P_{Rd2})}$$

$$P_{Rd1} = \frac{1}{\gamma_{M2}} * \left(0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{E_{cm} * f_{ck}}\right) =$$

$$= \frac{1}{1,25} * \left(0,29 * 1 * 1,9^2 cm * \sqrt{3050kN/cm^2 * 2,5kN/cm^2}\right) = 73,13kN$$

$$P_{Rd2} = 0,8 * f_u * \frac{\Pi * d^2}{4 * \gamma_{M2}} = 0,8 * 45kN/cm^2 * \frac{\Pi * 1,9^2 cm}{4 * 1,25} = 81,65kN$$

$$\alpha = \min \left[0,2 * \left(\frac{h^{moz}}{d} \right) + 1,1 \right] = \min [1,25; 1,00] \rightarrow \alpha = 1$$

Potrebno število moznikov

$$n = \frac{F_{c,fs}}{P_{Rd}} = \frac{835,32kN}{73,13kN} = 12$$

Pri sovprežnem nosilcu bi potrebovali 12 moznikov, ker pa imamo delno sovprežni nosilec, potrebujemo manjše število moznikov.

$$n_{dej} = 12 * \frac{n}{n_f} = 12 * 0,7 = 9$$

Pogoj za enakomerno razporeditev

$$\frac{M_{Rd}}{M_{pl,Rd}^{nos}} \leq 2,5 \rightarrow \frac{16175,83kNcm}{7840,45kNcm} = 2,06 \leq 2,5$$

$$M_{pl,Rd}^{nos} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{367,00cm^3 * 23,5kN/cm^2}{1,10} = 7840,45kNcm$$

Razmak med mozniki

$$e = \frac{a}{n_{dej}} = \frac{500cm}{9} = 56cm$$

Strižna armatura

$$A_l = A_{sp} + A_{zg} \geq 0,002 * h_c * 100cm = 0,002 * 14cm * 100cm = 2,8cm^2$$

Nosilnost proti vzdolžnemu strigu

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd1}, V_{Rd2})$$

$$V_{Rd1} = 2,5 * A_{cv1} * \beta * \tau_{Rd} + A_l * \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = 2,5 * 2800cm^2 * 1 * 0,03kN / cm^2 + 2,8cm^2 * \frac{50kN / cm^2}{1,15} = 331,74kN$$

$$V_{Rd2} = 0,2 * A_{cv1} * \beta * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,2 * 2800cm^2 * 1 * \frac{2,5kN / cm}{1,50} = 933,33kN$$

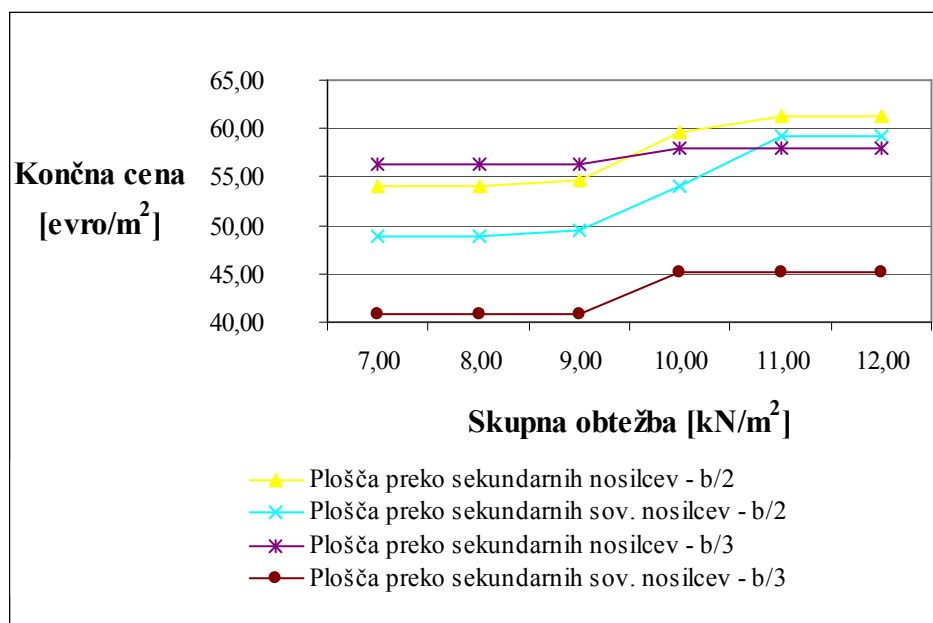
$$V_{Rd1} = 2,5 * A_{cv2} * \beta * \tau_{Rd} + A_l * \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = 2,5 * 3200cm^2 * 1 * 0,03kN / cm^2 + 2,8cm^2 * \frac{50kN / cm^2}{1,15} = 361,74kN$$

$$V_{Rd2} = 0,2 * A_{cv2} * \beta * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,2 * 3200cm^2 * 1 * \frac{2,5kN / cm}{1,50} = 1066,67kN$$

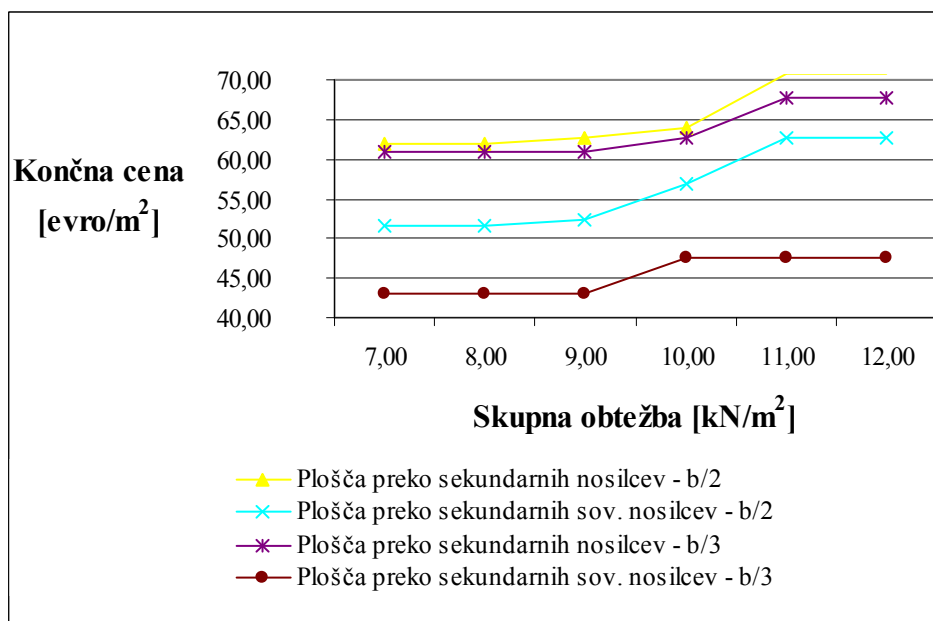
$$V_{sd} \leq \min(V_{Rd1}, V_{Rd2})$$

4.2.3 Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih sovprežnih in navadnih nosilcev

Sovprežna izvedba sekundarnih nosilcev se izkaže za cenovno ugodnejši primer. Iz grafov (slike 23 in 24) lahko vidimo, da je razlika v ceni, ko so sekundarni nosilci na polovici oz. tretjini razpona b večja pri sovprežnih nosilcih, kot pri navadni izvedbi sekundarnih nosilcev. To pomeni, da je v primeru sovprežnih nosilcev vsekakor cenovno ugodneje izbrati sekundarne nosilce na tretjini razpona b. Pri navadni izvedbi sekundarnih nosilcev je do razpona b = 5 m cenovno primerneje izbrati nosilce na polovici, pri večjih razponih pa na tretjini razpona b.



Slika 23: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko navadnih in sovprežnih sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m



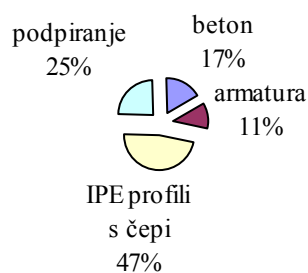
Slika 24: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko navadnih in sovprežnih sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m

4.3 Opaževanje s pločevino

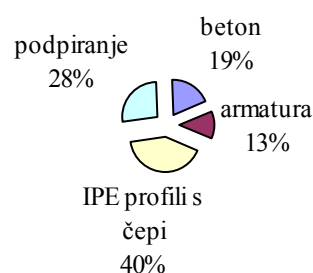
Izračuna notranjih sil in dimenzioniranja sem se lotil na isti način kot pri klasični AB plošči nosilni v eni smeri in podrti s pločevino. Če sem za opaževanje pri klasični AB plošči nosilni v eni smeri uporabil višje profilirane pločevine, ki so primernejše za večje razpone, sem tokrat uporabil nižje profilirane pločevine, ki so primernejše za manjše razpone, seveda če mi jih je proizvajalec nudil. Tako sem namesto pločevine Trimo H110-1 in Cofrastra 70 uporabil pločevini trimo H74-1 in Cofrastra 40. Naj omenim, da je pločevina Cofrastra 40 za razliko od prej uporabljene pločevine Cofrastra 70, izbočena pločevina. Pločevini HI-Bond 55 in SuperHolorib 51/150 pa sta ostali enaki.

4.3.1 Cena klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev – opaževanje s pločevino

Strukturo cene v obeh primerih (sekundarni nosilci na $b/2$ in $b/3$) zopet sestavljajo cena betona, armature, jeklenih nosilcev skupaj s čepi in cena podpiranja, ki je v tem primeru izvedeno s pločevino. Iz grafov je razvidno, da še vedno največji strošek predstavljajo sekundarni nosilci tako v navadni kot tudi v sovprežni izvedbi. Če to primerjamo s klasičnim opaževanjem, lahko vidimo, da se je delež cene betona pri končni ceni zmanjšal, saj smo v tem primeru porabili manj betona. Povečal pa se je strošek podpiranja. Grafa sta prikazana za primer, ko so sekundarni nosilci na polovici razpona b . Primerjava je narejena za razpona a in b je 5 m in obtežbo $g = 3 \text{ kN/m}^2$ in $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$.



Slika 25: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni – navadni nosilec



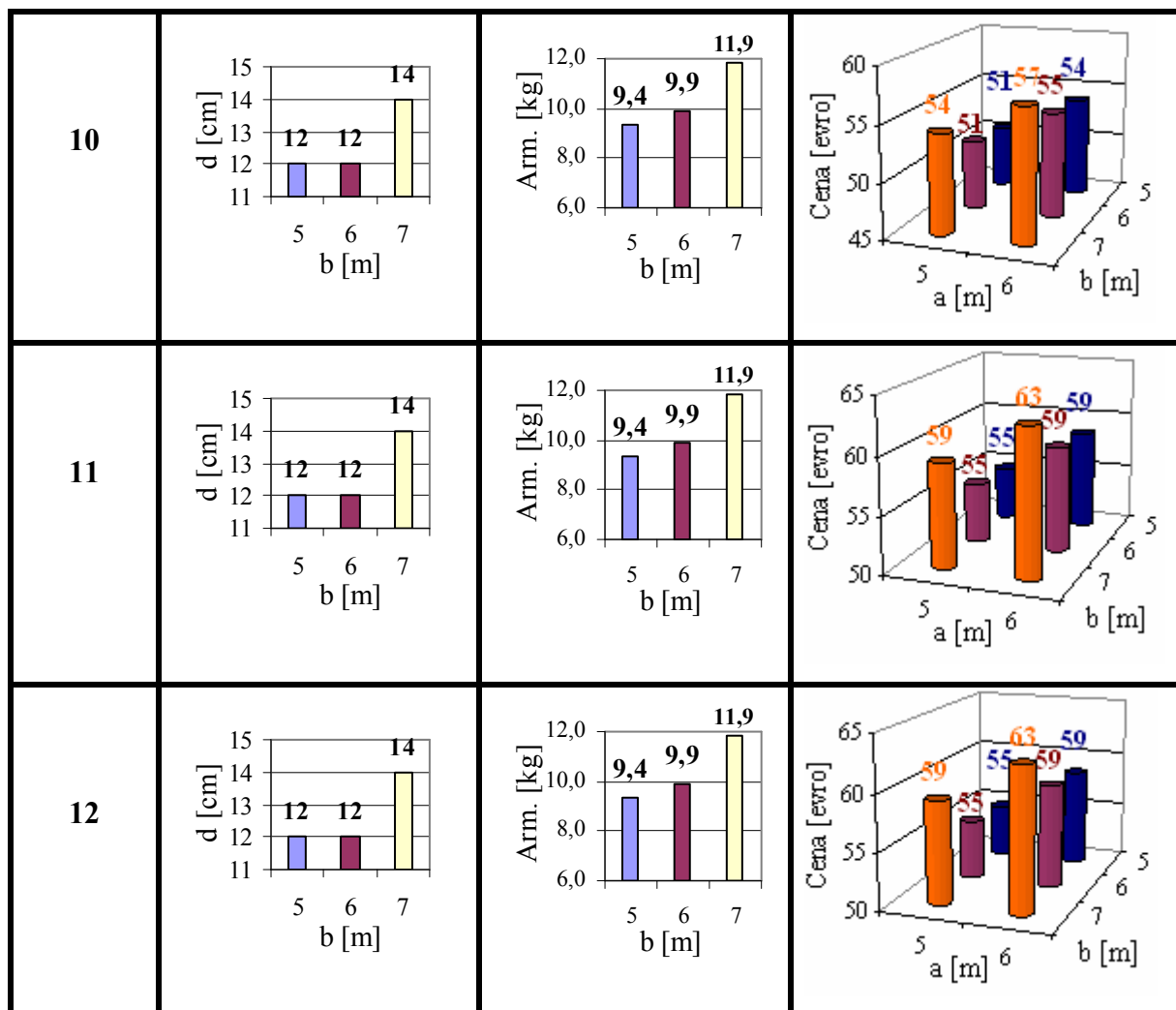
Slika 26: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni – sovprežni nosilec

Preglednica 5: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m² plošče za klasično AB ploščo podprto s pločevino Cofrastra 40 preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, ki so na polovici razpona b

G_{skup} (kN/m²)	Debelina plošče	Poraba armature	Končna cena																																					
7	<table border="1"> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>d [cm]</th><td>12</td><td>12</td><td>12</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	d [cm]	12	12	12	<table border="1"> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>Arm. [kg]</th><td>8,0</td><td>8,8</td><td>9,9</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	Arm. [kg]	8,0	8,8	9,9	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>b [m]</th><th>Cena [evro]</th></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>49</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td><td>49</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>50</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>52</td></tr> <tr><td>7</td><td>6</td><td>49</td></tr> <tr><td>5</td><td>7</td><td>53</td></tr> </table>	a [m]	b [m]	Cena [evro]	5	5	49	6	5	49	5	6	50	6	6	52	7	6	49	5	7	53
b [m]	5	6	7																																					
d [cm]	12	12	12																																					
b [m]	5	6	7																																					
Arm. [kg]	8,0	8,8	9,9																																					
a [m]	b [m]	Cena [evro]																																						
5	5	49																																						
6	5	49																																						
5	6	50																																						
6	6	52																																						
7	6	49																																						
5	7	53																																						
8	<table border="1"> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>d [cm]</th><td>12</td><td>12</td><td>12</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	d [cm]	12	12	12	<table border="1"> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>Arm. [kg]</th><td>8,0</td><td>8,8</td><td>9,9</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	Arm. [kg]	8,0	8,8	9,9	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>b [m]</th><th>Cena [evro]</th></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>49</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td><td>49</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>50</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>52</td></tr> <tr><td>7</td><td>6</td><td>49</td></tr> <tr><td>5</td><td>7</td><td>53</td></tr> </table>	a [m]	b [m]	Cena [evro]	5	5	49	6	5	49	5	6	50	6	6	52	7	6	49	5	7	53
b [m]	5	6	7																																					
d [cm]	12	12	12																																					
b [m]	5	6	7																																					
Arm. [kg]	8,0	8,8	9,9																																					
a [m]	b [m]	Cena [evro]																																						
5	5	49																																						
6	5	49																																						
5	6	50																																						
6	6	52																																						
7	6	49																																						
5	7	53																																						
9	<table border="1"> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>d [cm]</th><td>12</td><td>12</td><td>12</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	d [cm]	12	12	12	<table border="1"> <tr><th>b [m]</th><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><th>Arm. [kg]</th><td>8,0</td><td>8,8</td><td>9,9</td></tr> </table>	b [m]	5	6	7	Arm. [kg]	8,0	8,8	9,9	<table border="1"> <tr><th>a [m]</th><th>b [m]</th><th>Cena [evro]</th></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>50</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td><td>51</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>50</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>52</td></tr> <tr><td>7</td><td>6</td><td>54</td></tr> <tr><td>5</td><td>7</td><td>53</td></tr> </table>	a [m]	b [m]	Cena [evro]	5	5	50	6	5	51	5	6	50	6	6	52	7	6	54	5	7	53
b [m]	5	6	7																																					
d [cm]	12	12	12																																					
b [m]	5	6	7																																					
Arm. [kg]	8,0	8,8	9,9																																					
a [m]	b [m]	Cena [evro]																																						
5	5	50																																						
6	5	51																																						
5	6	50																																						
6	6	52																																						
7	6	54																																						
5	7	53																																						

... se nadaljuje

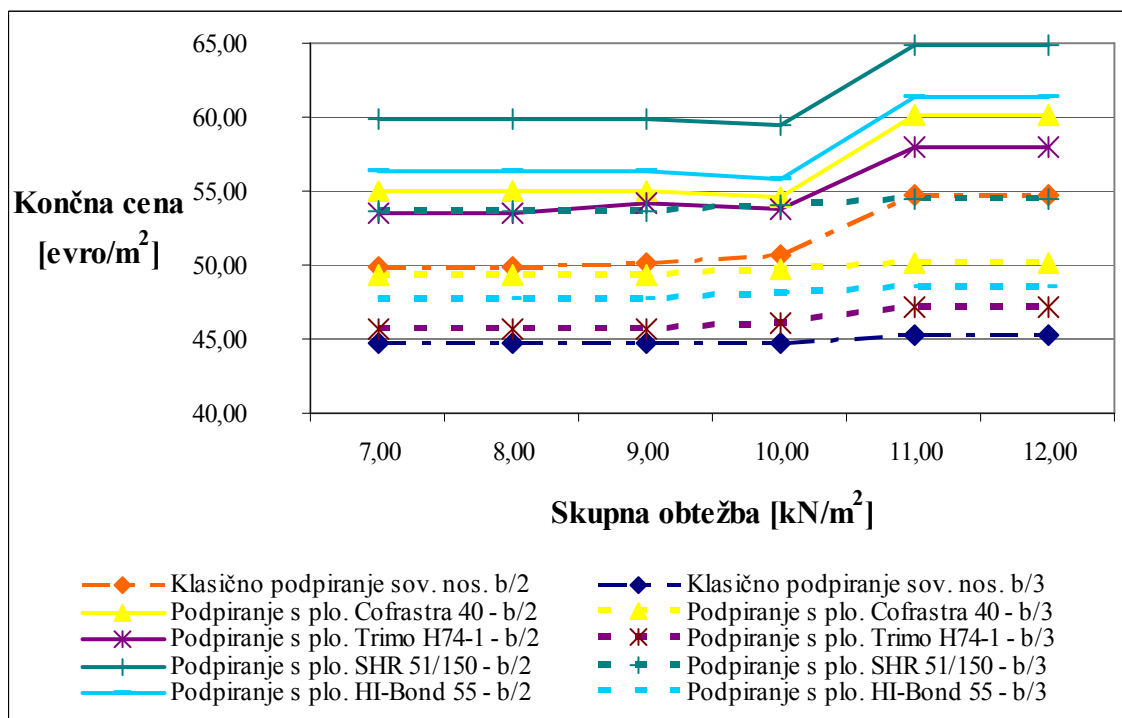
... nadaljevanje



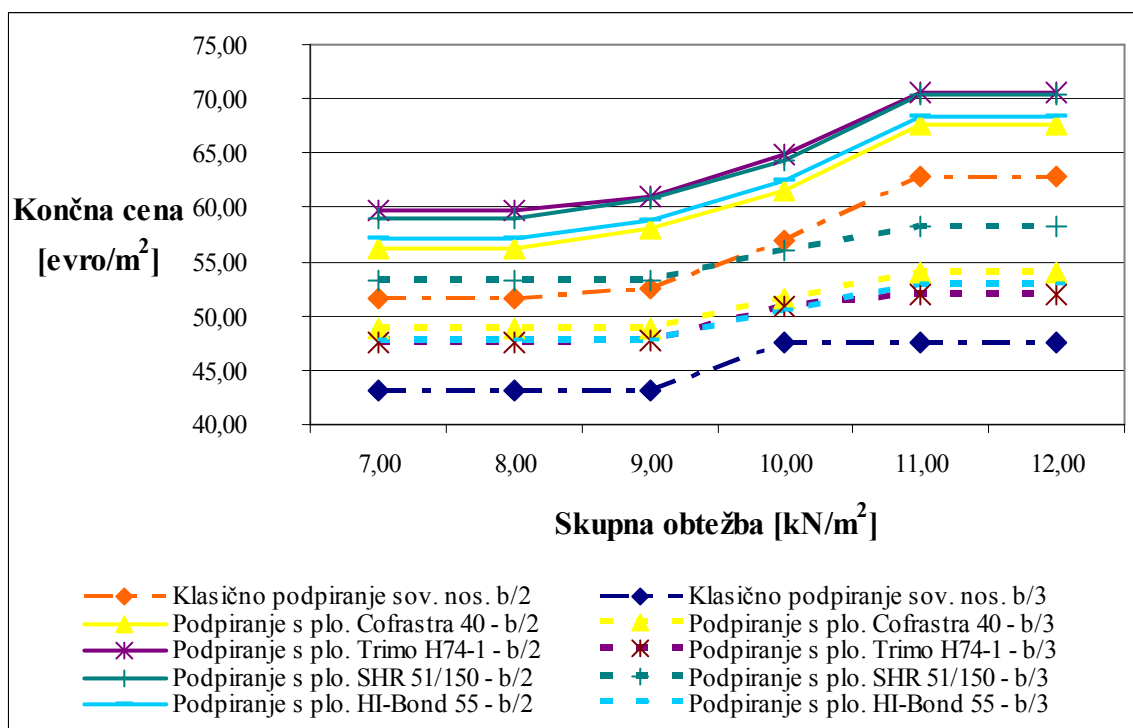
Debelina plošče in poraba armature sta odvisni od razpona b, z večanjem razpona a pa se rezultati ne spreminjajo. Zato sem ta dva parametra prikazal le z večanjem razpona b. Pri končni ceni, kjer je všteta cena sovprežnih nosilcev, ki pa so odvisni tudi od razpona a, pa sem prikazal rezultate v odvisnosti od obeh razponov. Cena pa je v tem primeru odvisna tudi od transporta pločevine, ki pa se spreminja z večanjem oz. manjšanjem površine potrebne pločevine.

4.4 Cenovna primerjava med primeri (znotraj primera)

Med seboj sem primerjal klasično AB ploščo preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, podprto s klasičnim opažem in podprto s pločevino. Primerjavo pa sem izvedel tudi glede na število sekundarnih nosilcev. V enem primeru so sekundarni nosilci na polovici, v drugem pa na tretjini razpona b.



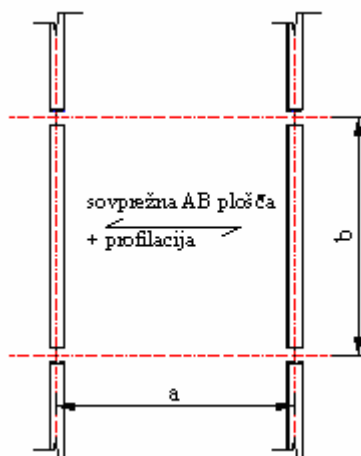
Slika 27: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev, podprte s klasičnim opažem oz. pločevino pri razponu a x b = 5 x 5 m



Slika 28: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev, podprte s klasičnim opažem oz. pločevino pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m

Iz obeh grafov, kjer so rezultati prikazani za najmanjšo in največjo površino plošče, je razvidno, da se je klasično opaževanje AB plošče izkazalo za cenejšega od opaževanja s pločevino. To velja tako za primer, kjer so sekundarni nosilci na polovici razpona b, kot tudi na tretjini. V obeh primerih, kjer imamo ploščo podprto s klasičnim opažem in s pločevino, se izkaže, da je cenovno primernejše izbrati večje število sekundarnih nosilcev.

5 SOVPREŽNA AB PLOŠČA

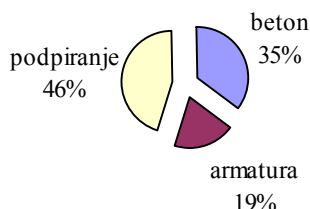


Slika 29: Sovprežna AB plošča

Kot sem uvodoma že dejal, pri projektiranju sovprednih konstrukcij s profilirano jekleno pločevino zajamemo dve fazi, in sicer projektiranje jeklene pločevine v fazi gradnje in projektiranje sovprednega prereza. Tako sem si pri projektiranju profilirane jeklene pločevine v fazi gradnje pomagal s tabelami proizvajalca izbranih pločevin. Pločevino sem v tej fazi dimenzioniral tako, da sem glede na debelino plošče in širino podpore, odčital ustrezno debelino pločevine, njeno natezno trdnost in podpiranje, če je bilo to potrebno. V fazi projektiranja sovprednega prereza pa sem si pri pločevinah Trimo H110-1 in HI-Bond 55 prav tako pomagal s tabelami, pri pločevini Cofrastra 70 in SuperHolorib 51/150 pa s programom, ki ga uporabljajo v podjetju Trimo.

5.1 Cena sovpredne AB plošče

V končni ceni je zajeta cena betona, cena armature in cena pločevine. Pri vseh cenah je upoštevana tudi cena montaže in transporta do gradbišča. Cena prav tako zajema montažo čepov, če so seveda le ti potrebni.



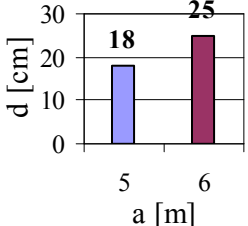
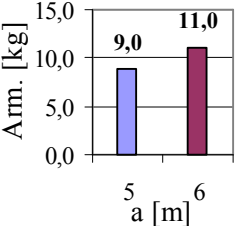
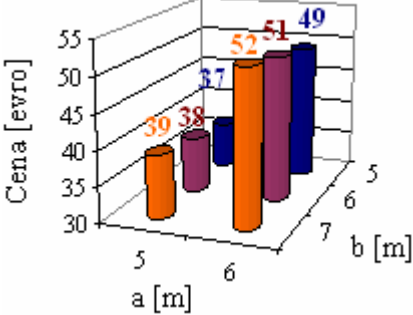
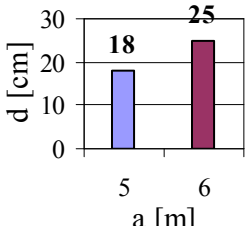
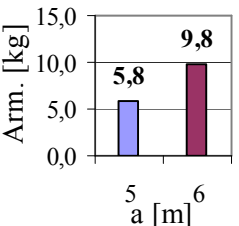
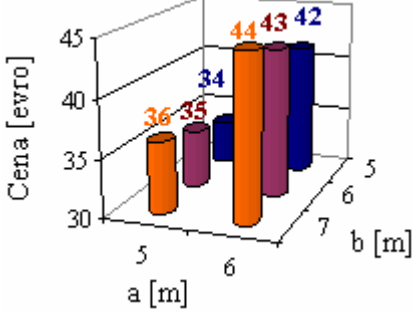
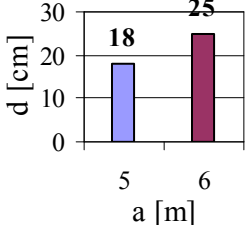
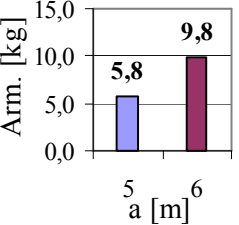
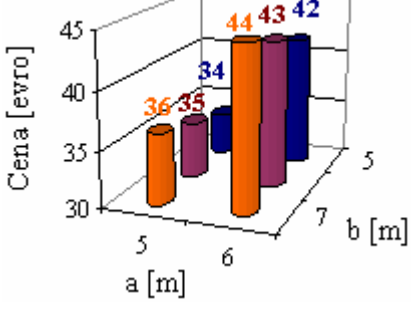
Slika 30: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni

Največji strošek pri sovprežni AB plošči predstavlja podpiranje. Pri tem je zajeta cena pločevine, ki služi v fazi gradnje kot opaž betonu. Graf je kot vsi drugi prikazan za razpona a in b je 5 m in obtežbo $g = 3 \text{ kN/m}^2$ ter $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$. Če to strukturo cene primerjamo s klasično AB ploščo, lahko vidimo, da je strošek betona in armature manjši, vendar pa je strošek podpiranja večji. Rezultati so prikazani za pločevino Cofrastra 70.

Pločevina Trimo

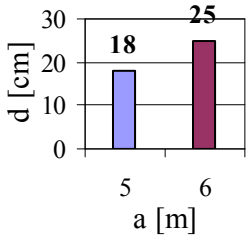
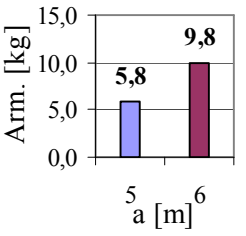
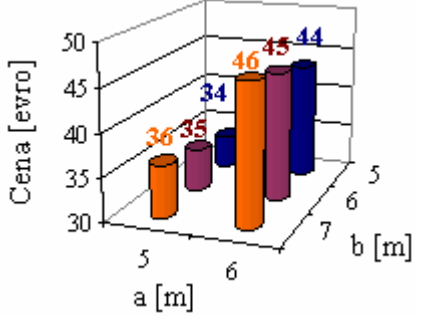
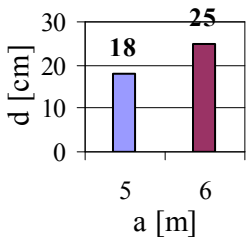
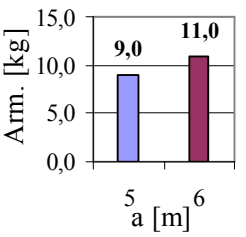
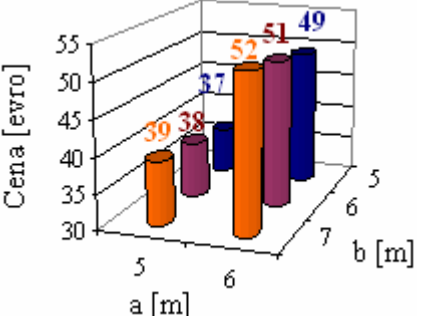
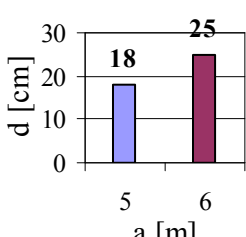
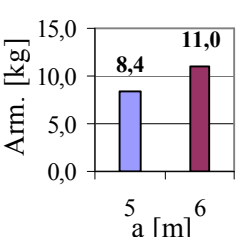
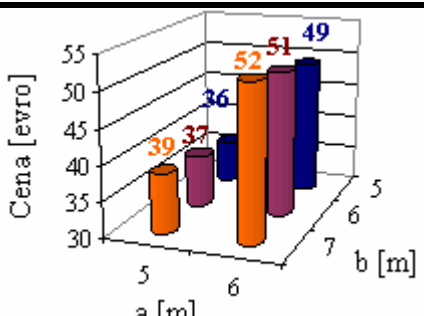
Pri določitvi potrebne pločevine sem si pomagal s tabelami, ki so jih pripravili na FGG. Mejni razponi sovprežnih stropov so med drugim odvisni tudi od kombinacije različnih načinov prenašanja vzdolžnega striga. Načini upoštevanja vzdolžnega striga so vzdolžna strižna odpornost (200 kN/m^2), trenje podpore (lahko vključeno v vzdolžni strig), končno sidranje z Nelson čepi in armatura. Poraba materiala pa je odvisna tudi od kombinacije teh načinov prenašanja vzdolžnega striga. Naj omenim, da rezultati veljajo samo v primeru, ko laboratorijski poizkusi dokažejo, da je vzdolžna strižna odpornost pločevine 200 kN/m^2 . Za pločevini Trimo H110-1 in Cofrastra 70 sem grafično prikazal debelino plošče, porabo armature in končno ceno glede na obtežbo (Preglednici 6 in 7).

Preglednica 6: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m² plošče za sovprežno AB ploščo s pločevino Trimo H110-1.

G_{skup} (kN/m²)	Debelina plošče	Poraba armature	Končna cena
7			
	<p>a = 5 m - H 110-1; t = 1,0 mm; fy = 280 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - H 110-1; t = 1,2 mm; fy = 280 MPa; potrebno enkrat podpirati</p>		
8			
	<p>a = 5 m - H 110-1; t = 1,0 mm; fy = 280 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - H 110-1; t = 1,2 mm; fy = 280 MPa; potrebno enkrat podpirati</p>		
9			
	<p>a = 5 m - H 110-1; t = 1,0 mm; fy = 280 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - H 110-1; t = 1,2 mm; fy = 280 MPa; potrebno enkrat podpirati</p>		

...se nadaljuje

... nadaljevanje

<p>10</p>			
<p>a = 5 m - H 110-1; t = 1,0 mm; $f_y = 280$ MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - H 110-1; t = 1,2 mm; $f_y = 280$ MPa; potrebno enkrat podpirati</p>			
<p>11</p>			
<p>a = 5 m - H 110-1; t = 1,0 mm; $f_y = 280$ MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - H 110-1; t = 1,2 mm; $f_y = 280$ MPa; potrebno enkrat podpirati</p>			
<p>12</p>			
<p>a = 5 m - H 110-1; t = 1,0 mm; $f_y = 280$ MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - H 110-1; t = 1,2 mm; $f_y = 280$ MPa; potrebno enkrat podpirati</p>			

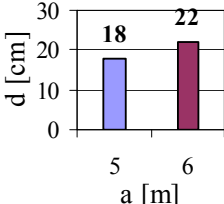
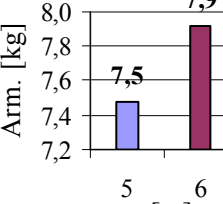
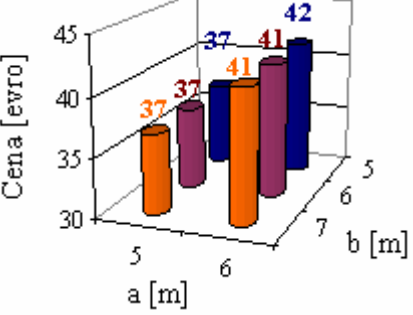
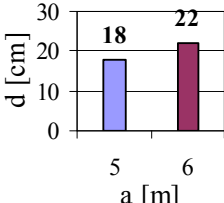
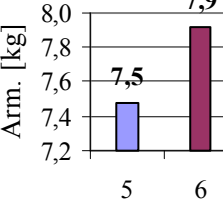
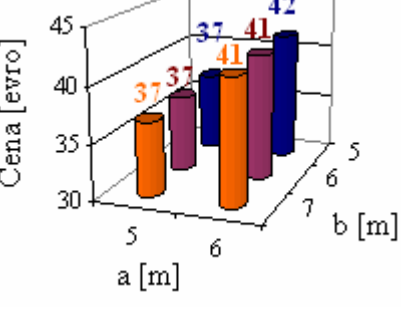
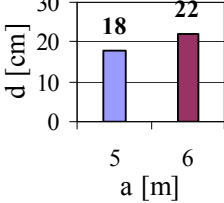
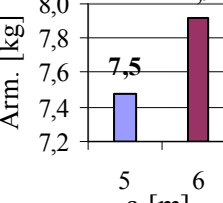
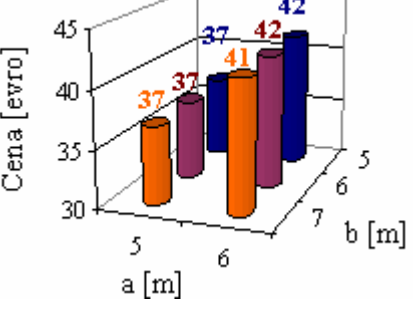
Pločevina HI-Bond

Za določitev potrebne pločevine sem si pomagal z tabelami, ki so jih prav tako pripravili na FGG. Pri pločevini HI-Bond ne upoštevamo strižne nosilnosti pločevine. To nadomestimo s čepi, ki služijo za končno sidranje in dodatno armaturo, kar se kaže tudi v porabi materiala. Kot slabost te pločevine lahko štejemo to, da ni ustrezala razponu $a = 6$ m.

Pločevina Cofrastra 70

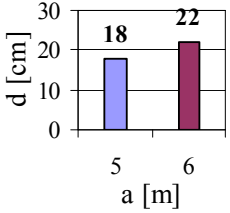
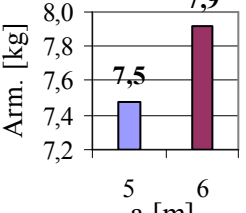
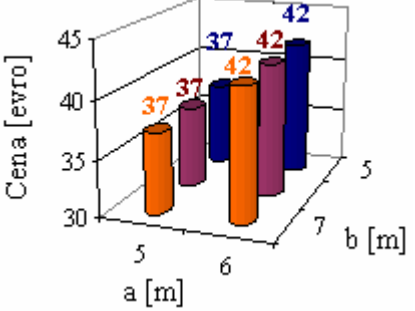
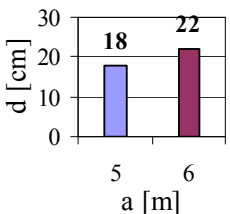
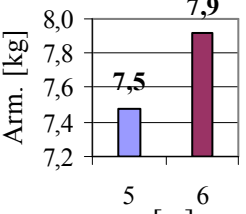
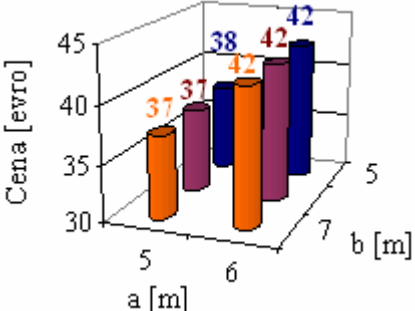
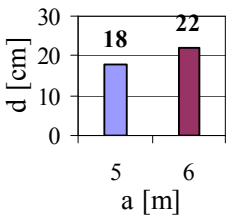
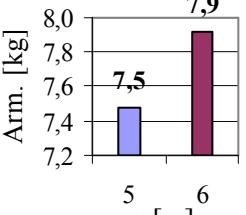
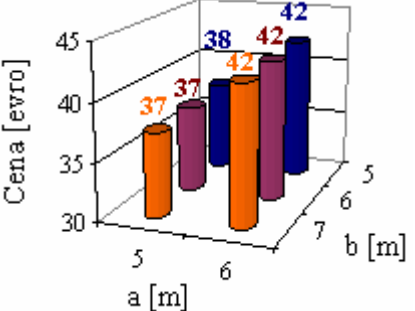
Kot sem že omenil sem si pri dimenzioniranju pločevine pomagal z računalniškim programom, ki ga uporabljajo v podjetju Trimo.

Preglednica 7: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m² plošče za sovprežno AB ploščo s pločevino Cofrastra 70

G_{skup} (kN/m²)	Debelina plošče	Poraba armature	Končna cena
7			
	a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati		
8			
	a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati		
9			
	a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati		

...se nadaljuje

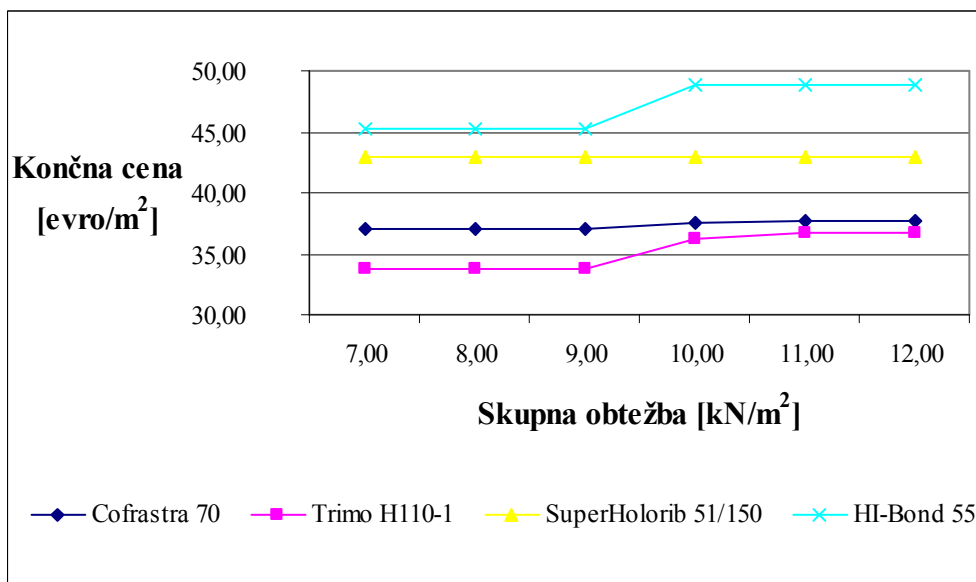
... nadaljevanje

<p>10</p>			
<p>a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati</p>			
<p>11</p>			
<p>a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati</p>			
<p>12</p>			
<p>a = 5 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno enkrat podpirati a = 6 m - Cofrastra 70; t = 1,00 mm; fy = 350 MPa; potrebno dvakrat podpirati</p>			

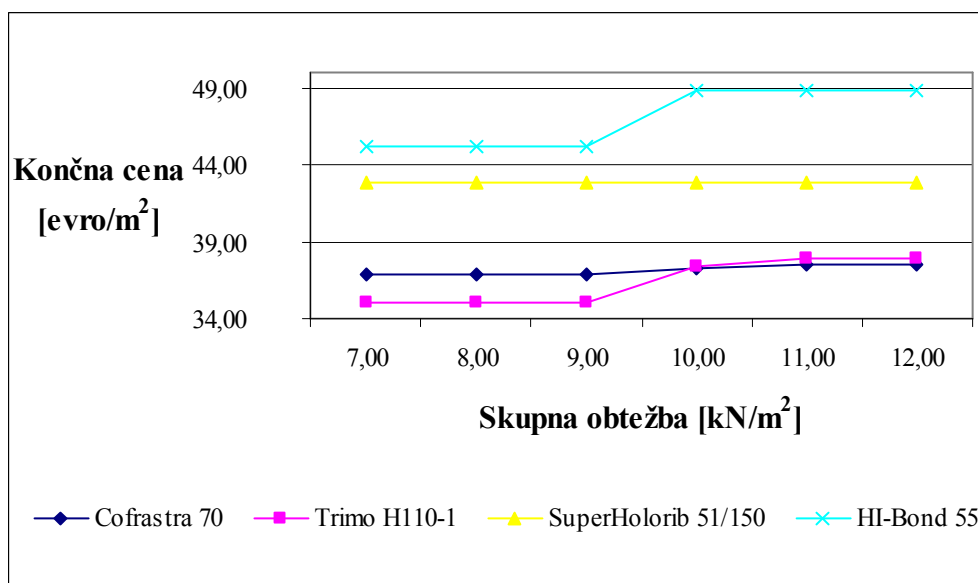
Pločevina Super Holorib 51/150

Pri dimenzioniranju te pločevine sem si prav tako pomagal z računalniškim programom, ki ga uporabljajo v podjetju Trimco. Naj omenim, da zaradi izbočene oblike pločevine dosežemo bistveno večjo vzdolžno strižno odpornostjo, kar se kaže tudi v rezultatih. Pri nizkih pločevinah, kot je ta, imamo manjšo porabo armature vendar nekoliko večjo porabo betona.

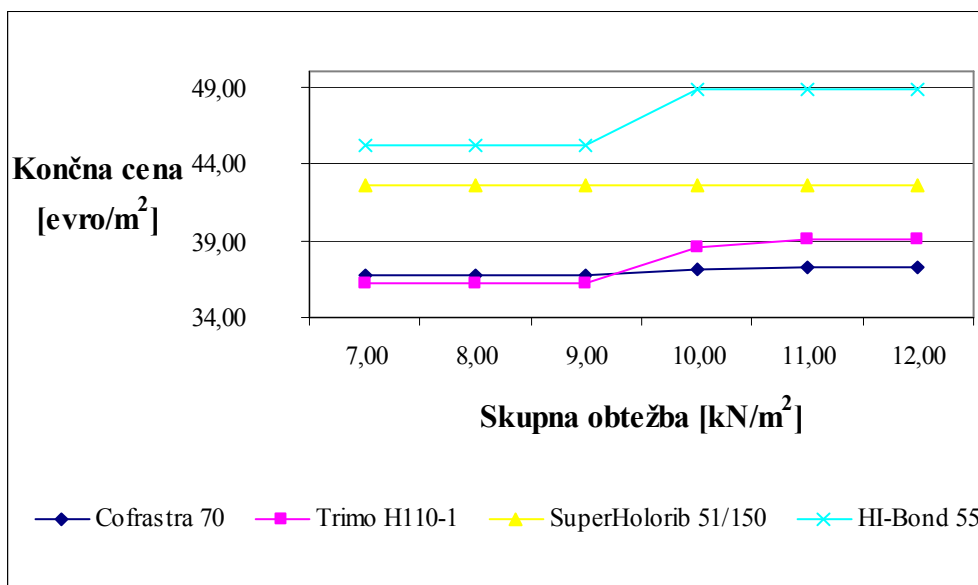
5.2 Primerjava pločevin med seboj



Slika 31: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu $a \times b = 5 \times 5 \text{ m}$



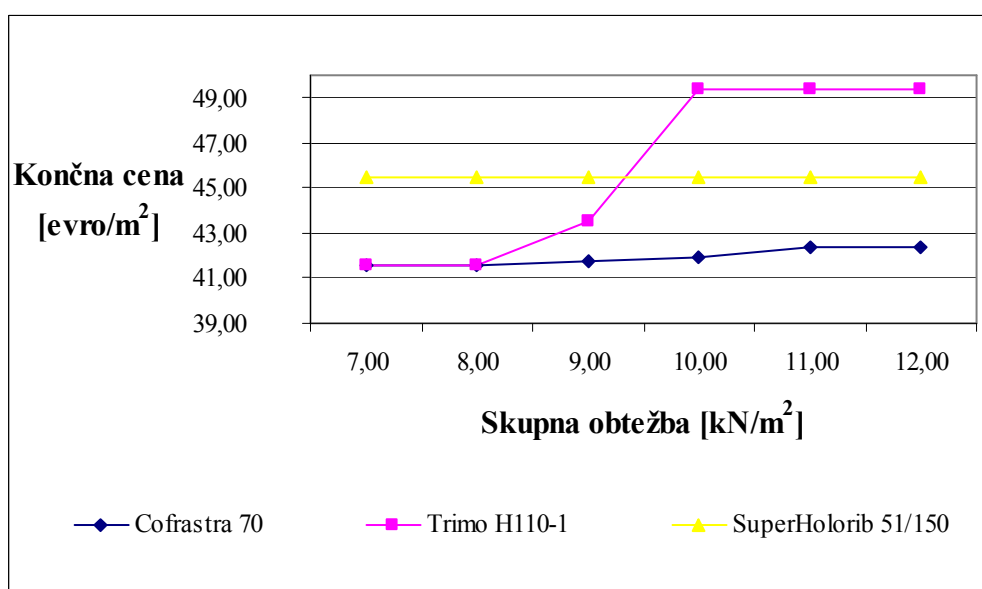
Slika 32: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu a x b = 5 x 6 m



Slika 33: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu a x b = 5 x 7 m

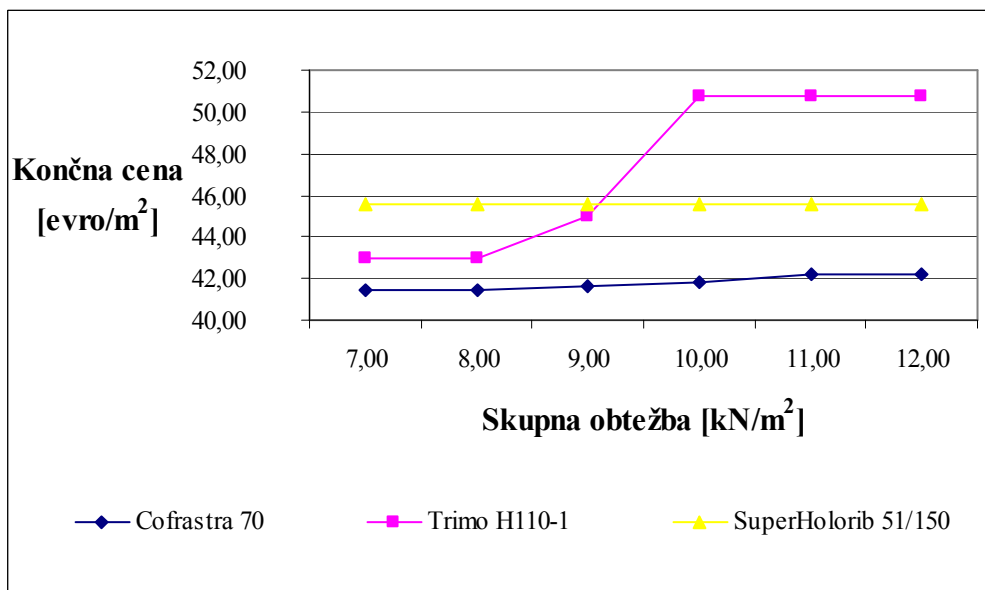
Pri razponu a = 5 m se je izkazalo, da je najdražja pločevina HI-Bond. Kljub temu, da ima ta pločevina izbokline, upoštevamo, da je strižna nosilnost te pločevine enaka nič. Zaradi tega je za prevzem vzdolžnega striga potrebna dodatna armatura in čepi, ki služijo za končno sidranje. Vse omenjeno pa vpliva na končno ceno izvedenega stropu. Sicer pa pločevina HI-Bond ni primerna za velike razpone, kot je razvidno iz naslednjih primerov.

Zanimivo je, da pri pločevini SuperHolorib 51/150 cena z večanjem obtežbe ostaja enaka. To pomeni, da debelina plošče in pločevine ter njena kakovost in potrebna dodatna armatura, ustrezajo vsem obtežnim primerom. Naj omenim, da ima pločevina SuperHolorib 51/150 vzdolžno strižno odpornost enako 500 kN/m^2 . S tem lahko razložimo, zakaj je poraba materiala in s tem končna cena z večanjem obtežbe enaka. Slabost te pločevine je, da jo je potrebno v montažnem stanju dvakrat podpirati. Za najcenejši primer pa se izkažeta pločevini Cofrastra 70 in Trimo H110-1. Na razlike v končni ceni med drugim vpliva tudi razlika v ceni samih pločevin. To pomeni, da je sovprežna AB plošča s pločevinama Cofrastra 70 in Trimo H110-1 ceneje, ker sta le ti pločevini cenejši.

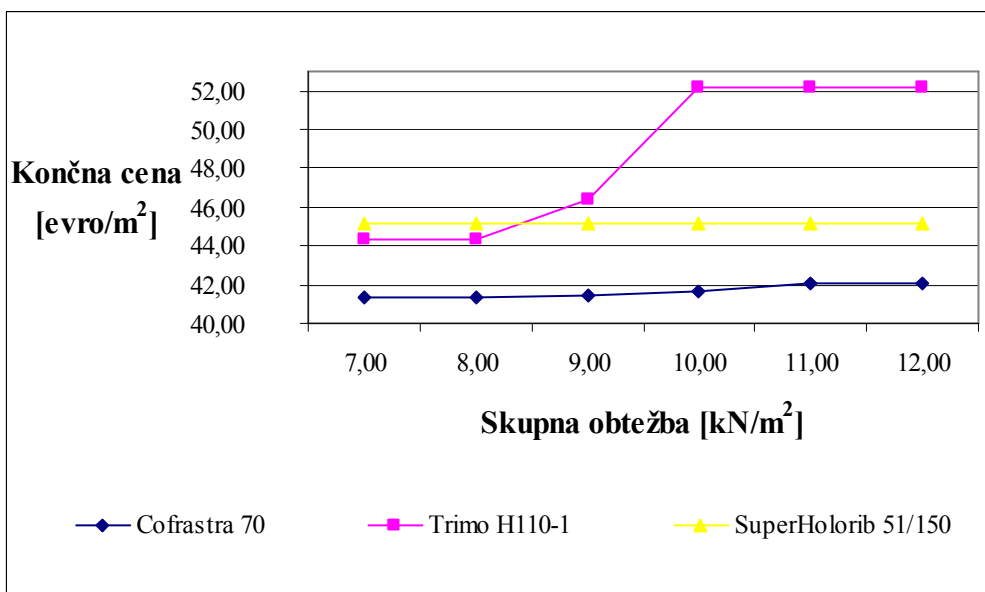


Slika 34: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu $a \times b = 6 \times 5 \text{ m}$

Iz grafa je razvidno, da HI-Bond pločevina ne ustreza razponu $a = 6 \text{ m}$. Pri velikih razponih (v mojem primeru $a = 6 \text{ m}$) se pri pločevini Trimo H110-1 izkaže, da pri manjših obtežbah (g in $q = 3 \text{ kN/m}^2$) konkurira ostalima pločevinama. Vendar pa pri večjih obtežbah (kot je g in $q = 3 \text{ kN/m}^2$) pločevina preseže ceno ostalih dveh pločevin. Da bi zadostili danim razponom in obtežbam, smo pri pločevini Trimo H110-1 potrebovali večjo debelino same plošče (večja poraba betona) in s tem tudi pločevine ter višjo kvaliteto jekla, ki tudi vpliva na ceno pločevine.

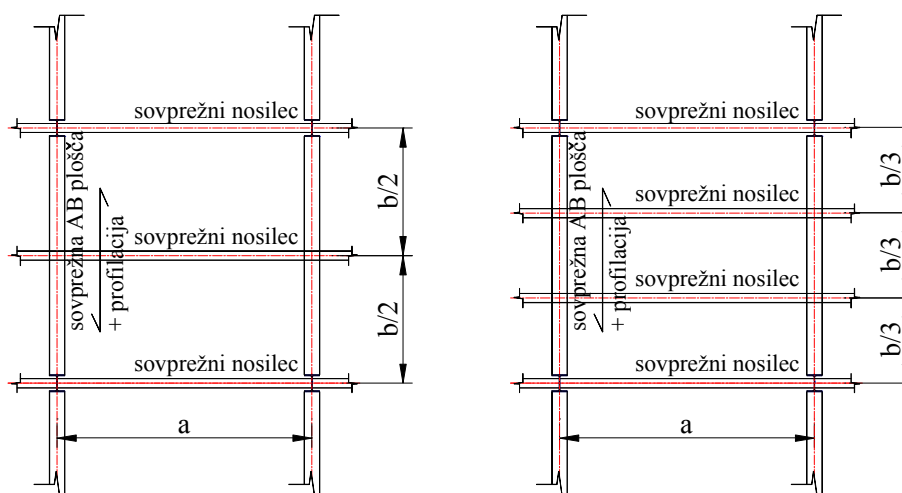


Slika 35: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu a x b = 6 x 6 m



Slika 36: Cenovna primerjava pločevin pri sovprežni AB plošči pri razponu a x b = 6 x 7 m

6 SOVPREŽNA AB PLOŠČA PREKO SEKUNDARNIH NOSILCEV



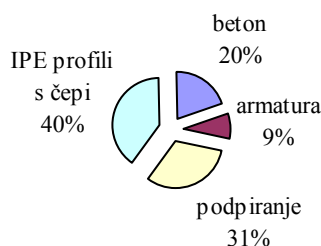
Slika 37: Sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev

Ta primer je skupek prejšnjih dveh situacij. Po geometriji se karakteristike ujemajo z geometrijskimi karakteristikami klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev. Podobnost s tretjim primerom pa je v tem, da gre v obeh primerih za sovp्रेžno AB ploščo z danimi pločevinami.

Pri sovp्रेžni AB plošči sem uporabil iste pločevine kot v primeru klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev, podrté s pločevino. To so pločevina Trimo H74-1, Cofrastra 40, SuperHolorib 51/150 in HI-Bond 55. Pri sovp्रेžni plošči brez sekundarnih nosilcev so bile namesto pločevine Trimo H74-1 in Cofrastra 40 uporabljene pločevine Trimo H110-1 in Cofrastra 70, ki so primernejše za večje razpone. Bistveno razliko med pločevinama opazimo pri pločevini Cofrastra, saj pločevina Cofrastra 40 velja za izbočeno pločevino, pločevina Cofrastra 70 pa ima trapezno obliko. Ta razlika se tudi pokaže pri vzdolžno strižno odpornostjo pločevine, saj ima pločevina Cofrastra 40 bistveno večjo strižno nosilnostjo.

6.1 Cena sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev

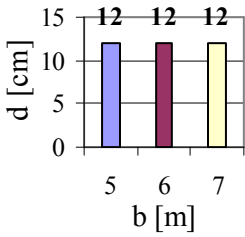
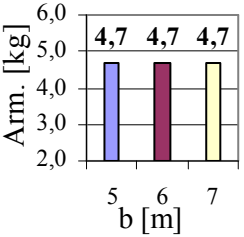
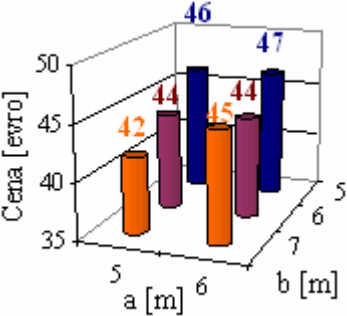
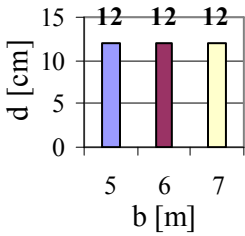
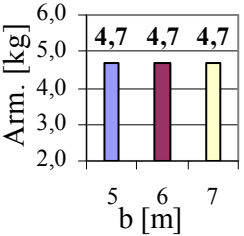
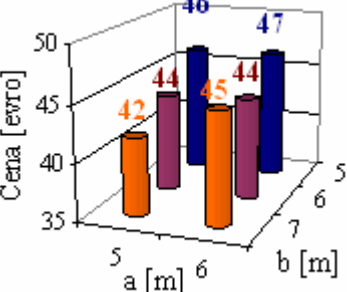
Kot v vseh primerih do sedaj, tudi tukaj končna cena zajema ceno betona, armature, podpiranja oz. pločevine in sekundarnih IPE nosilcev. V ceno je všteta montaža in transport do gradbišča.



Slika 38: Delež cene posameznih materialov pri skupni ceni

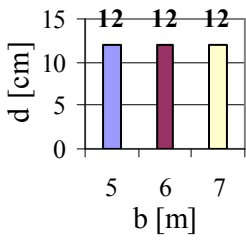
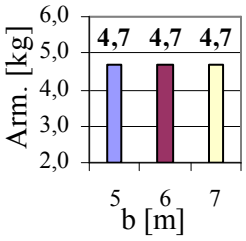
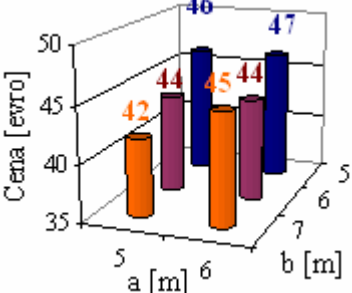
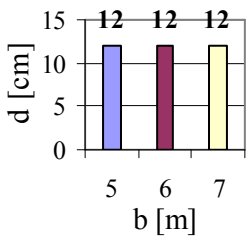
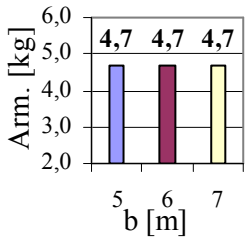
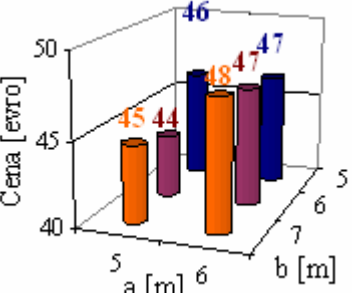
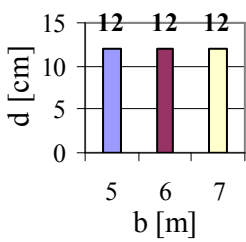
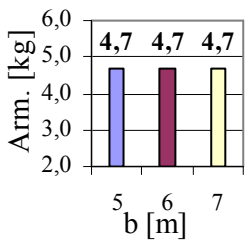
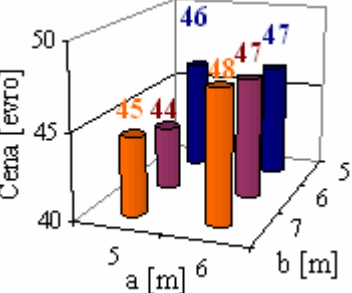
Največji strošek predstavljajo IPE profili skupaj s čepi. Graf je kot vsi drugi prikazan za razpona a in b je 5 m in obtežbo $g = 3 \text{ kN/m}^2$ ter $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$. V primerjavi s klasično AB ploščo preko sekundarnih nosilcev, kjer imamo klasično opaževanje, lahko vidimo, da je strošek betona manjši, strošek armature pa je primerljiv. Če primerjamo strošek betona v tem primeru s stroškom betona pri AB plošči podprti s pločevino, lahko vidimo, da se cena bistveno ne spremeni, kar je bilo tudi pričakovati. Ko primerjamo strošek podpiranja, pa se izkaže, da je v primeru sovprežne AB plošče le ta večji.

Preglednica 8: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m² plošče za sovprežno AB ploščo s pločevino Trimo H74-1 preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, ki so na tretjini razpona b.

G_{skup} (kN/m²)	Debelina plošče	Poraba armature	Končna cena
7			
b = 5, 6 in 7 m m - Trimo H74-1, t = 0,88 mm, fy = 280 Mpa, ni potrebno podpirati			
8			
b = 5, 6 in 7 m m - Trimo H74-1, t = 0,88 mm, fy = 280 Mpa, ni potrebno podpirati			

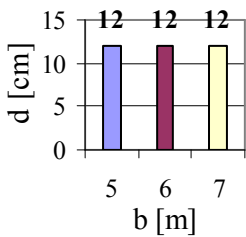
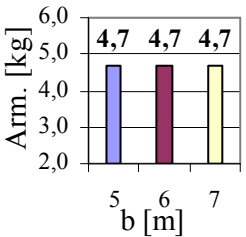
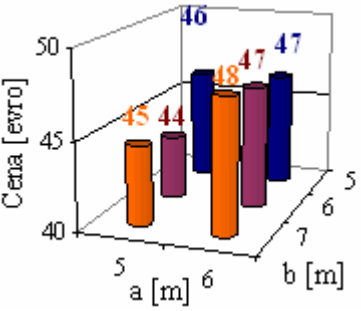
...se nadaljuje

... nadaljevanje

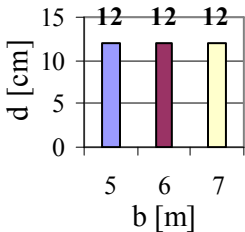
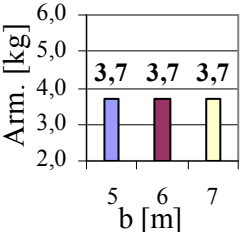
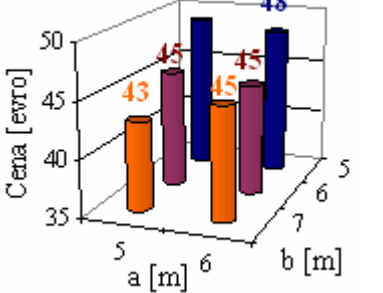
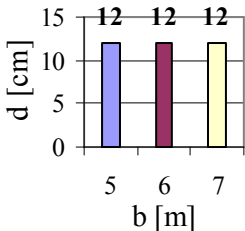
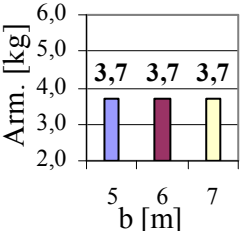
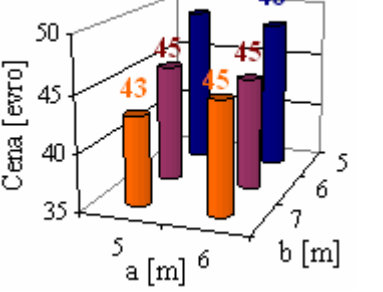
9			
<p>b = 5, 6 in 7 m m - Trimo H74-1, t = 0,88 mm, fy = 280 Mpa, ni potrebno podpirati</p>			
10			
<p>b = 5, 6 in 7 m m - Trimo H74-1, t = 0,88 mm, fy = 280 Mpa, ni potrebno podpirati</p>			
11			
<p>b = 5, 6 in 7 m m - Trimo H74-1, t = 0,88 mm, fy = 280 Mpa, ni potrebno podpirati</p>			

... se nadaljuje

...nadaljevanje

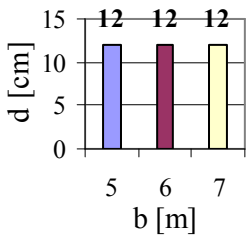
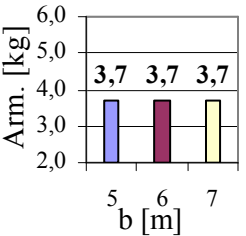
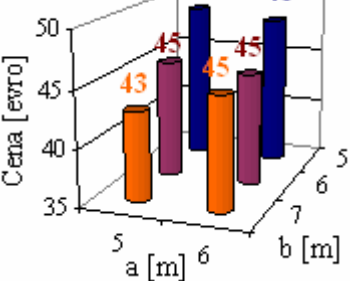
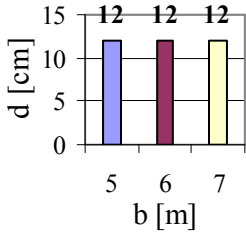
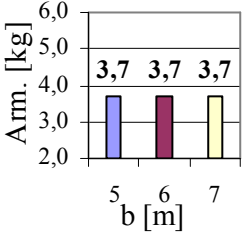
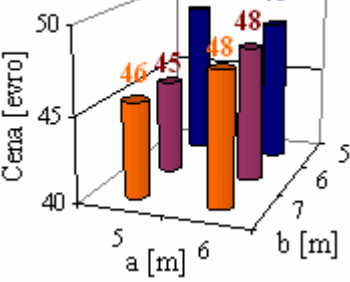
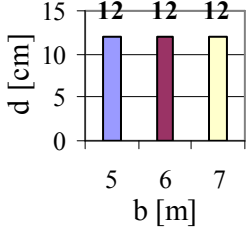
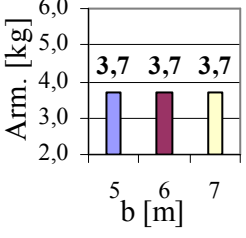
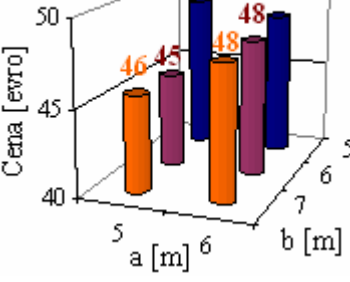
12	 <table border="1"><thead><tr><th>b [m]</th><th>d [cm]</th></tr></thead><tbody><tr><td>5</td><td>12</td></tr><tr><td>6</td><td>12</td></tr><tr><td>7</td><td>12</td></tr></tbody></table>	b [m]	d [cm]	5	12	6	12	7	12	 <table border="1"><thead><tr><th>b [m]</th><th>Arm. [kg]</th></tr></thead><tbody><tr><td>5</td><td>4,7</td></tr><tr><td>6</td><td>4,7</td></tr><tr><td>7</td><td>4,7</td></tr></tbody></table>	b [m]	Arm. [kg]	5	4,7	6	4,7	7	4,7	 <table border="1"><thead><tr><th>a [m]</th><th>b [m]</th><th>Cena [euro]</th></tr></thead><tbody><tr><td>5</td><td>5</td><td>45</td></tr><tr><td>6</td><td>5</td><td>44</td></tr><tr><td>7</td><td>5</td><td>46</td></tr><tr><td>5</td><td>6</td><td>48</td></tr><tr><td>6</td><td>6</td><td>47</td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>47</td></tr></tbody></table>	a [m]	b [m]	Cena [euro]	5	5	45	6	5	44	7	5	46	5	6	48	6	6	47	7	6	47
	b [m]	d [cm]																																						
5	12																																							
6	12																																							
7	12																																							
b [m]	Arm. [kg]																																							
5	4,7																																							
6	4,7																																							
7	4,7																																							
a [m]	b [m]	Cena [euro]																																						
5	5	45																																						
6	5	44																																						
7	5	46																																						
5	6	48																																						
6	6	47																																						
7	6	47																																						
b = 5, 6 in 7 m m - Trimo H74-1, t = 0,88 mm, fy = 280 Mpa, ni potrebno podpirati																																								

Preglednica 9: Prikaz debeline plošče, poraba armature in končna cena na m² plošče za sovprežno AB ploščo s pločevino Cofrastra 40 preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, ki so na tretjini razpona b.

G_{skup} (kN/m²)	Debelina plošče	Poraba armature	Končna cena
7			
b = 5, 6 in 7 m - Cofrastra 40, t = 0,88 mm, fy = 350 Mpa ni potrebnega podpiranja			
8			
b = 5, 6 in 7 m - Cofrastra 40, t = 0,88 mm, fy = 350 Mpa ni potrebnega podpiranja			

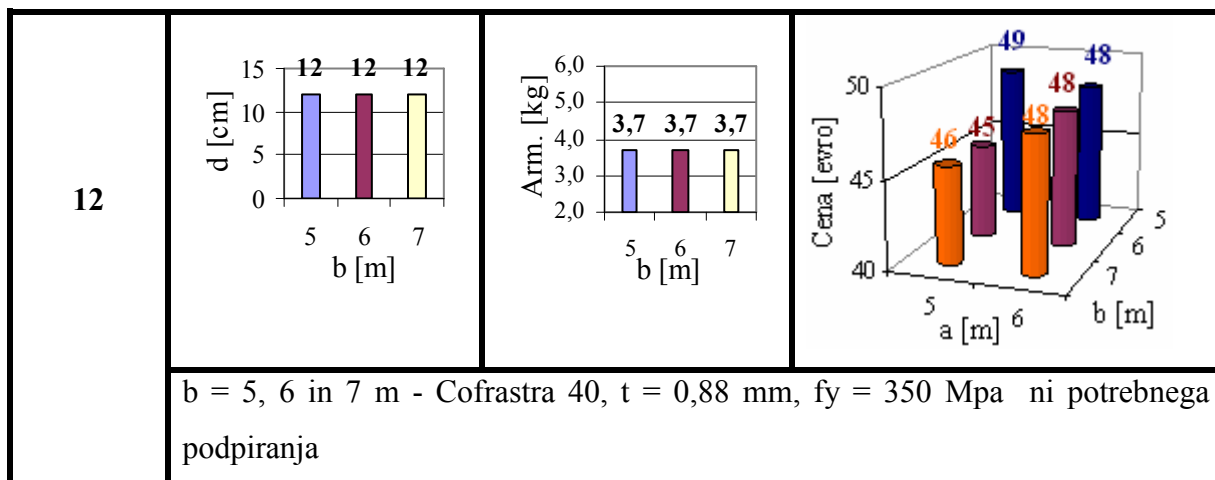
... se nadaljuje

... v nadaljevanju

<p>9</p>			
<p>b = 5, 6 in 7 m - Cofrastra 40, t = 0,88 mm, fy = 350 Mpa ni potrebnega podpiranja</p>			
<p>10</p>			
<p>b = 5, 6 in 7 m - Cofrastra 40, t = 0,88 mm, fy = 350 Mpa ni potrebnega podpiranja</p>			
<p>11</p>			
<p>b = 5, 6 in 7 m - Cofrastra 40, t = 0,88 mm, fy = 350 Mpa ni potrebnega podpiranja</p>			

... se nadaljuje

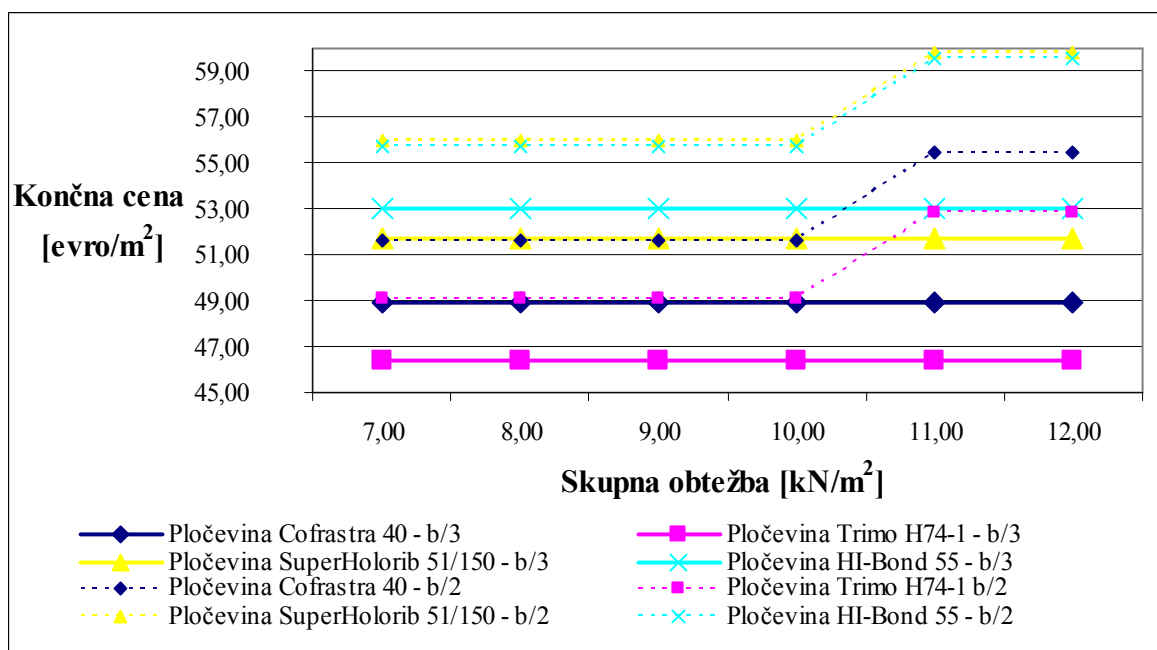
...nadaljevanje



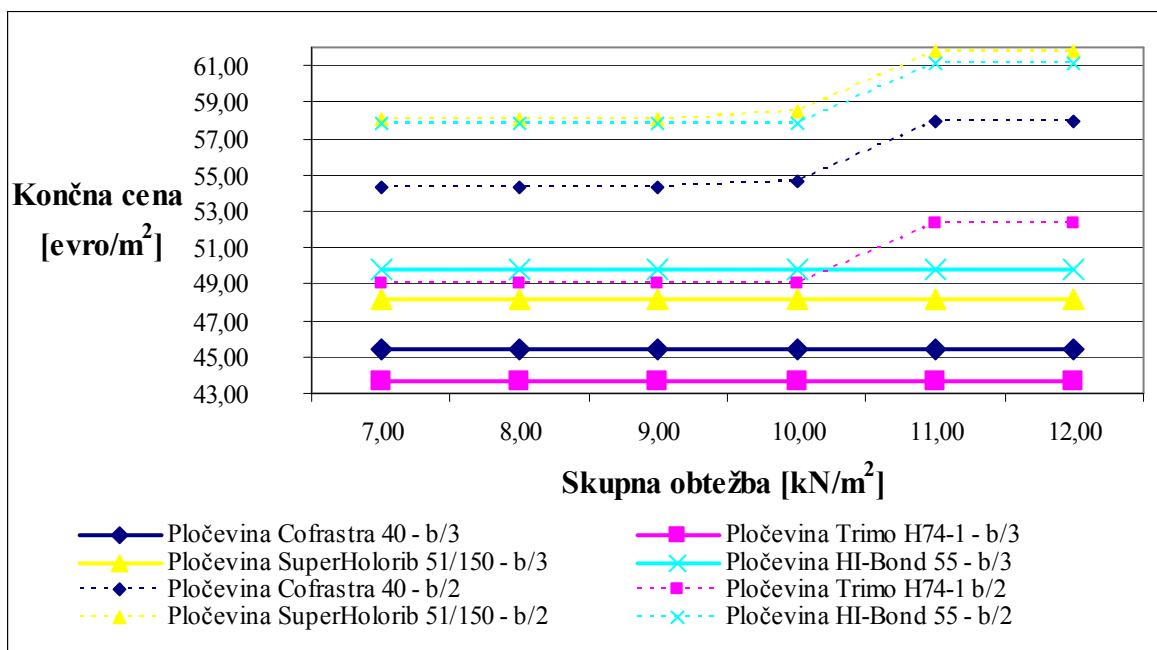
Debelina plošče in poraba armature sta odvisno od razpona b, z večanjem razpona a pa se rezultati ne spreminjajo. Zato sem ta dva parametra prikazal le z večanjem razpona b. Pri končni ceni, kjer je všteta cena sovprežnih nosilcev, ki pa so odvisni tudi od razpona a, pa sem prikazal rezultate v odvisnosti od obeh razponov. Cena pa je v tem primeru odvisna tudi od transporta pločevine, ki pa se spreminja z večanjem oz. manjšanjem površine potrebne pločevine. To velja za obe preglednici (8 in 9).

6.2 Cenovna primerjava med primeri (znotraj primera)

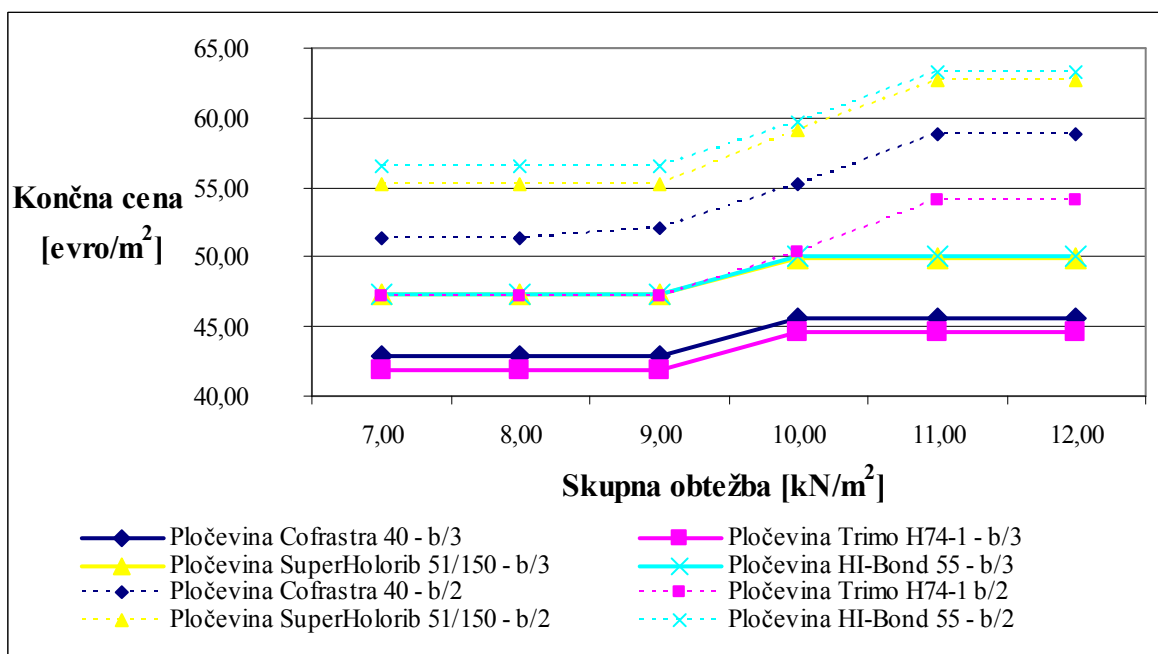
Graf prikazuje posebej cenovno primerjavo med pločevinami za vsak posamezni primer. Tako imamo prikazano primerjavo med pločevinami, kjer so sekundarni nosilci na polovici razpona b. Iz grafa pa je še razvidna primerjava med pločevinami oz primeroma, kjer so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b.



Slika 39: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu a x b = 5 x 5 m



Slika 40: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu a x b = 5 x 6 m



Slika 41: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu a x b = 5 x 7 m

Sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev, ki so na polovici razpona b:

Pri razponu b = 5 in 6 m se je za najdražjo pločevino zopet izkazala pločevina SuperHolorib 51/150, ki ji sledi pločevina HI-Bond. Slednja pa je pri razponu b = 7 m dražja od pločevine SuperHolorib 51/150. Kot sem že omenil je sama pločevina SuperHolorib 51/150 dražja od ostalih pločevin. Za najcenejšo pločevino pa se je izkazala pločevina Trimo H74-1, ki je trapeznega prereza pri kateri porabimo manj materiala. Pričakovali bi, da se bo kot najdražja pločevina izkazala pločevina HI-Bond 55, saj pločevina brez strižne nosilnosti potrebuje dodatno armaturo in čepe za končno sidranje. Zopet je razvidno, da z večanjem razpona b in z večanjem obtežbe, narašča tudi končna cena.

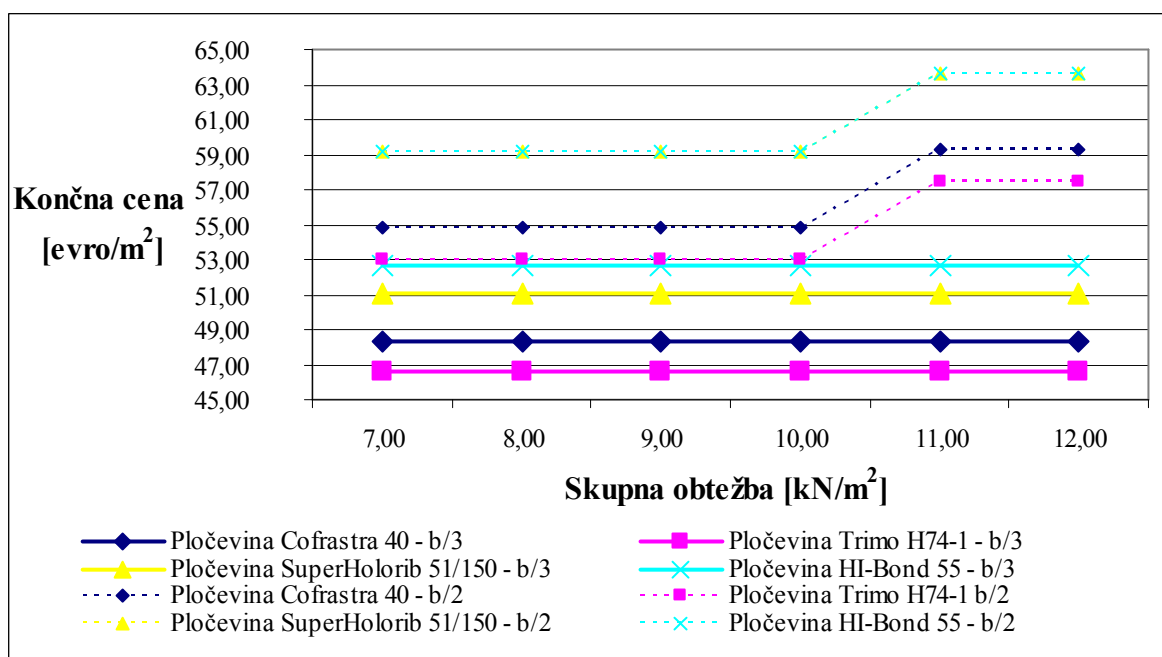
Sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev, ki so na tretjini razpona b:

Pri razponu a = 5 m in razponih b = 5 oz. 6 m je iz grafa razvidno, da se končna cena z večanjem obtežbe ne spreminja. To pomeni, da je poraba materiala ista in da je konstrukcija pri takih obtežbah in razponih neizkoriščena. Povedano drugače, zadošča, da sekundarne

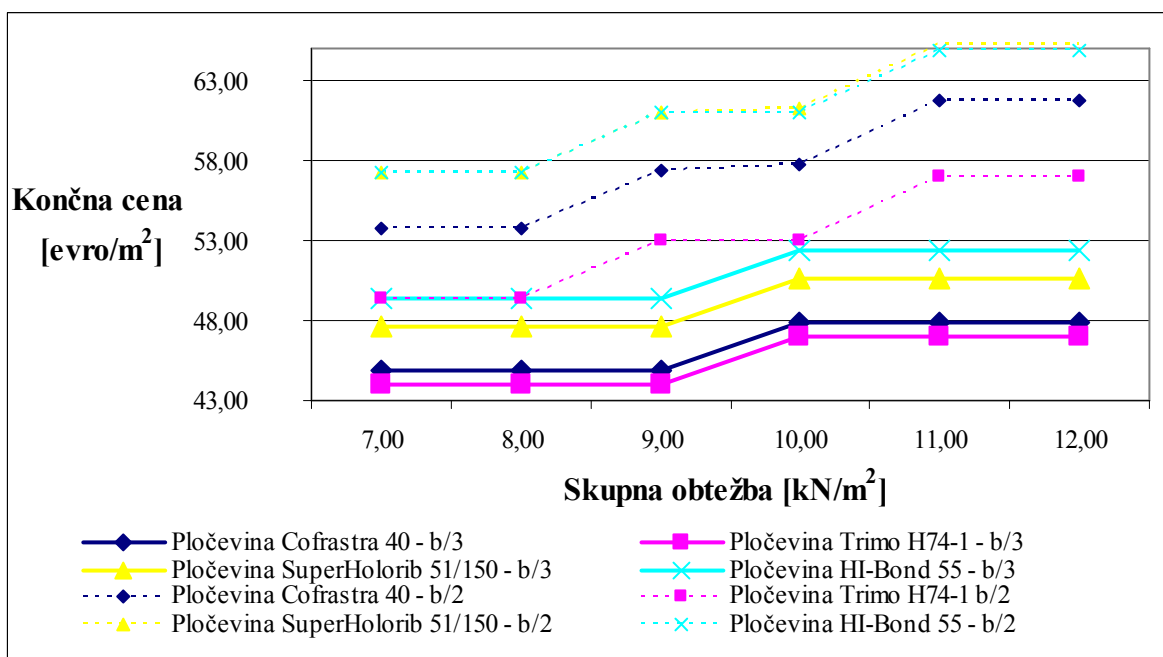
nosilce položimo na polovico razpona b . Pri razponu $b = 7$ m pa lahko vidimo, da se pri večjih obtežbah poveča končna cena in s tem tudi količina materiala.

Primerjava sovprežne AB plošče, kjer so nosilci na polovici oz. tretjini razpona b :

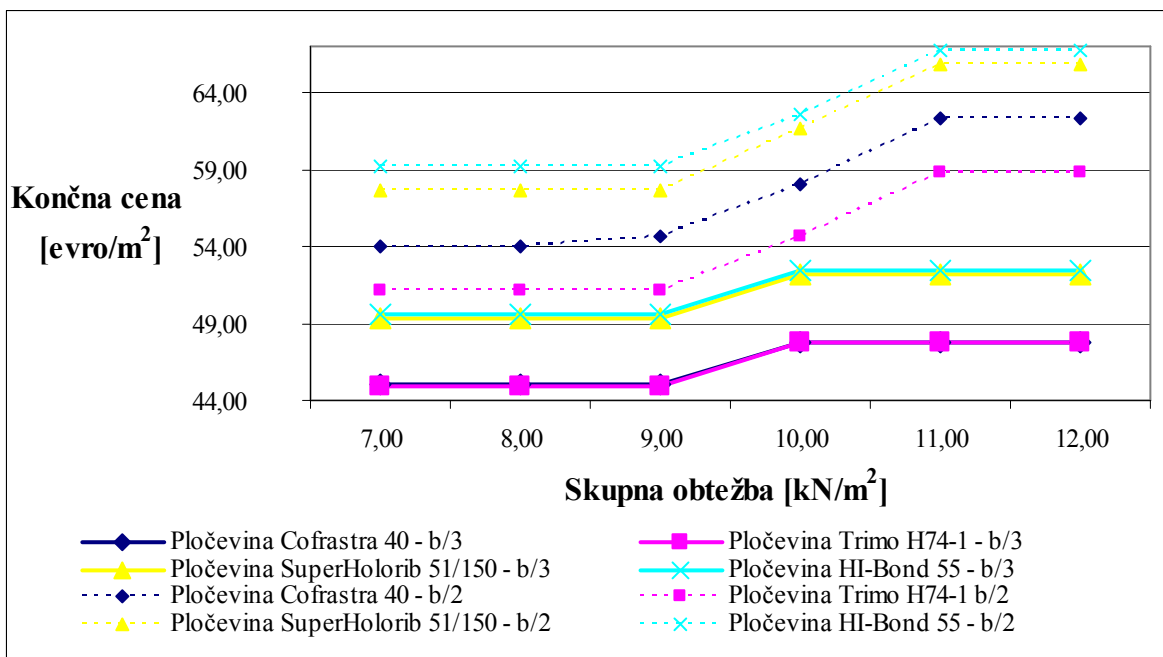
Težko je reči, da je primer sovprežne AB plošče, kjer so sekundarni nosilci na tretjini razpona cenejši od primera, kjer so sekundarni nosilci na polovici razpona. Lahko pa rečemo, da sta pločevini Trimo H74-1 in Cofrastra 40 v primeru, ko so sekundarni nosilci na tretjini razpona cenovno primernejši od vseh pločevin v primeru, ko so ti na polovici razpona. To pa ne moremo reči za pločevini HI-Bond 55 in SuperHolorib 51/150, ki so cenovno primerljive s pločevinami, kjer so sekundarni nosilci na polovici razpona b . Vendar se z večanjem razpona b in obtežbe te razlike večajo, kar pomeni, da se pri večjih razponih bolj izplača izbrati večje število sekundarnih nosilcev in za sovprežje izbrati pločevini Trimo H74-1 in pa Cofrastra 40.



Slika 42: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m



Slika 43: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu a x b = 6 x 6 m



Slika 44: Cenovna primerjava omenjenih pločevin, ko so sekundarni nosilci na polovici oz tretjini razpona b pri razponu a x b = 6 x 7 m

Sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev, ki so na polovici razpona b:

Pri vseh primerih se za najdražjo pločevino izkaže pločevina HI-Bond 55, kar je bilo tudi pričakovati, saj ta pločevina nima strižne trdnosti in je zato potrebna dodatna armatura in čepi za končno sidranje. To pri ostalih pločevinah dosežemo s strižno nosilnostjo pločevine. Za najbolj ekonomično pločevino se zopet izkažeta pločevini Trimo H74-1 in Cofrastra 40.

Sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev, ki so na tretjini razpona b:

Še vedno je razvidno, da je ta rešitev cenovno primernejša od ostalih. Med pločevinami pa velja, da je ceneje izbrati pločevini Trimo H74-1 in Cofrastra 40.

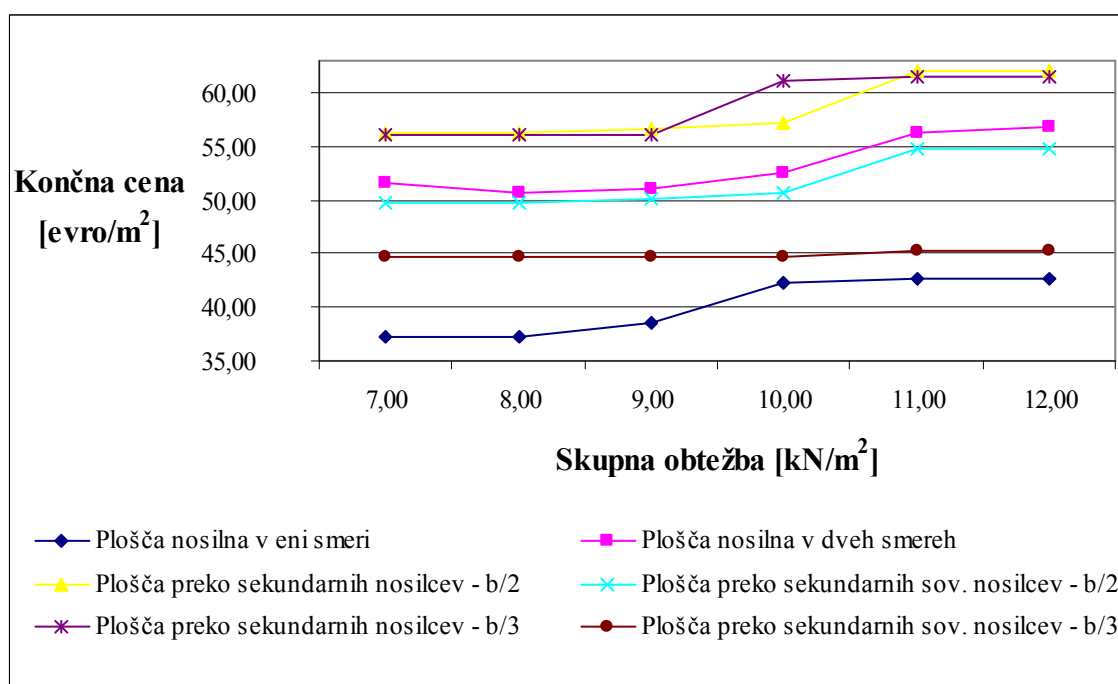
Primerjava sovprežne AB plošče, kjer so nosilci na polovici oz. tretjini razpona b:

Pri plošči, kjer so sekundarni nosilci na polovici razpona b, lahko za pločevino Trimo H74-1 rečemo, da je primerljiva z najdražjima pločevinama HI-Bond 55 in SuperHolorib 51/150 v primeru, ko so sekundarni nosilci na tretjini razpona b. Na splošno lahko rečemo, da je pri sovprežni AB plošči preko sekundarnih nosilcev bolje izbrati večje število le teh in cenovno ugodnejše pločevine.

7 REZULTATI

7.1 Klasična AB plošča in klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev

Primerjava med klasično AB ploščo, ki nosi v eni smeri in klasično AB ploščo, ki nosi v dveh smereh, je bila izvedena v poglavju 3.3. Primerjava med klasično AB ploščo podprto s sekundarnimi nosilci, ki so nameščeni na polovici oz. tretjini razpona pa v poglavju 4.4.



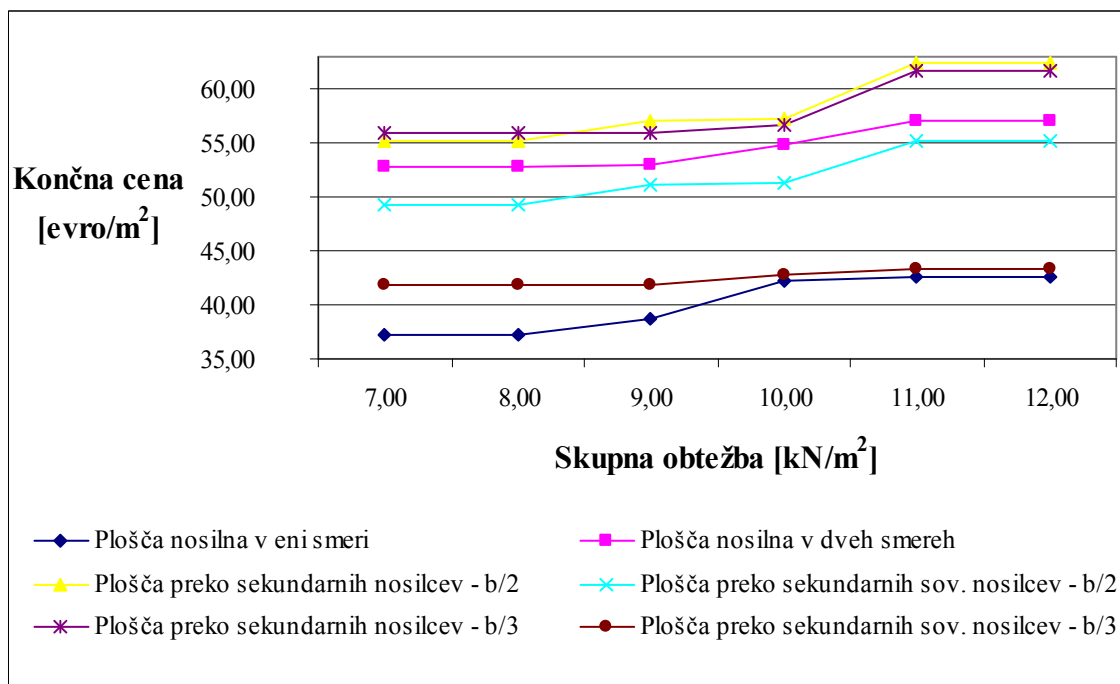
Slika 45: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 5$ m

Primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri s klasično AB ploščo podprto s sekundarnimi nosilci:

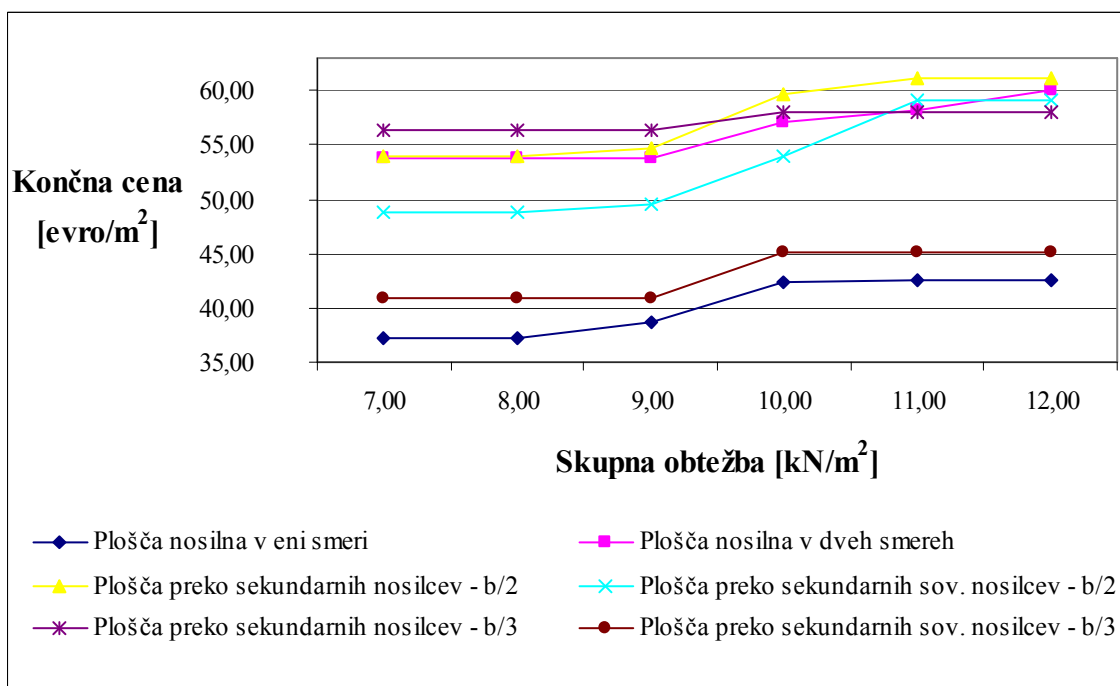
Če primerjamo ploščo nosilno v eni smeri s ploščo podprto s sekundarnimi nosilci, pri čemer je izvedba teh nosilcev navadna, lahko vidimo, da je razlika v ceni zelo velika. Pri vseh obtežnih kombinacijah je najprimernejša plošča nosilna v eni smeri. Vendar se cena pri sovprežni izvedbi sekundarnih nosilcev z večanjem obtežbe približa ceni plošče nosilne v eni smeri. To velja predvsem v primeru, ko so sekundarni nosilci na tretjini razpona b.

Primerjava klasične AB plošče nosilne v dveh smeri s klasično AB ploščo podprto s sekundarnimi nosilci:

Zopet je razvidno, da je plošča podprta s sekundarnimi nosilci, kjer gre za navadne nosilce, v vseh obtežnih primerih dražja ob plošče, ki nosi v obeh smereh. Ko pa smo izvedbo sekundarni nosilcev zamenjali s sovprežno, pa se je izkazalo, da je vseh obtežnih primerih plošča podprta s sekundarnimi nosilci cenejša.



Slika 46: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 6 \text{ m}$



Slika 47: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 5 \times 7 \text{ m}$

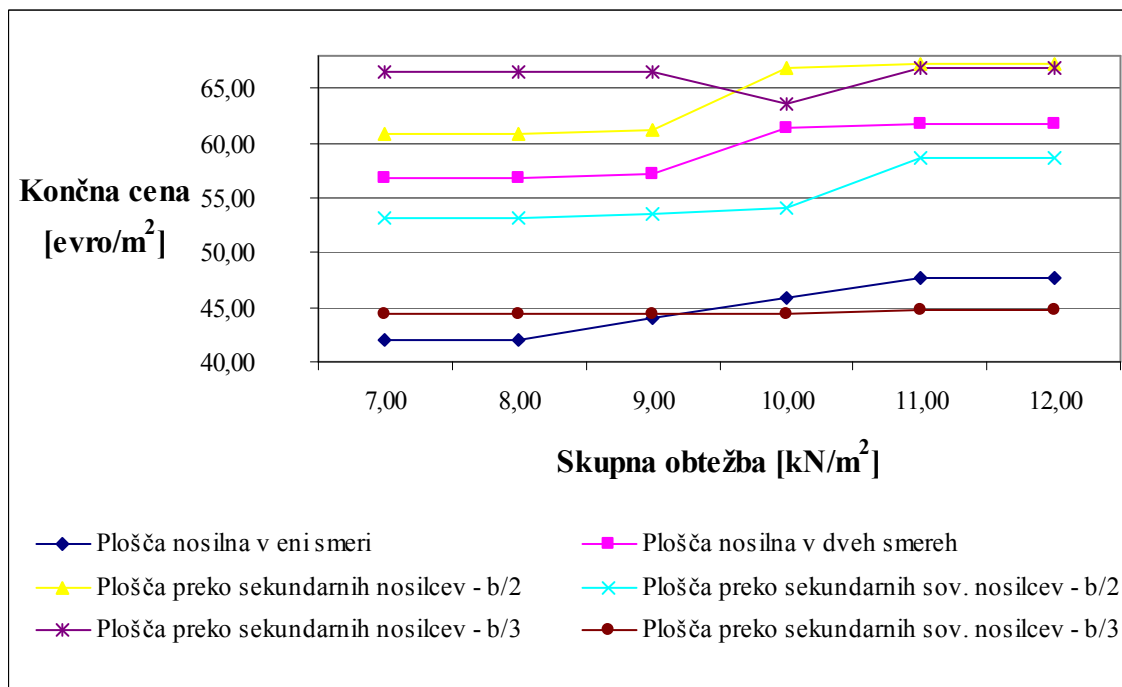
Primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri s klasično AB ploščo podprto s sekundarnimi nosilci:

Pri plošči nosilni v eni smeri se razpon a spreminja v vzdolžni smeri tlorisa, zato ni odvisna od dimenzije b . Poraba materiala, in s tem tudi cena na m^2 plošče, je torej enaka. Vendar pa se s spreminjanjem dimenzije b pri plošči, podprti s sekundarnimi nosilci, približamo ceni plošče nosilne v eni smeri.

Primerjava klasične AB plošče nosilne v dveh smeri s klasično AB ploščo podprto s sekundarnimi nosilci:

Tudi v tem primeru je iz grafov razvidno, da je plošča podprta s sekundarnimi nosilci, ki so izvedeni kot sovprežni nosilci, cenejša od plošče, ki nosi v dveh smeri. Slednja pa je cenejša od plošče, podprte s sekundarnimi nosilci, kjer je izvedba sekundarnih nosilcev navadna.

Pri razponu $a = 5$ m in razponu $b = 5, 6$ in 7 m se za najcenejši primer izkaže klasična AB plošča nosilna v eni smeri podprta s klasičnim opažem.



Slika 48: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m

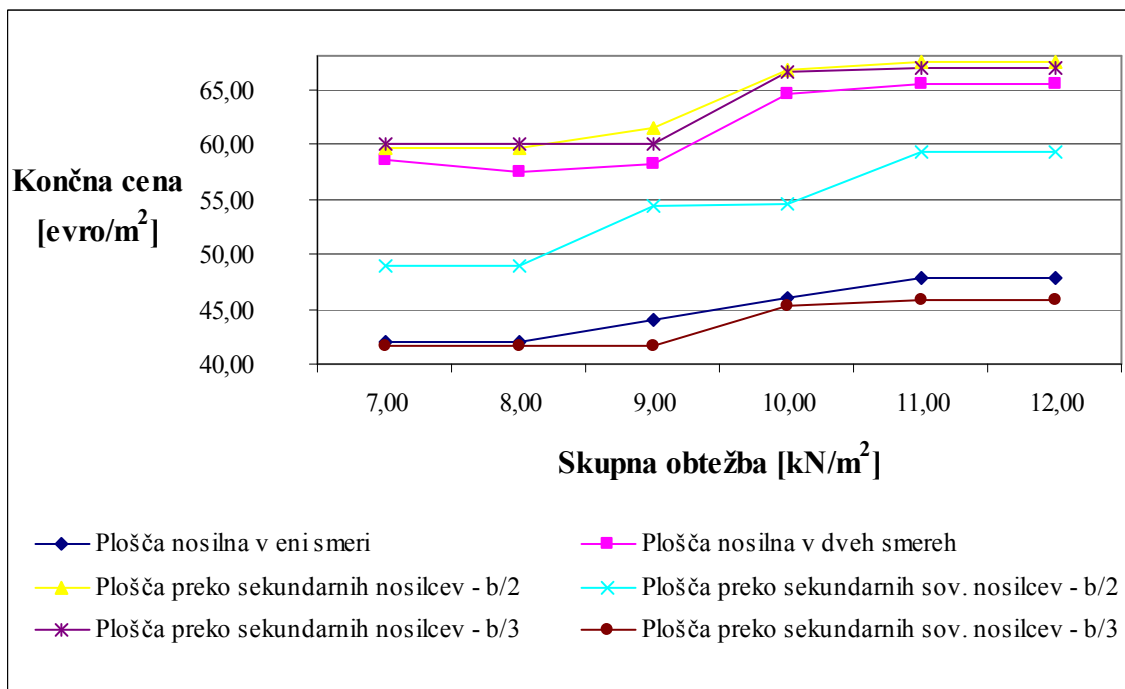
Primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri s klasično AB ploščo podprto s sekundarnimi nosilci:

Plošča nosilna v eni smeri je odvisna samo od razpona a . Ko ta razpon povečamo, se poveča tudi poraba materiala in posredno tudi končna cena. Iz grafa lahko vidimo, da je pri obtežbah večjih od $g = 3$ kN/m² in $q = 4$ kN /m², plošča podprta s sekundarnimi nosilci cenovno ugodnejša od plošče, ki nosi v eni smeri.

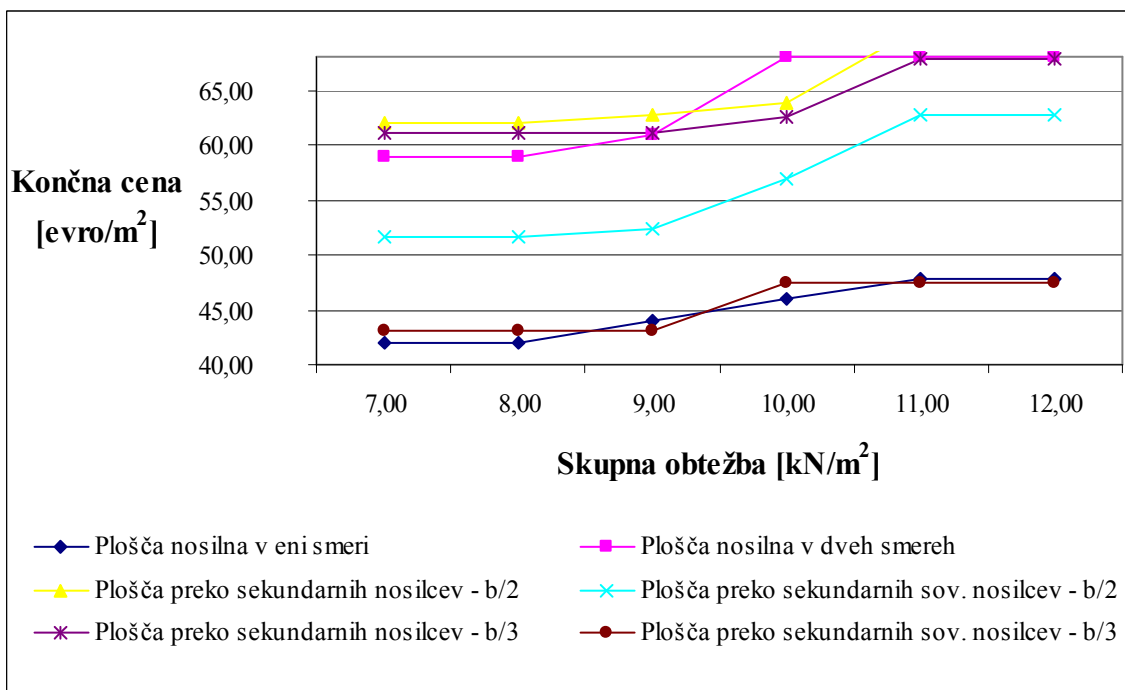
Primerjava klasične AB plošče nosilne v dveh smeri s klasično AB ploščo podprto s sekundarnimi nosilci:

Klasična AB plošča, ki nosi v dveh smer in je odvisna tako od razpona a kot tudi od razpona b , je kljub spreminjanju razponov še vedno dražja od plošče, podprte s sekundarnimi nosilci,

če so le ti izvedeni kot sovprežni. Hkrati pa je cenejša od plošče, ki je podprta s sekundarnimi nosilci, katerih izvedba je »navadna«.



Slika 49: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 6 \text{ m}$



Slika 50: Cenovna primerjava klasične AB plošče in klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 7 \text{ m}$

Primerjava klasične AB plošče nosilne v eni smeri s klasično AB ploščo podprto s sekundarnimi nosilci:

Iz zadnjih dveh grafov lahko vidimo, da je pri takih razponih bolje uporabiti ploščo podprto s sekundarnimi nosilci, ki so izvedeni sovprežno.

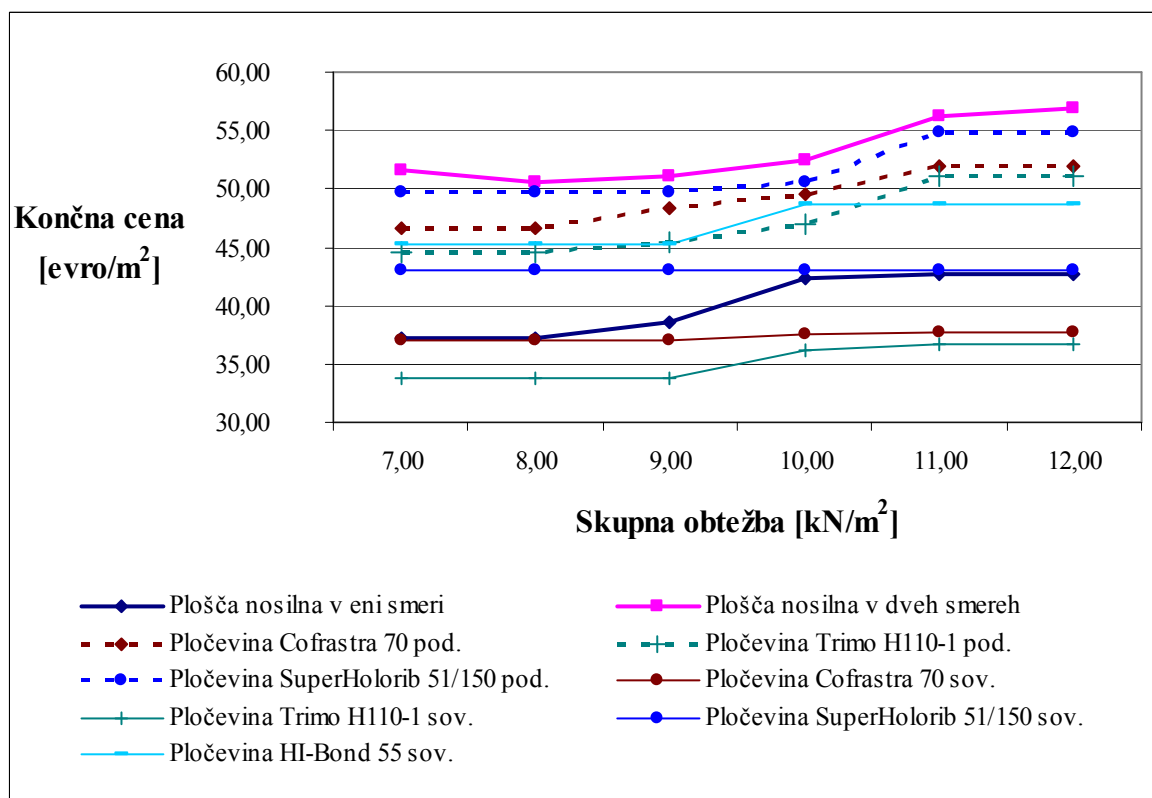
Primerjava klasične AB plošče nosilne v dveh smeri s klasično AB ploščo podprto s sekundarnimi nosilci:

Iz zadnjih dveh grafov je razvidno, da se cenovna razlika med obema primeroma zmanjša. Cenovno postaneta bolj primerljiva.

Pri razponu $a = 5$ m in razponu $b = 5, 6$ in 7 m se za najcenejši primer izkaže klasična AB plošča nosilna v eni smeri in podprta s klasičnim opažem. To pomeni, da je pri razponih, ki niso večji od petih metrov, cenovno primerneje izbrati klasično AB ploščo nosilno v eni smeri in podprto s klasičnim opažem. Res je, da z uporabo sovprežnih sekundarnih nosilcev zmanjšamo porabo betona in armature, vendar s količino in s tem tudi ceno sekundarnih sovprežnih nosilcev prekoračimo ceno klasične AB plošče nosilne v eni smeri in podprte s klasičnim opažem. Uporaba sekundarnih sovprežnih nosilcev pa je cenovno primerljiva oz. primernejša pri razponih, ki so večji od petih metrov in pri večjih obtežbah. Te sovprežne nosilce je primerneje razporediti na tretjino razpona, saj s tem zmanjšamo obtežbo na posamezni nosilec.

7.2 Klasična AB plošča in sovprežna AB plošča

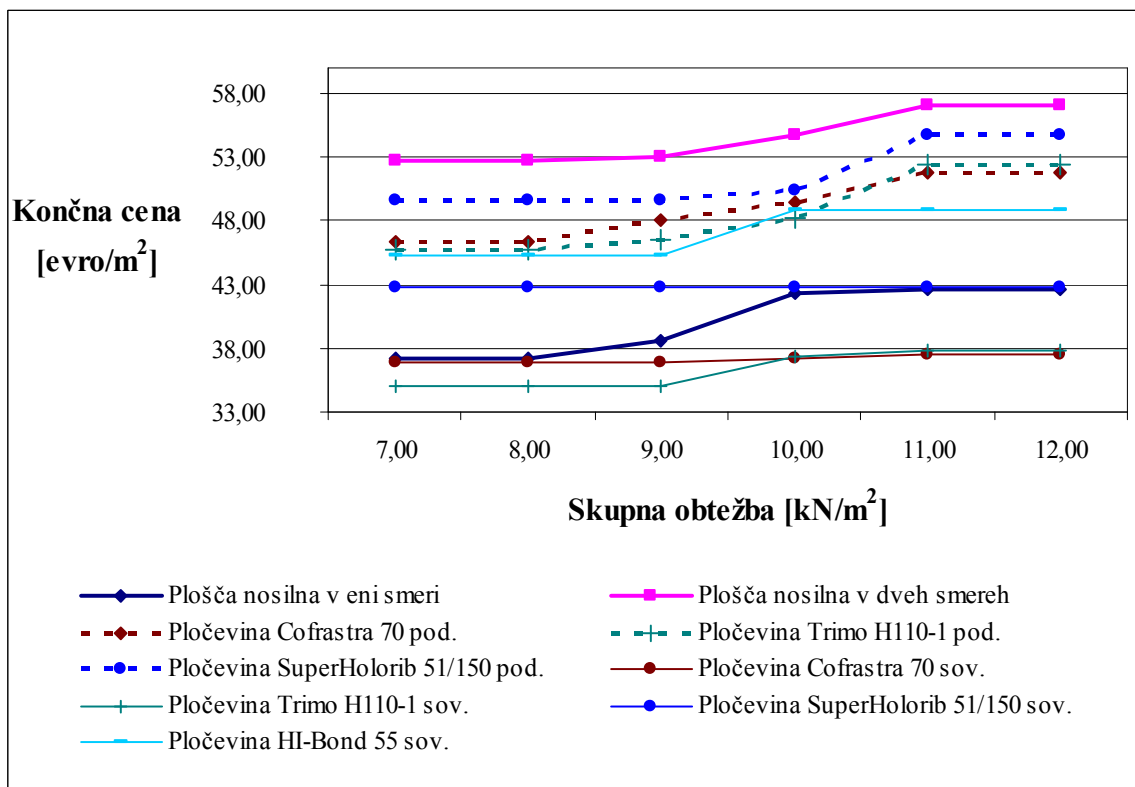
Med seboj sem primerjal klasično AB ploščo, ki nosi v eni smeri oz. dveh smereh s sovprežno AB ploščo. Pri klasični AB plošči nosilni v eni smeri sem upošteval podpiranje s pločevino oz. s klasičnim opažem.



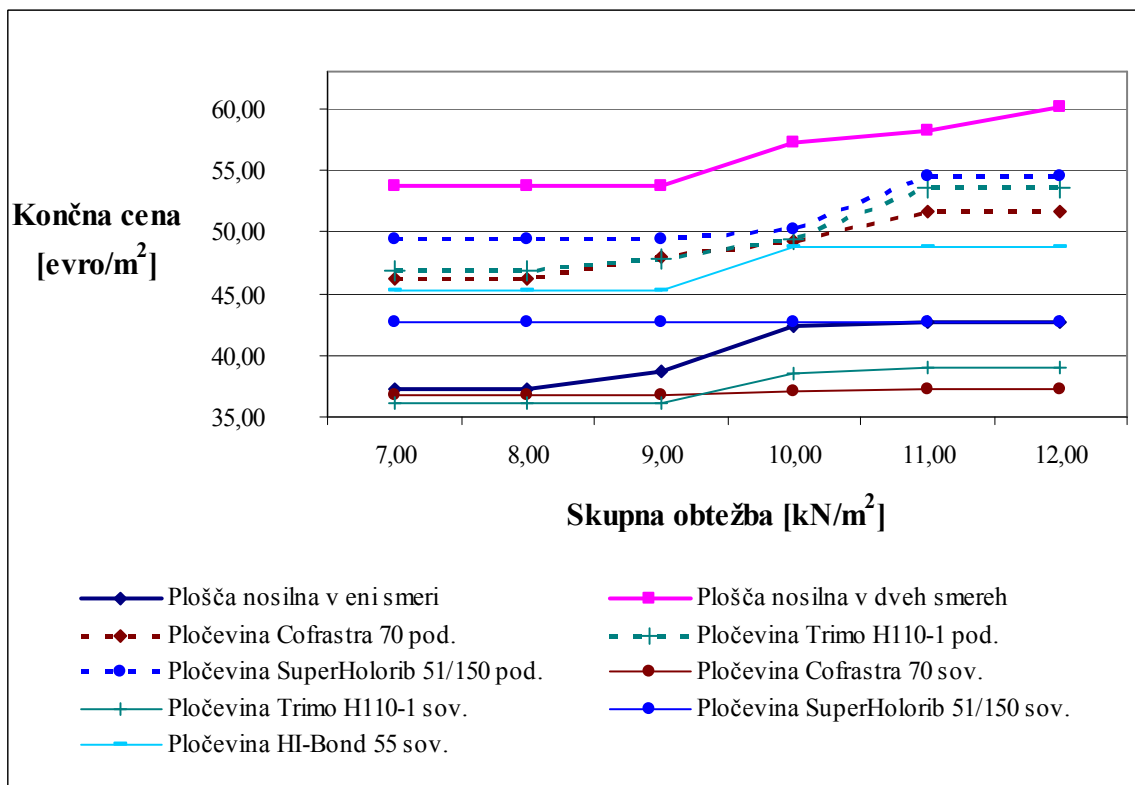
Slika 51: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu a x b = 5 x 5 m

Če primerjamo ploščo, ki nosi v eni smeri in ploščevine pri sovprežni AB plošči vidimo, da je pri razponu a = 5 m ploščevina Trimo H110-1 cenejša v vseh obtežnih primerih. Enako velja tudi za ploščevino Cofrastra 70, razen v prvem obtežnem primeru, kjer je cena te plošče primerljiva s ceno plošče nosilni v eni smeri, ki je podprta s klasičnim opažem. Pri večjih obtežbah, kot je $g = 3 \text{ kN/m}^2$ in $q = 4 \text{ kN/m}^2$, pa je cena ploščevine SuperHolorib 51/150 prav tako primerljiva s ceno plošče, ki nosi v eni smeri.

Ko ploščevino uporabimo kot opaž, so vse cene nižje od klasične AB plošče, ki nosi v dveh smeri, hkrati pa dražje od ostalih primerov. Izjema je le ploščevina Trimo H110-1, ki je cenovno primerljiva s ploščevino HI-Bond 55, ki jo uporabimo pri sovprežni AB plošči. To lahko navedemo kot slabost te ploščevine, saj je v primerjavi z drugimi najdražja.

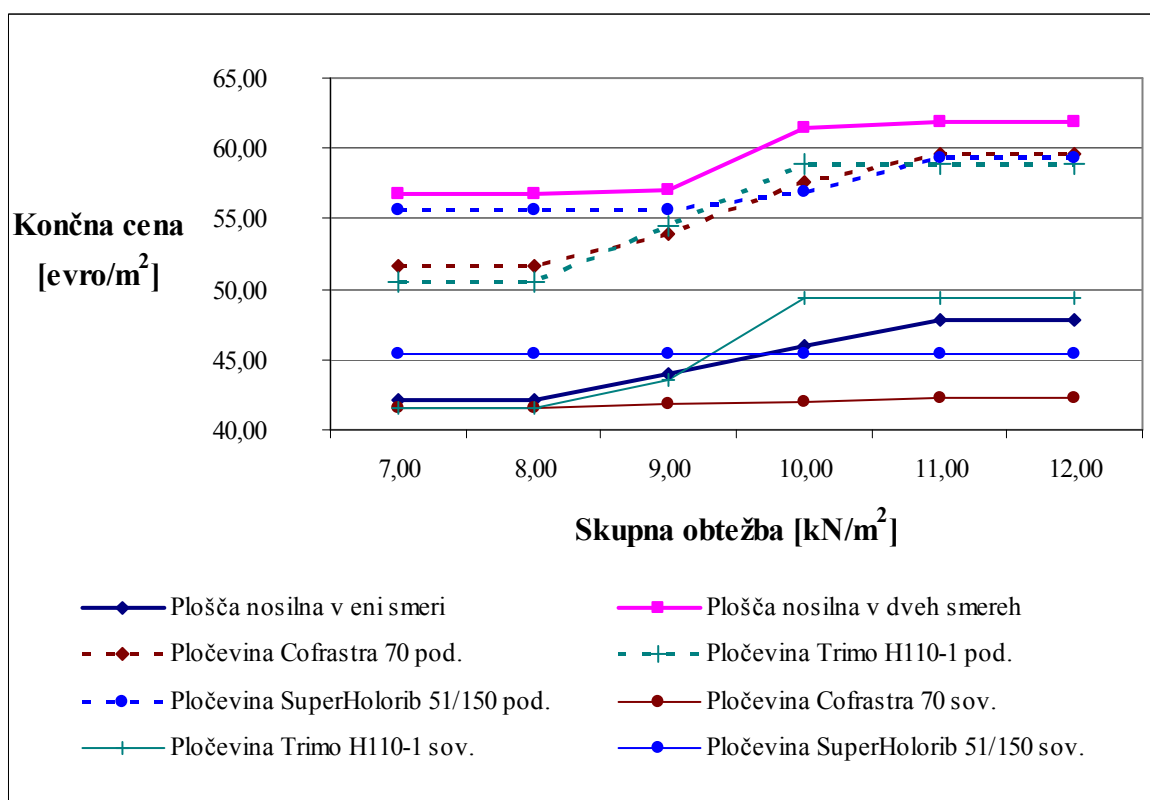


Slika 52: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu a x b = 5 x 6 m



Slika 53: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu a x b = 5 x 7 m

Omenil sem že, da sta oba primera odvisna le od razpona a v vzdolžni smeri, zato ni bistvenih razlik od prvega grafa.



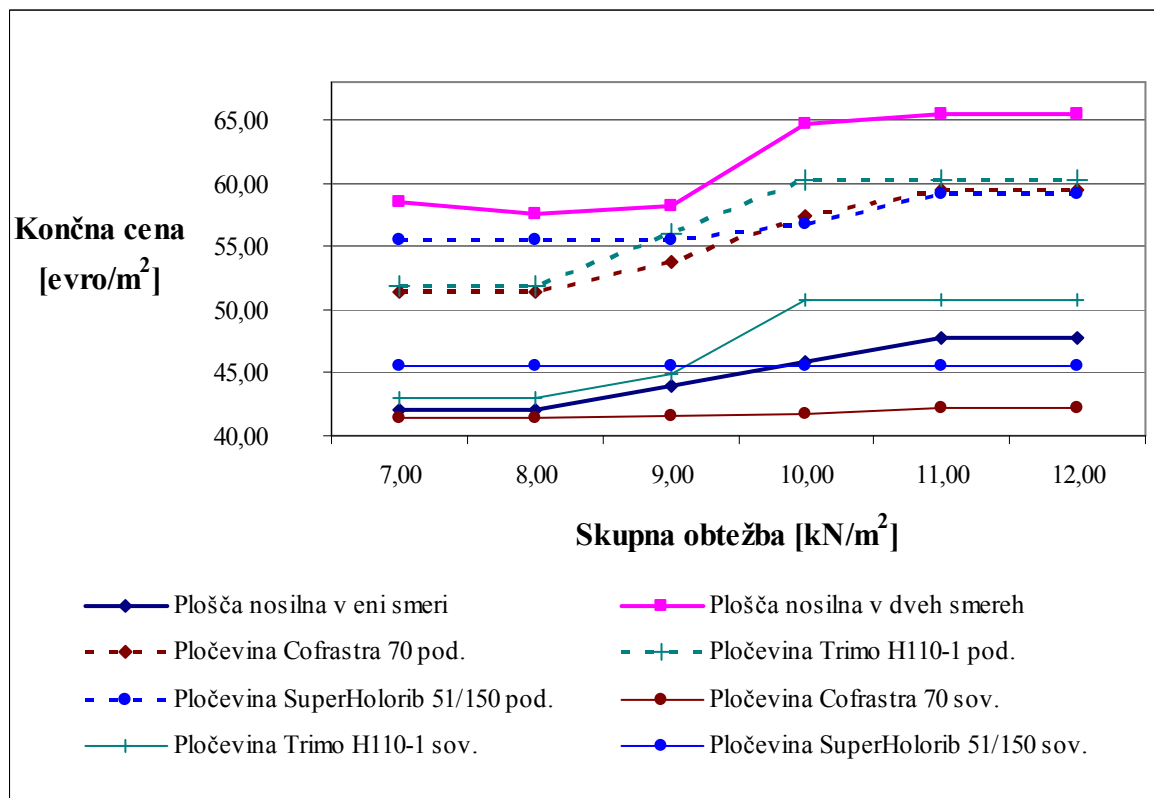
Slika 54: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 6 \times 5$ m

V poglavju 5.2, kjer sem pločevine primerjal med seboj, smo lahko opazili, da pločevina HI-Bond 55 ni primerna za razpone, ki so večji od petih metrov. Kljub razponu $a = 6$ m, je pločevina Cofrastra 70 pri sovprežni AB plošči še vedno cenovno ugodnejša od plošče nosilne v eni smeri v vseh obtežnih primerih. Pri obtežbah, ki so večje ali enake od $g = 3$ kN/m² in $q = 4$ kN/m², pa je primernejše izbrati pločevino SuperHolorib 51/150. Ko pa govorimo o obtežbah, ki so manjše ali enake od $g = 3$ kN/m² in $q = 3$ kN/m², pa je pločevina Trimo H110-1 primerljiva s ploščo nosilno v eni smeri.

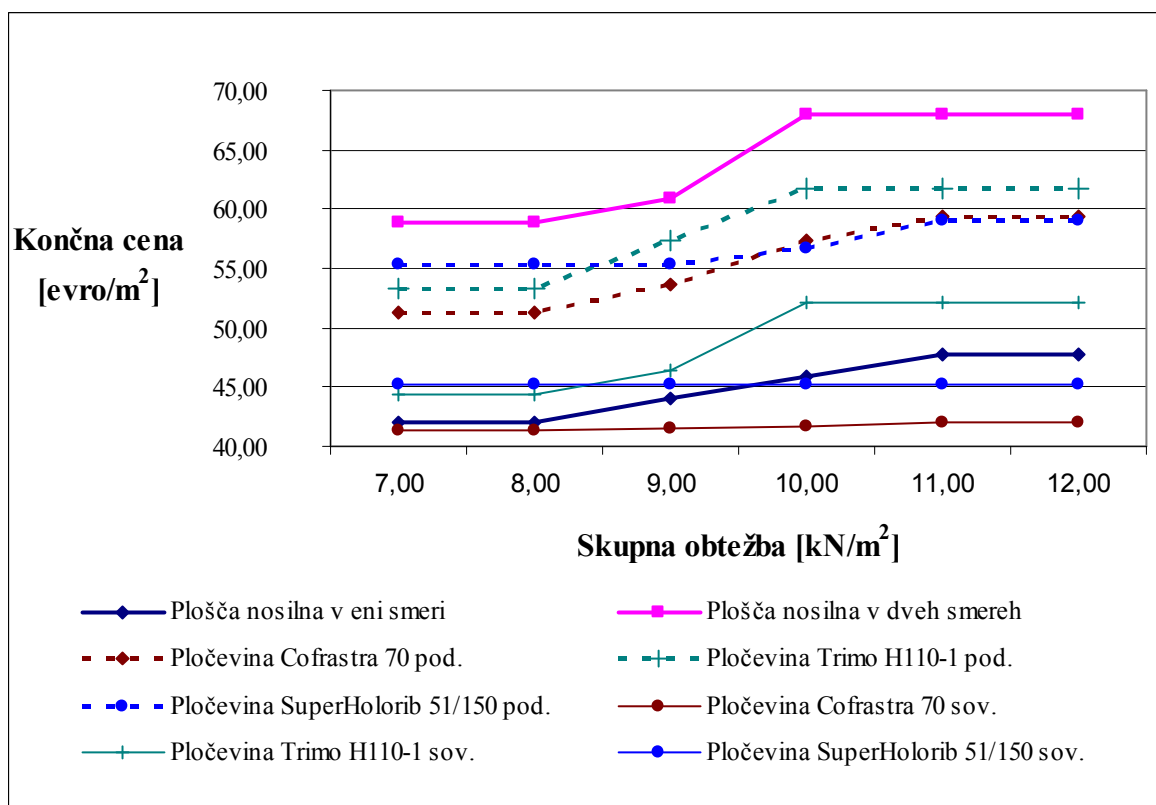
Ko gre za ploščo nosilno v dveh smereh, se izkaže, da je takšna rešitev dražja od vseh ostalih.

Pri razponih $a = 5$ in 6 m se izkaže, da je sovprežna AB plošča s cenovno najugodnejšo pločevino primernejše od klasične AB plošče nosilne v eni smeri in podrtje s klasičnim

opažem. Pri sovprežni AB plošči gre za sodelovanje pločevine in betona. To pomeni, da je poraba betona (debelina plošče je manjša) in predvsem armature bistveno manjša.



Slika 55: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu a x b = 6 x 6 m

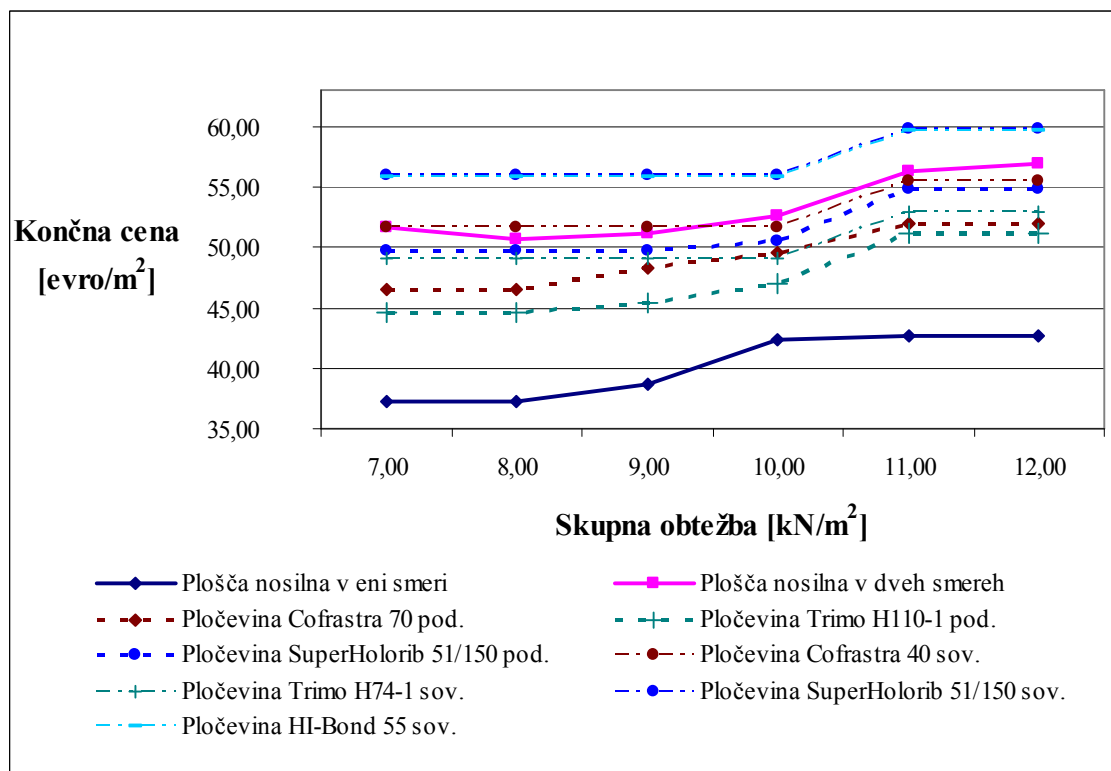


Slika 56: Cenovna primerjava klasične in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m

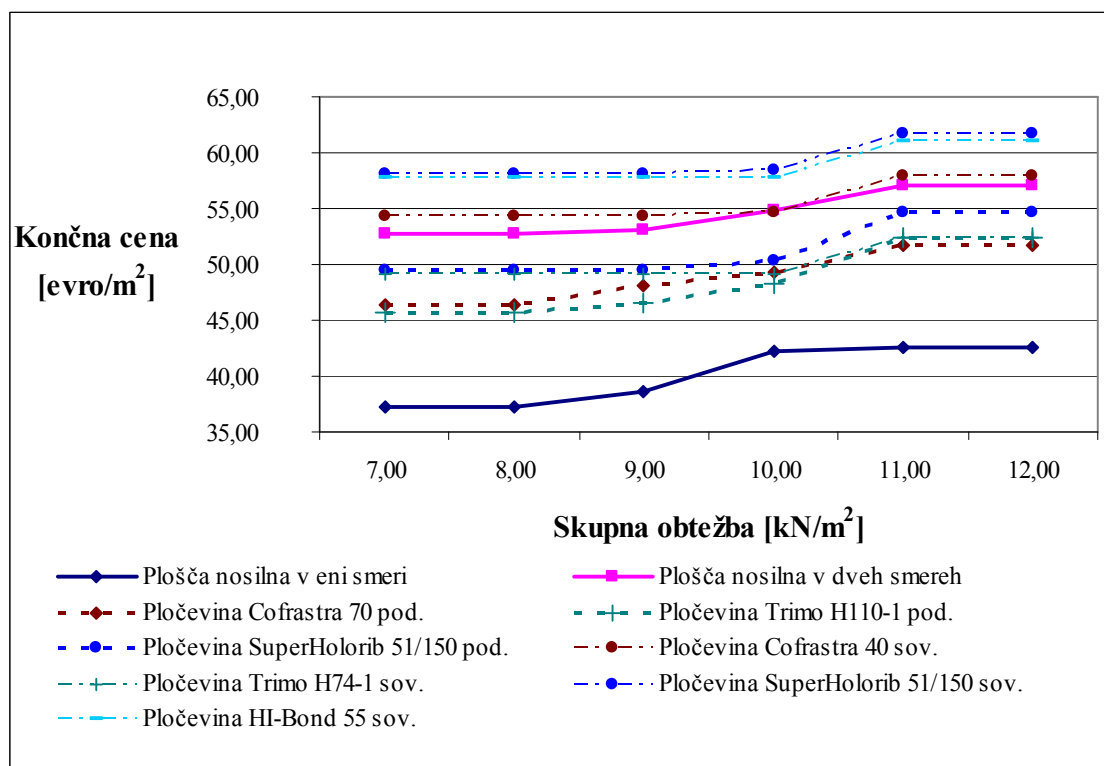
7.3 Klasična AB plošča in sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev

Zaradi boljše preglednosti, sem pri sovprežni AB plošči preko sekundarnih nosilcev posebej primerjal rešitev, kjer so sekundarni nosilci nameščeni na polovici in kjer so na tretjini razpona b. Tako prvih šest grafov prikazuje primerjavo med rešitvami, kjer so sekundarni nosilci na polovici razpona b, naslednjih šest grafov pa med rešitvami, kjer so sekundarni nosilci na tretjini razpona b.

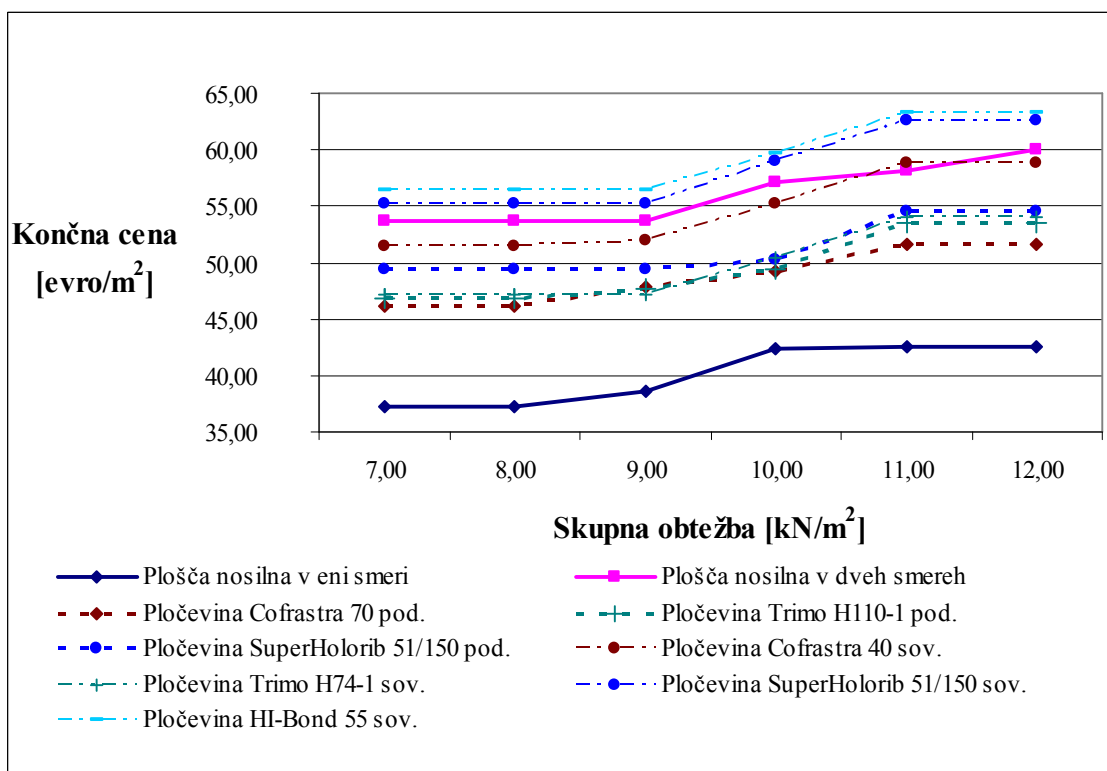
7.3.1 Sekundarni nosilec na polovici razpona b



Slika 57: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu a x b = 5 x 5 m

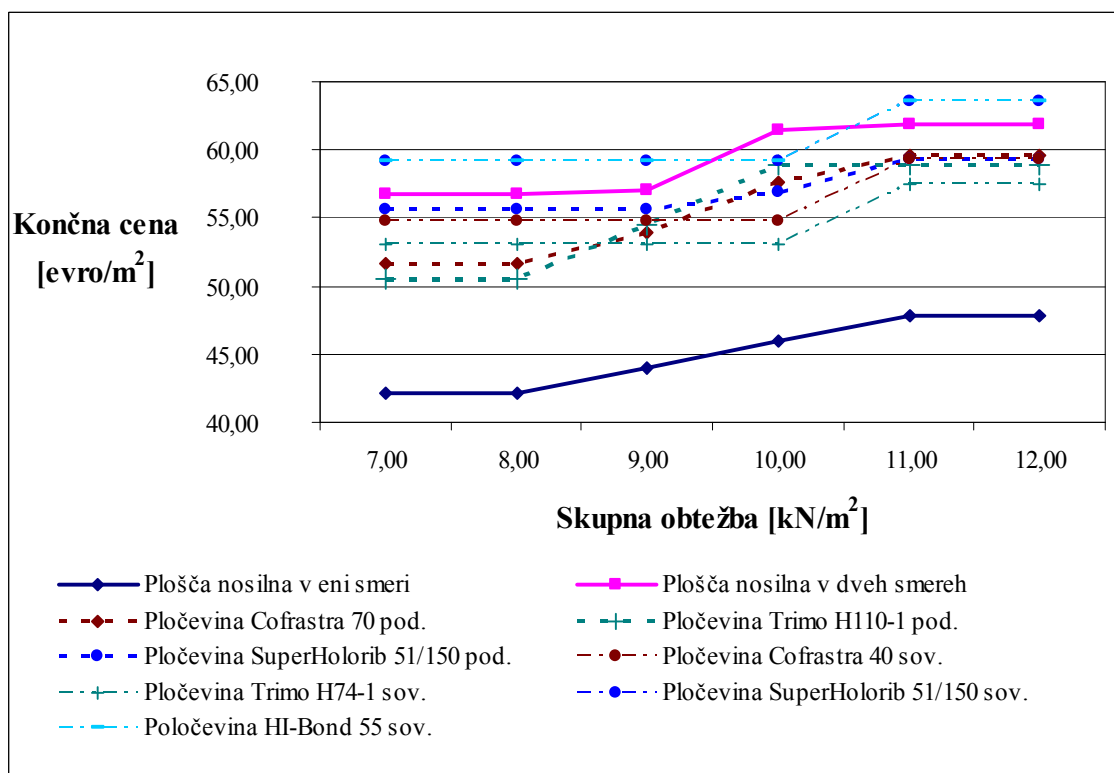


Slika 58: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu a x b = 5 x 6 m

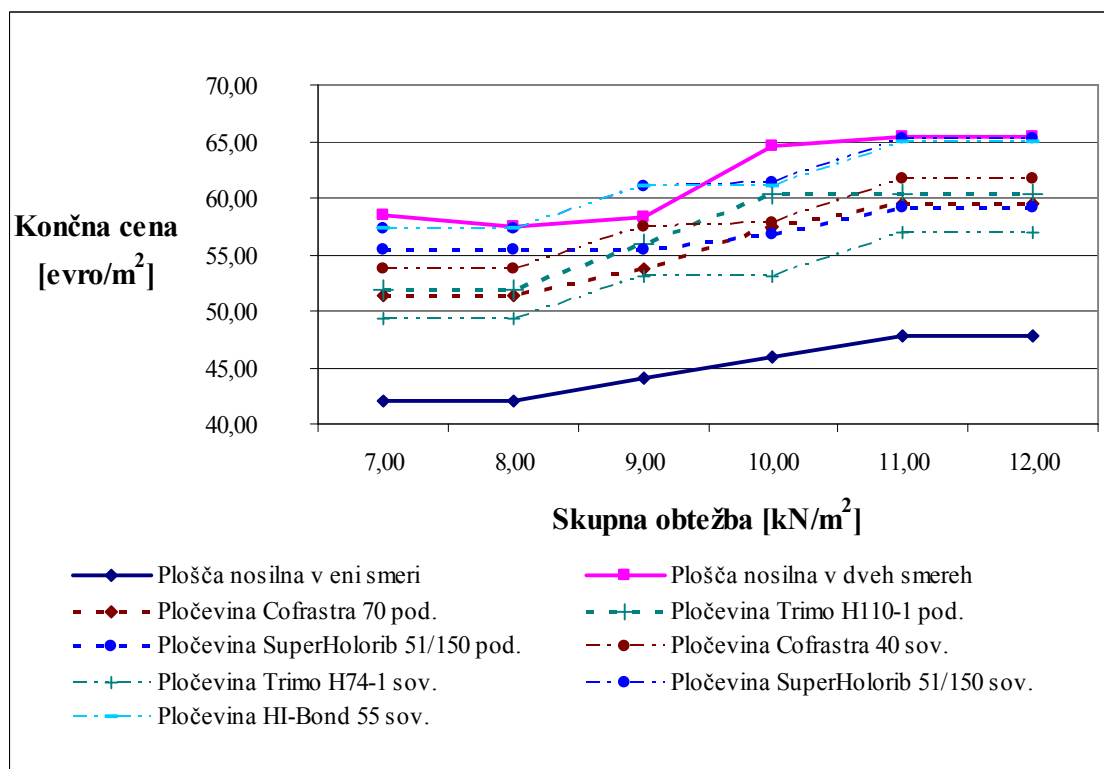


Slika 59: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu a x b = 5 x 7 m

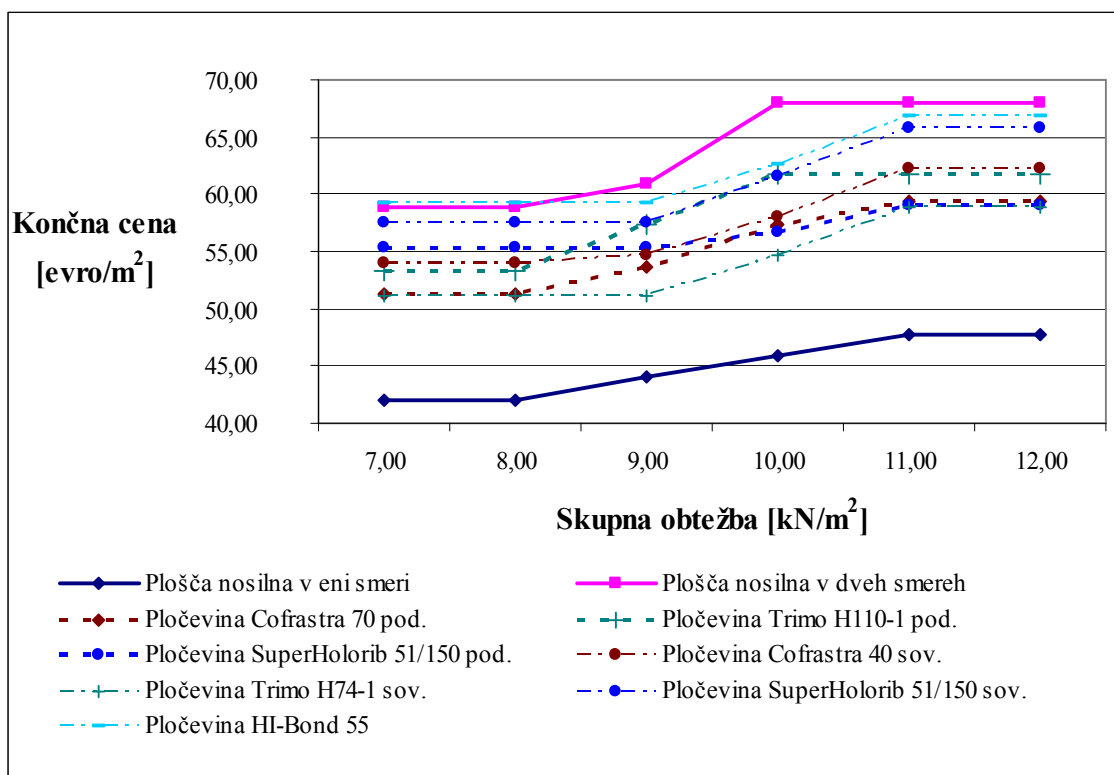
V vseh treh primerih se je izkazalo, da je klasična plošča nosilna v eni smeri bistveno cenejša od sovprežne AB plošče, ne glede na izbor pločevine. Izkazalo se je, da v primeru sovprežne AB plošče pločevina Trimo H74-1 in pločevina Cofrastra 40 pri razponu b = 5 m, cenovno konkurirata ostalim pločevinam pri podpiranju klasične AB plošče nosilne v eni smeri. Opazimo lahko tudi, da je klasična AB plošča nosilna v dveh smereh cenejša od pločevin HI-Bond 55, SuperHolorib 51/150 in od pločevine Cofrastra (b = 6 m) pri sovprežju.



Slika 60: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu a x b = 6 x 5 m



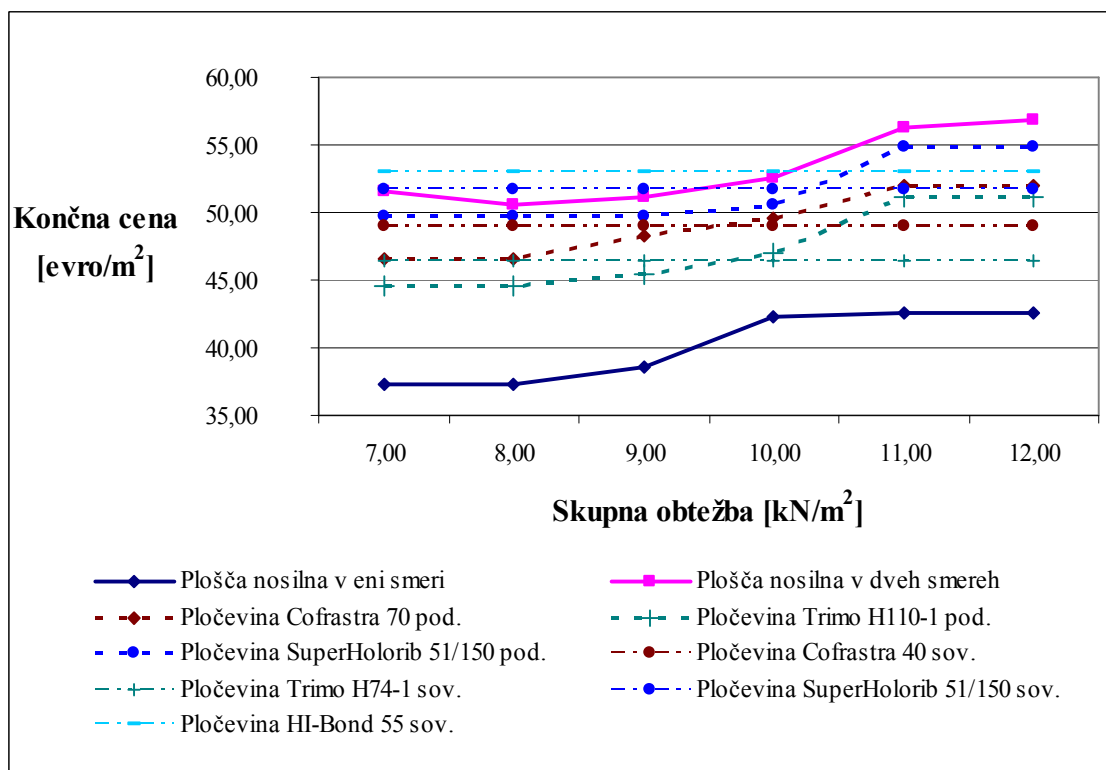
Slika 61: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu a x b = 6 x 6 m



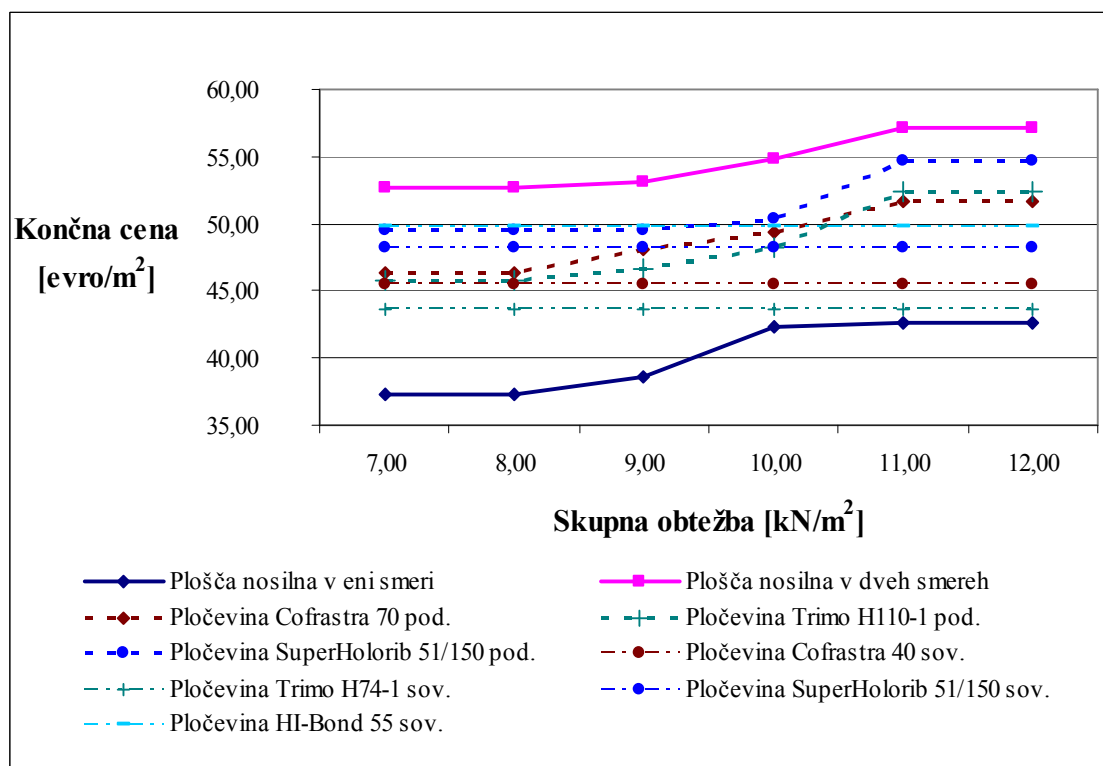
Slika 62: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na polovici razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m

Pri ostalih treh primerih se situacija ni bistveno spremenila. Plošča nosilna v eni smeri je še vedno cenejša od ostalih primerov in pločevine pri sovprežni AB plošči so konkurenčne pločevinam, ki služijo kot opaz klasični AB plošči. Za razliko od prejšnjih treh primerov, pa je pri velikih razponih plošča nosilna v dveh smereh sedaj dražja od pločevin, ki jih uporabimo pri sovprežju.

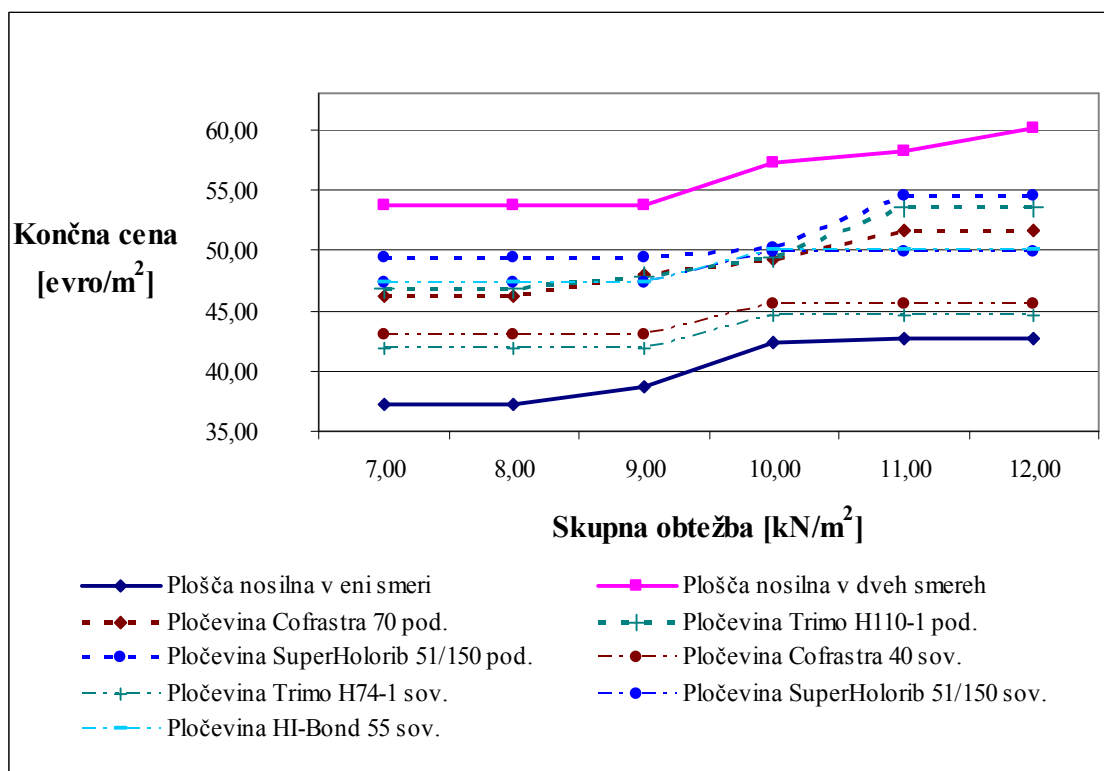
7.3.2 Sekundarni nosilec na tretjini razpona b



Slika 63: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu a x b = 5 x 5 m

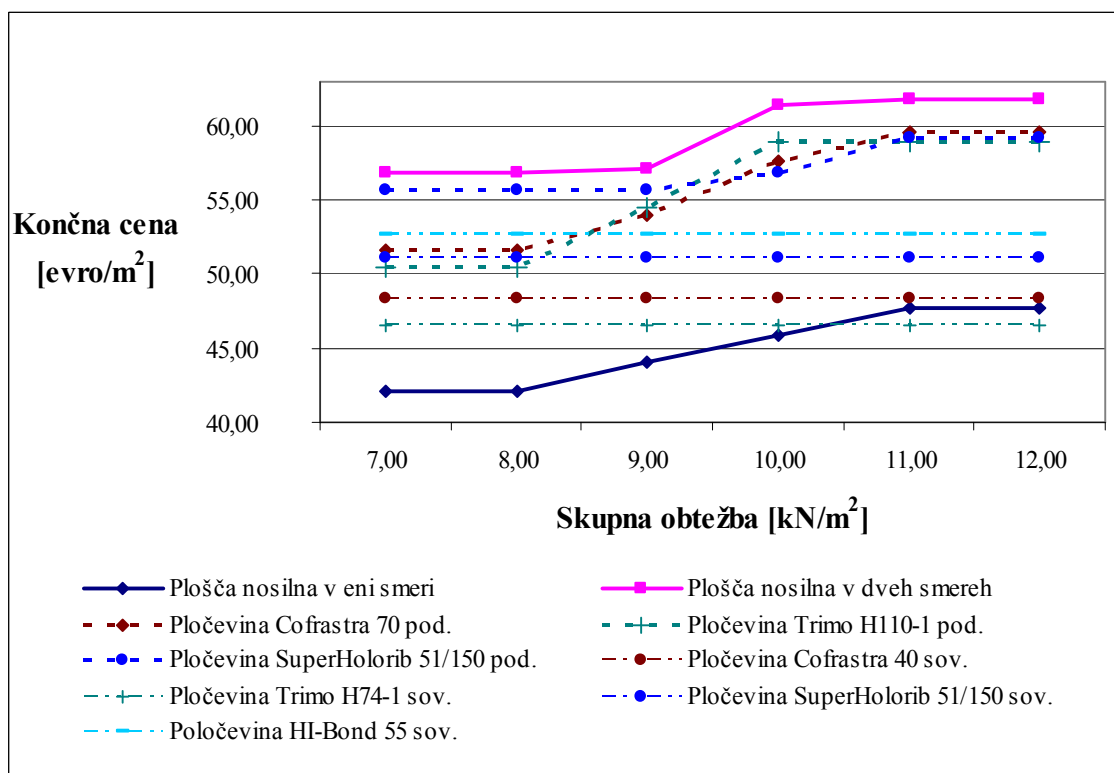


Slika 64: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu a x b = 5 x 6 m

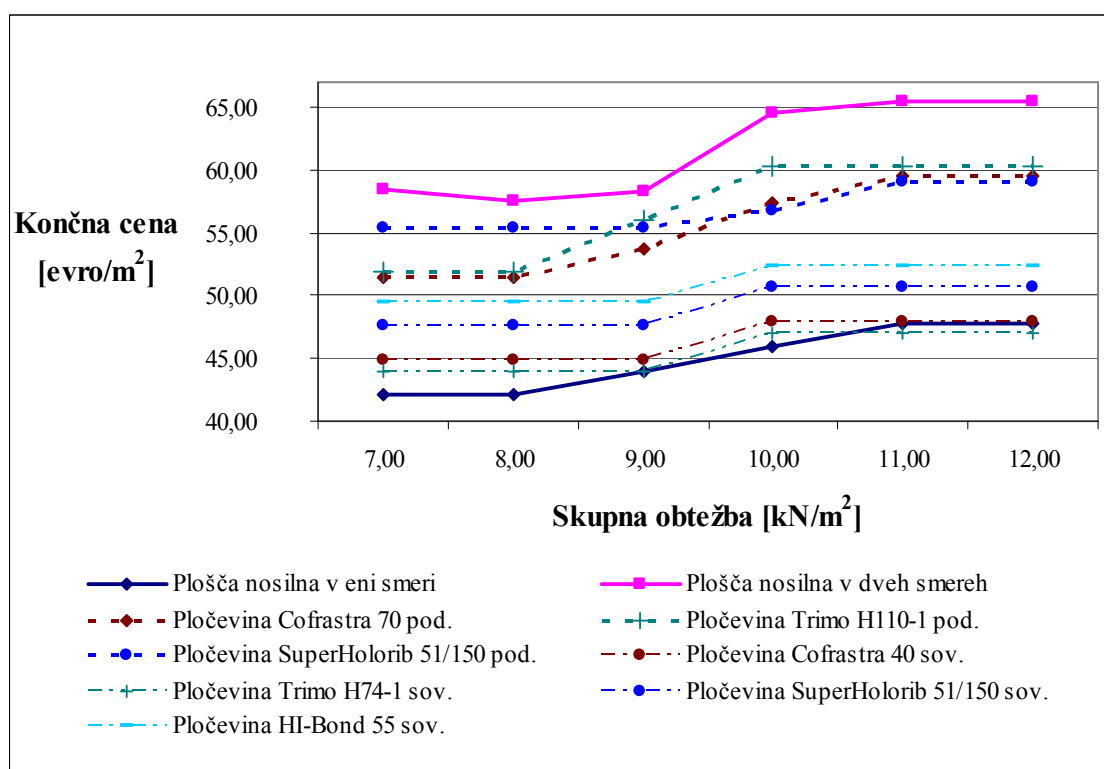


Slika 65: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 5 \times 7$ m

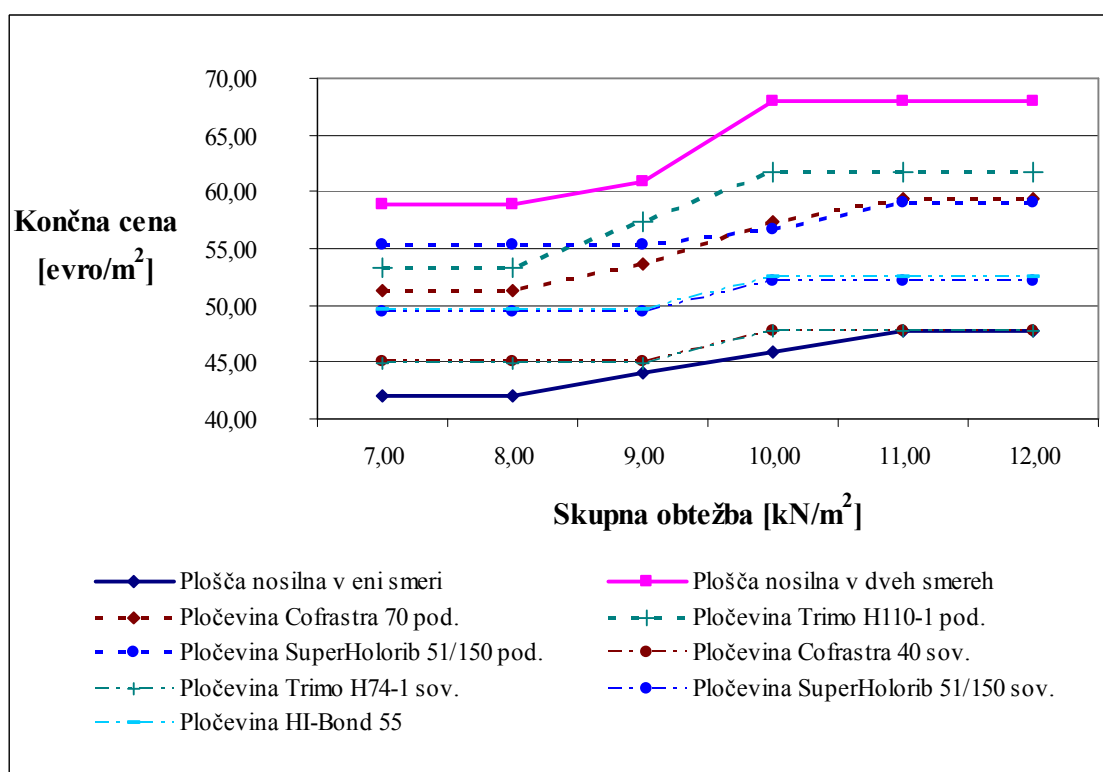
S tem ko smo dali sekundarne nosilce na tretjino razpona b, smo znižali končno ceno. Vseeno pa je klasična AB plošča nosilna v eni smeri še vedno cenejša od ostalih primerov. Vendar se z večanjem dimenzije b, cenovna razlika med klasično AB ploščo nosilno v eni smeri in pločevinami pri sovprežni AB plošči, manjša. Soovprežna AB plošča postaja pri večjih obtežbah cenovno bolj konkurenčno.



Slika 66: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu a x b = 6 x 5 m



Slika 67: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu a x b = 6 x 6 m



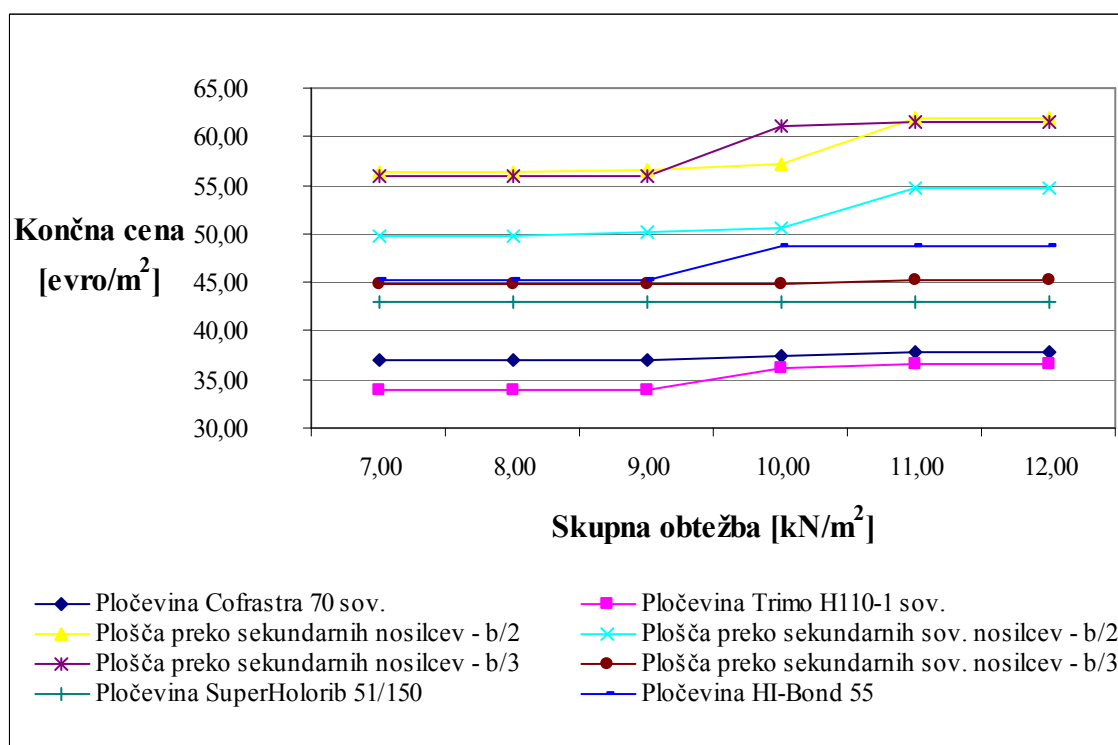
Slika 68: Cenovna primerjava klasične AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev, kateri so na tretjini razpona b pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m

Ko smo povečali razpon a , se je cena klasične AB plošče zvišala in tako so pločevine pri sovprežni AB plošči postale konkurenčnejše, vendar pa še vedno dražje od klasične AB plošče nosilne v eni smeri. Izkazalo se je, da je pri obtežbi $g = 3 \text{ kN/m}^2$ in $q = 5 \text{ kN/m}^2$ sovprežna AB plošča s pločevino Trimo H74-1 cenejša od klasične AB plošče nosilne v eni smeri, vendar se z večanjem dimenzije b ta razlika manjša.

V obeh primerih, kjer so sekundarni nosilci na polovici oz. tretjini razpona b se izkaže, da je najcenejša izvedba medetažne konstrukcije izvedba klasične AB plošče nosilne v eni smeri in podprte s klasičnim opažem. To pomeni, da je kljub vsem prednostim sovprežne konstrukcije, izvedba sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev dražja od klasične AB plošče nosilne v eni smeri in podprte s klasičnim opažem. Pri prvi plošči namreč porabimo bistveno več jekla, kar pomembno vpliva na končno ceno. Ugotovitev velja tako za sovprežno ploščo preko sekundarnih nosilcev, kjer so ti na polovici kot tudi na tretjini razpona b .

7.4 Klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev in sovprežna AB plošča

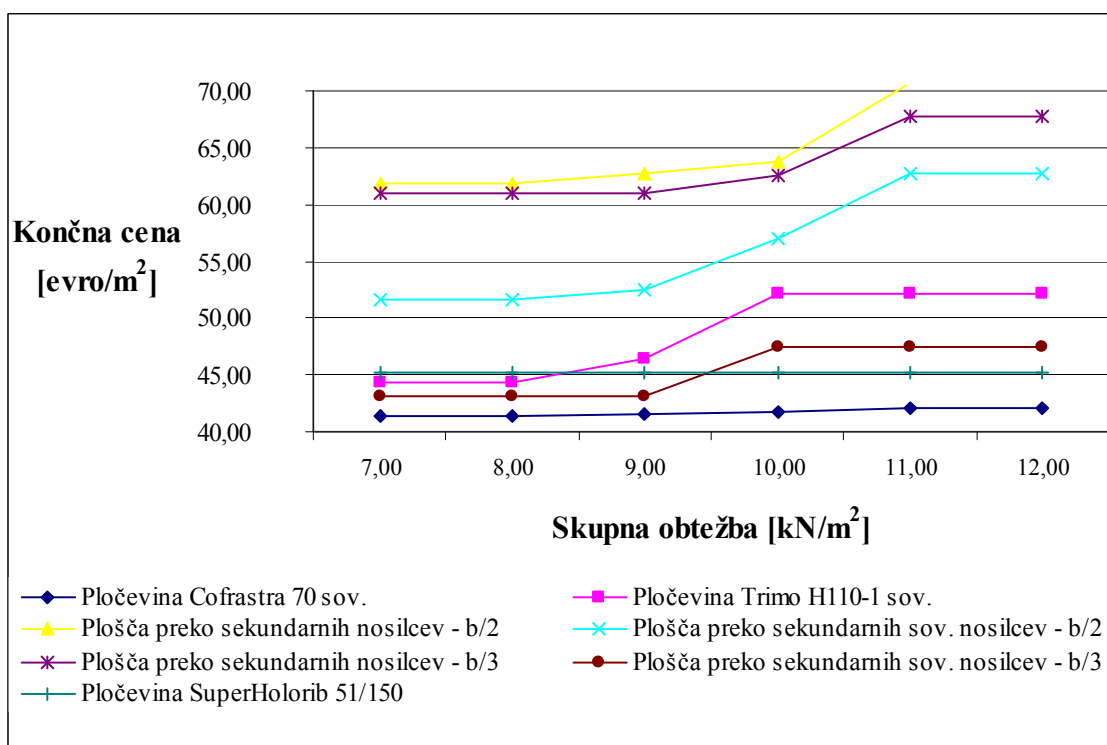
Primerjal sem klasično AB ploščo preko sekundarnih nosilcev, ki so izvedeni bodisi navadno bodisi sovprežno s sovprežno AB ploščo z omenjenimi pločevinami. Posamezne primere znotraj omenjenih dveh rešitev sem primerjal v prejšnjih poglavjih.



Slika 69: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče pri razponu a x b = 5 x 5 m

Ko sem primerjal omenjeni rešitvi, se je izkazalo, da je v vseh obtežnih primerih in razponih bolj ekonomično izbrati sovprežno AB ploščo, kot pa ploščo preko sekundarnih nosilcev. To velja predvsem pri sovprežni AB plošči s pločevinama Trimo H110-1 in Cofrastra 70. V primeru, da se odločimo za sovprežno AB ploščo s pločevino HI-Bond, je primernejše izbrati ploščo preko sekundarnih nosilcev, ki so izvedeni sovprežno in ležijo na tretjini razpona b. To velja predvsem pri večjih obtežbah in razponih. Z večanjem razponov in tudi obtežb, se celo izkaže, da je plošča preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, primernejša od pločevin SuperHolorib 51/150 in Trimo H110-1 pri sovprežni AB plošči. V tej primerjavi sem prikazal le grafa pri najmanjših in največjih razponih a in b. Iz teh grafov je razvidno, da plošča preko

sekundarnih sovprežnih nosilcev, ki ležijo na tretjini razpona b , z večanjem a in b postaja cenovno primerljiva s sovprežjem.

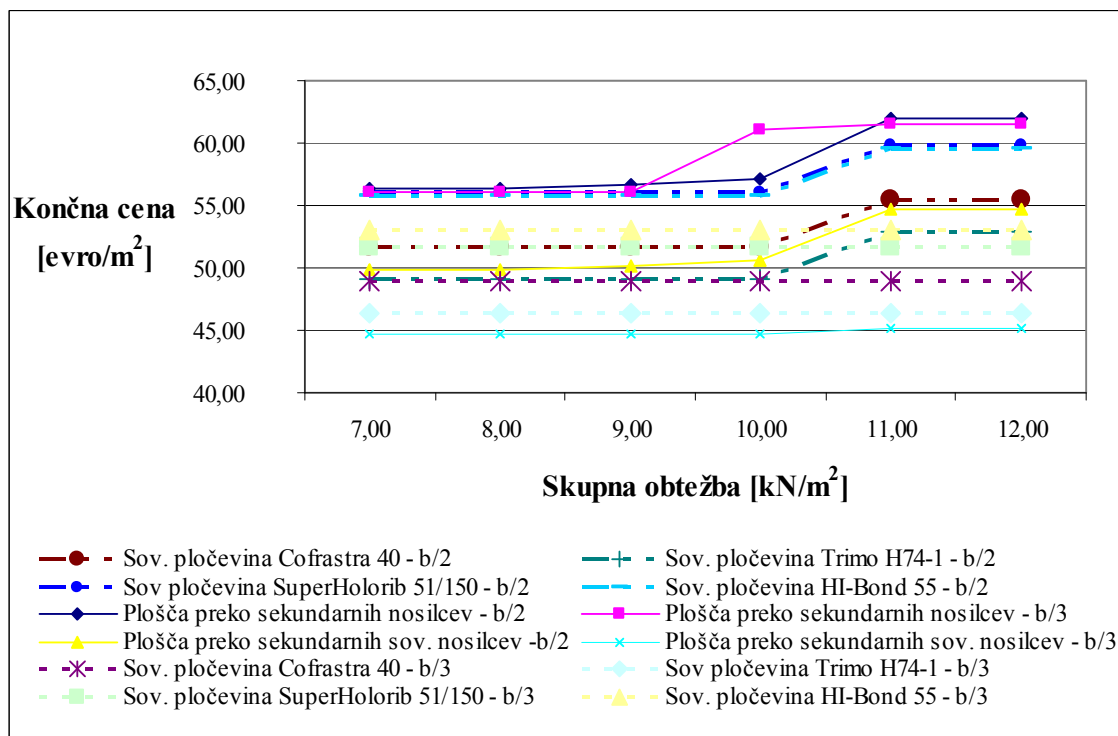


Slika 70: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m

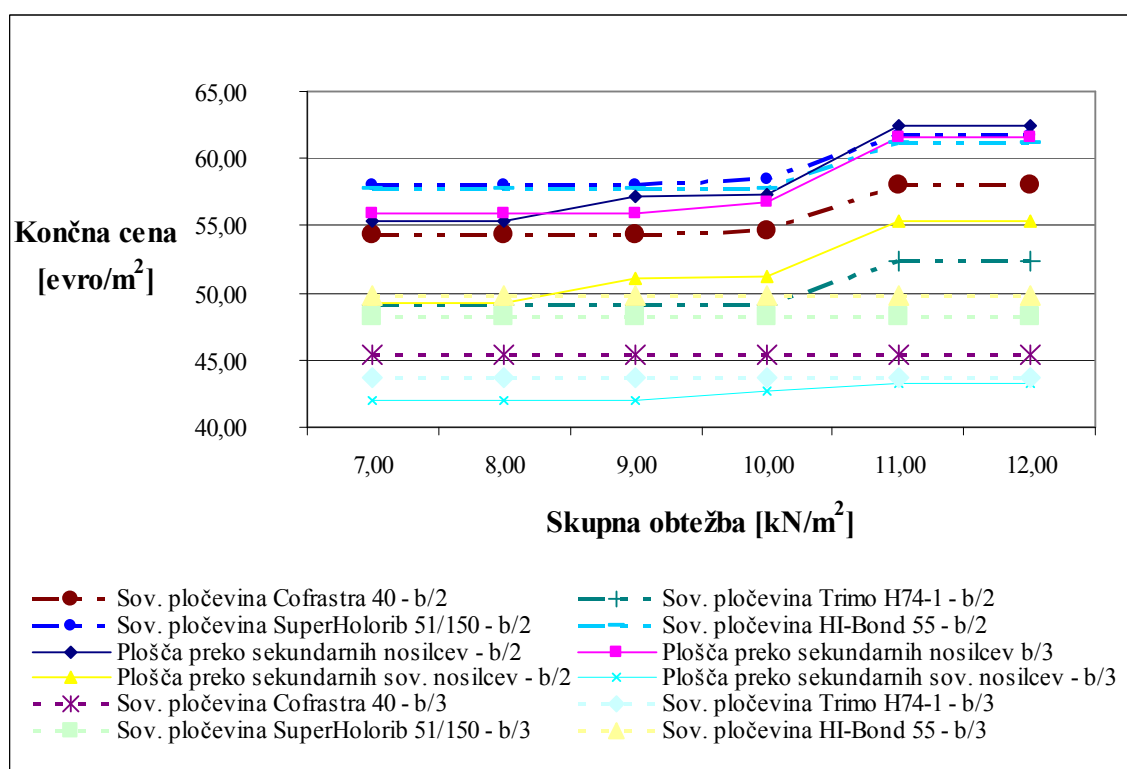
Sovprežna AB plošča s pločevino Cofrastra 70 se pri vseh razponih in obtežbah izkaže za cenovno najprimernejšo rešitev. Pri ostalih pločevinah, pa je uporabnost sovprežne AB plošče v primerjavi s klasično AB ploščo preko sekundarnih nosilcev, ki so na tretjini razpona b , odvisna od same obtežbe in razpona.

7.5 Klasična AB plošča preko sekundarnih nosilcev in sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev

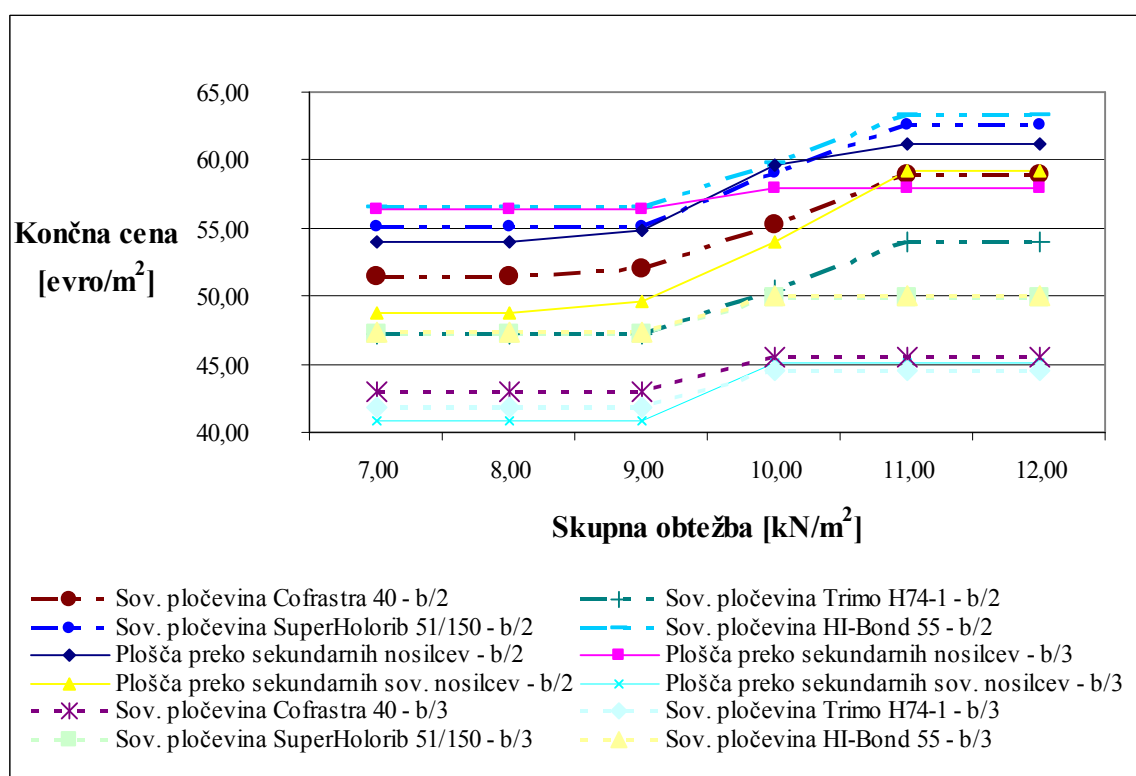
V obeh primerih plošč so sekundarni nosilci nameščeni na polovici oz. tretjini razpona b. Primerjam samo omenjeni dve rešitvi, saj sem posamezne variante znotraj njiju primerjal že v prejšnjih poglavjih.



Slika 71: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu a x b = 5 x 5 m



Slika 72: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu a x b = 5 x 6 m

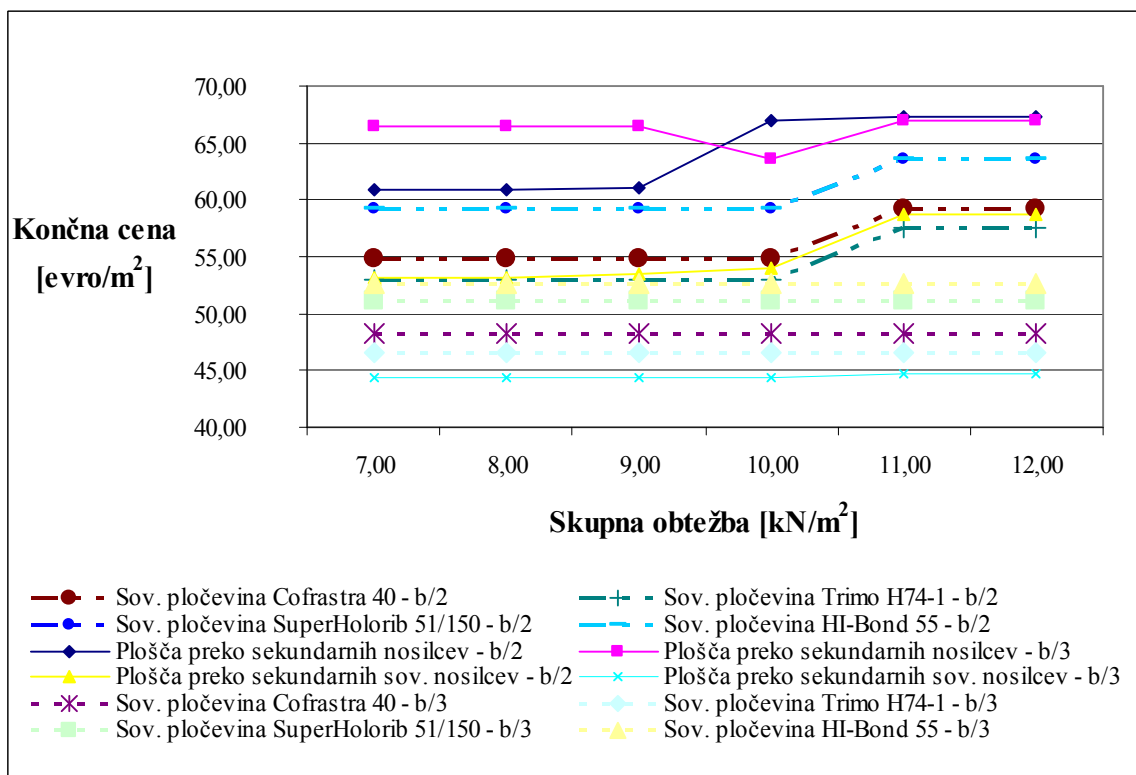


Slika 73: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu a x b = 5 x 7 m

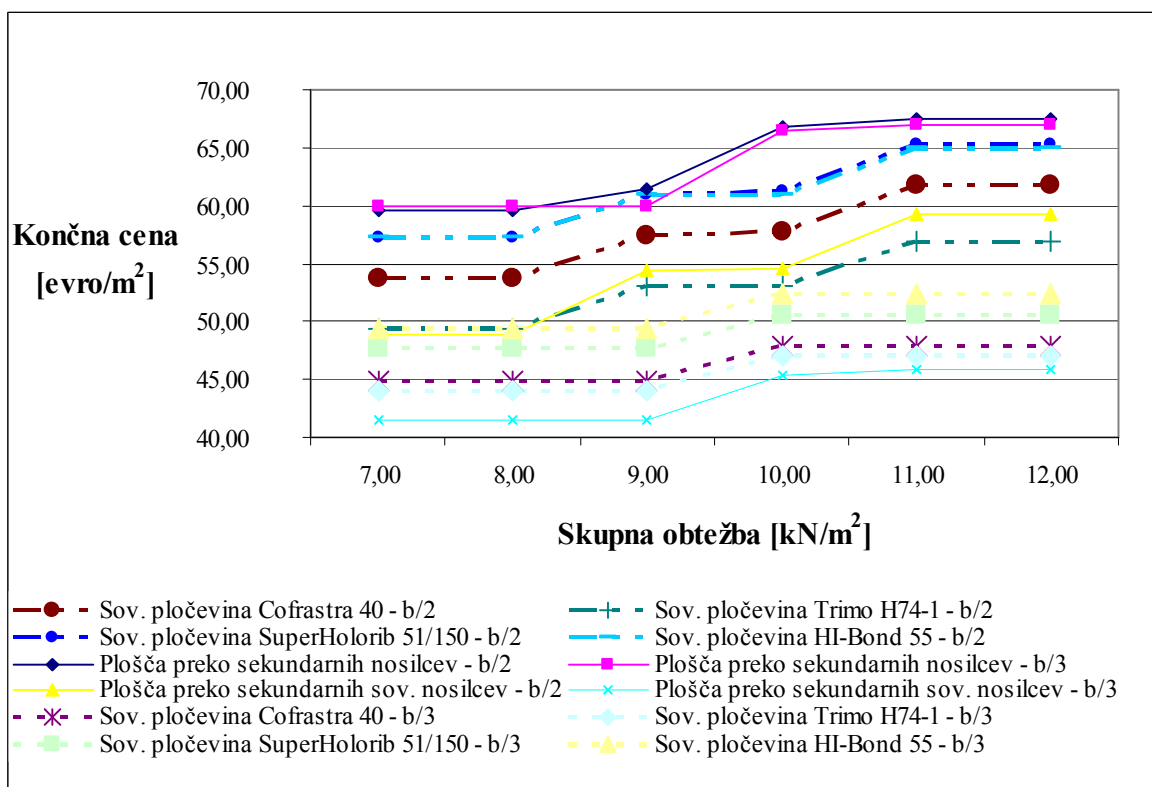
Najprej primerjajmo klasično AB in sovprežno AB ploščo, ko so sekundarni nosilci na tretjini razpona b. Iz grafa je razvidno, da je z večanja razpona b skoraj v vseh primerih izvedba klasične AB plošče preko sekundarnih sovprežnih nosilcev cenovno ugodnejša. Spremembo je opaziti le pri razponu b = 7 m in obtežbi, ki je večja ali enaka od $q = 5 \text{ kN/m}^2$. V tem primeru se namreč izkaže za cenovno ugodnejši primer sovprežne AB plošče s pločevino Trimo H74-1. Cenovno primerljivo pa je tudi sovprežna AB plošča s pločevino Cofrastra 40, in sicer pri obtežbi, ki je večja ali enaka $q = 5 \text{ kN/m}^2$. Izkaže se tudi, da je pri razponu b = 5 m ali več in pri obtežbi večji ali enaki od $q = 5 \text{ kN/m}^2$, cenovno ugodnejše izbrati sovprežno AB ploščo, kjer so sekundarni nosilci na tretjini razpona, kot pa klasično AB ploščo, kjer so sovprežni nosilci na polovici razpona. Ko primerjamo obe rešitvi (klasično in sovprežno AB ploščo), ko so sekundarni nosilci na polovici razpona b ugotovimo, da je vseh primerih sovprežna AB plošča s pločevino Trimo H74-1 cenejša od klasične AB plošče s sovprežnimi nosilci. Za vse ostale pločevine pa se izkaže, da so dražje od klasične AB plošče s sovprežnimi nosilci.

Oba primera sta odvisna le od razpona b, zato z večanjem razpona a med primeri ni bistvene razlike.

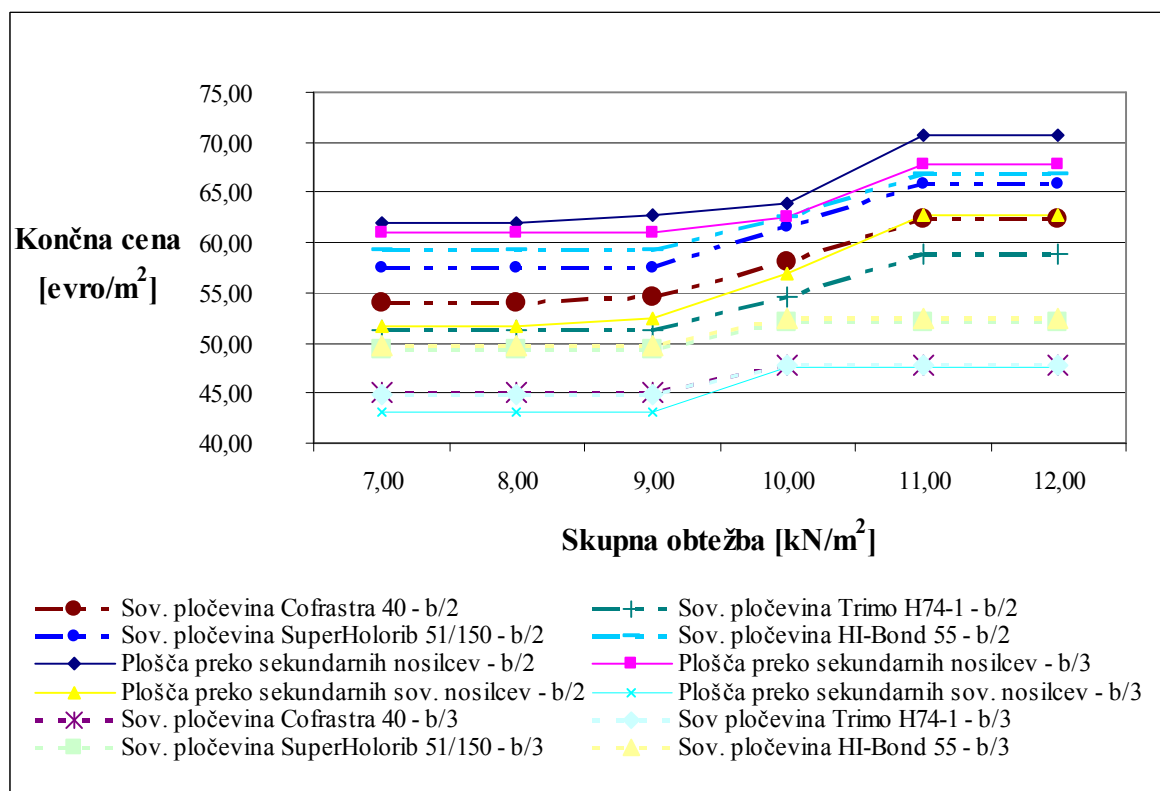
Če smo prej dejali, da je v primerjavi s sovprežno AB ploščo klasična AB plošča cenovno manj ugodna, pa v primeru, ko gre za uporabo sekundarnih nosilcev, ki so na tretjini razpona b, trditev ne velja. Pri sovprežju, kjer so sekundarni nosilci na tretjini razpona b, je sovprežna konstrukcija neizkoriščena, čeprav je bila pri dimenzioniranju upoštevana minimalna potrebna debelina plošče, potrebna armatura in debelina oz. kvaliteta pločevine. Vsekakor pa je cenovno ugodneje uporabiti sovprežno AB ploščo, če gre za klasično AB plošča preko sekundarnih nosilcev, ki so na polovici razpona b.



Slika 74: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu a x b = 6 x 5 m



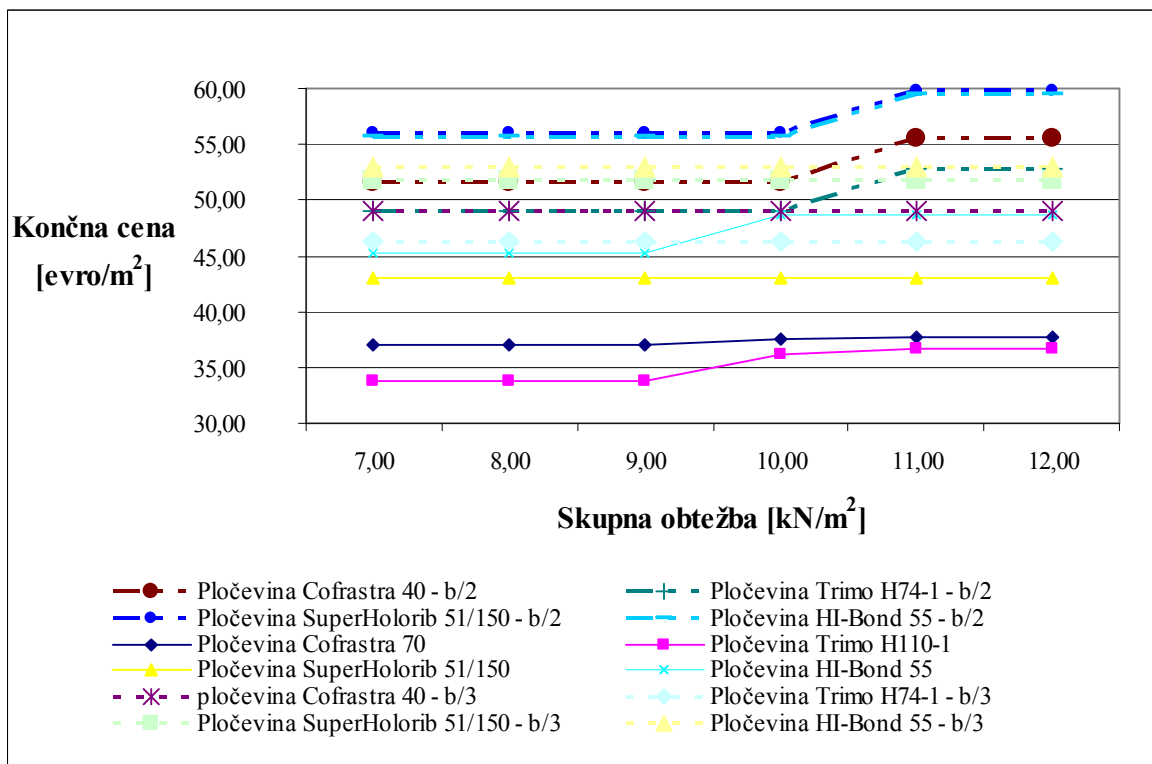
Slika 75: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 6$ m



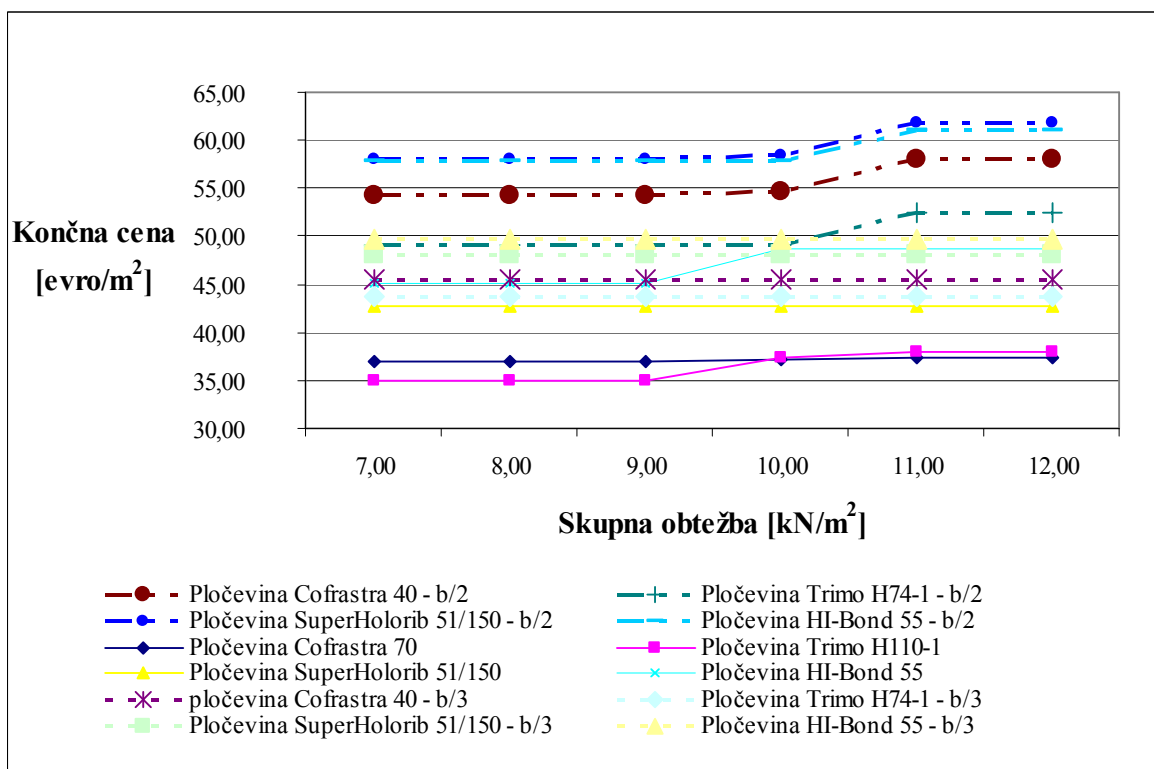
Slika 76: Cenovna primerjava klasične AB plošče preko sekundarnih nosilcev in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu $a \times b = 6 \times 7$ m

7.6 Sovprežna AB plošča in sovprežna AB plošča preko sekundarnih nosilcev

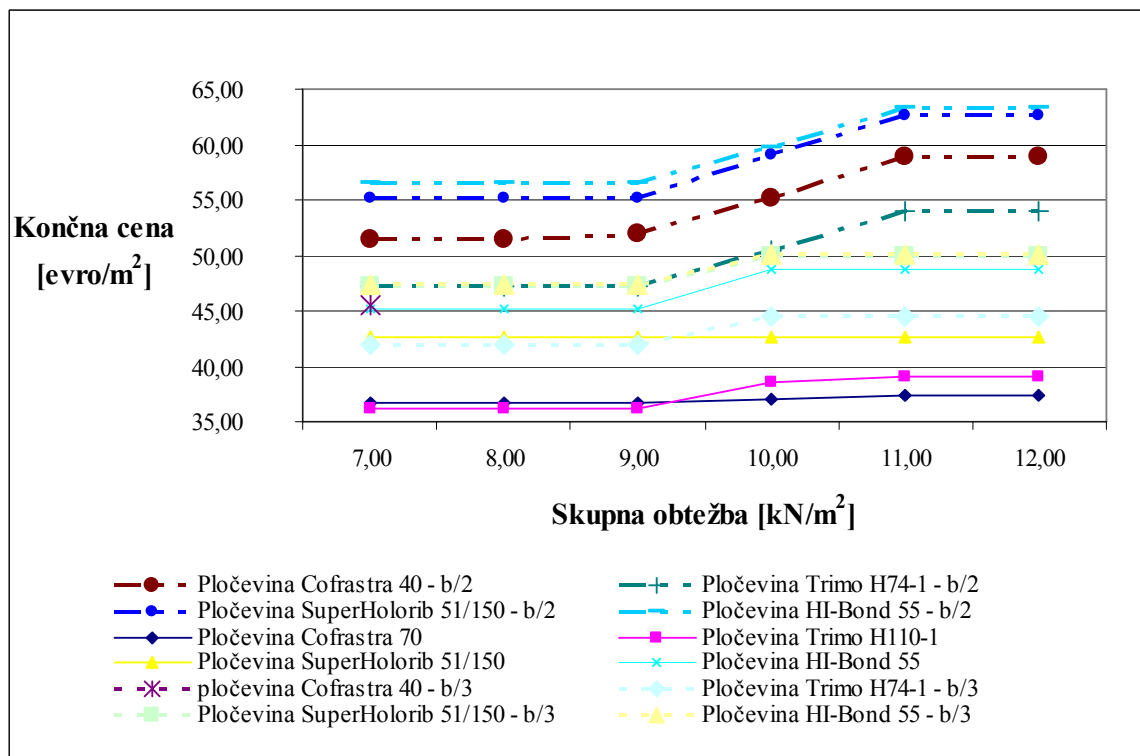
Na koncu primerjajmo še sovprežno ploščo in sovprežno ploščo preko sekundarnih nosilcev.



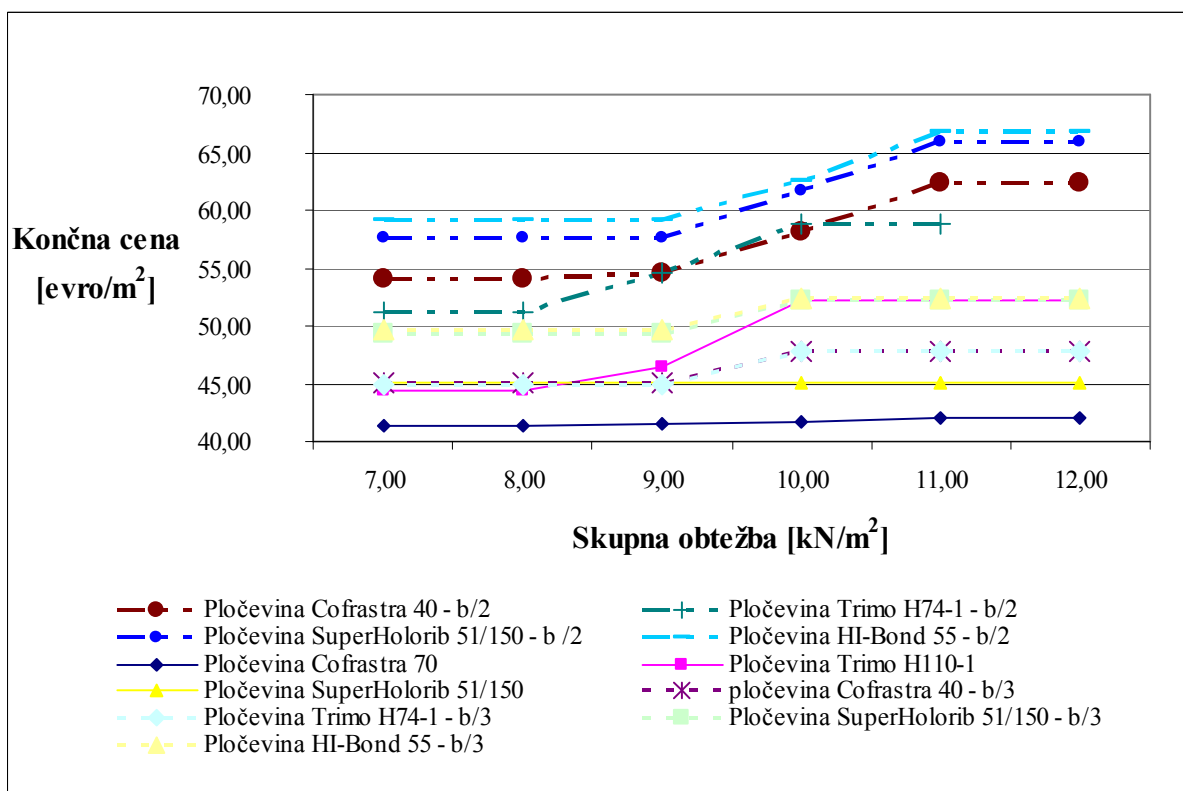
Slika 77: Cenovna primerjava sovprežne AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu a x b = 5 x 5 m



Slika 78: Cenovna primerjava sovprežne AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu a x b = 5 x 6 m



Slika 79: Cenovna primerjava sovprežne AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu a x b = 5 x 7 m



Slika 80: Cenovna primerjava sovprežne AB plošče in sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev pri razponu a x b = 6 x 7 m

Primerjava nam pokaže, da so skoraj vse pločevine pri sovprežni plošči cenovno ugodnejše od sovprežne AB plošče preko sekundarnih nosilcev. To velja tako v primeru, ko so sekundarni nosilci na polovici kot tudi v primeru, ko so na tretjini razpona b. Z večanjem razponov se razlika v ceni med primeroma manjša. Pri razponih a in b je 6 in 7 m se kot cenovno ugodnejša izkaže le pločevina Cofrastra 70 pri sovprežni AB plošči.

Pri večjih razponih (npr. 5 in 6 m) je cenovno ugodnejše uporabiti višje pločevine, kot na primer Trimo H110-1 in Cofrastra 70 ne da bi jih vmesno podpirali s sekundarnimi sovprežnimi ali navadnimi nosilci.

8 ZAKLJUČEK

Izbira ustreznega nosilnega sistema je med drugim odvisna tudi od razpoložljive tehnologije, vrste gradnje in drugo. S cenovno primerjavo vseh izbranih primerov, za določen razpon in določeno obtežbo lažje izberemo tip stropu. Pri klasični AB plošči preko sekundarnih nosilcev, kjer je izvedba le teh lahko navadna ali pa sovprežna, sem za primerjavo z ostalimi primeri izbral le klasično AB ploščo preko sekundarnih sovprežnih nosilcev. Tako pri sovprežjih kot tudi pri podpiranju s pločevino, sem za primerjavo izbral pločevina Cofrastra, saj se je le ta izkazala za najbolj ekonomično pločevino.

V naslednjih straneh so prikazani štiri grafi. Prva grafa (sliki 81 in 82) prikazujeta primerjavo različnih vrst tipov stropov v odvisnosti od obtežbe, pri najmanjšem oz. največjem razponu a in b. Druga dva grafa (sliki 83 in 84) pa prikazujeta primerjavo različnih vrst tipov stropov v odvisnosti od razpona a in b, pri največji oz. najmanjši obtežbi.

Če primerjamo vse štiri grafe, lahko vidimo, da med cenejše oz. bolj konkurenčne tipe stropov spadata na prvem mestu klasična AB plošča s klasičnim opaževanjem in sovprežna AB plošča. Relativno cenovno ugodna je tudi klasična AB plošča podprta s klasičnim opažem, preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, kjer so nosilci na tretjini razpona b. Med dražjimi tipi stropov pa je na prvem mestu vsekakor klasična AB plošča podprta s pločevino preko sekundarnih nosilcev, ki so na polovici razpona b.

Med cenejše tipe stropov spadata klasična AB plošča podprta s klasičnim opažem in pa sovprežna AB plošča. Na cenovno konkurenčnost med njima pa v konkretnem primeru vpliva izbor pločevine pri sovprežni AB plošči. Če velja, da je sovprežna AB plošča najprimernejša pri velikih razponih in velikih obtežbah, hkrati velja, da sta izmed izbranih pločevin najcenejši Cofrastra 70 in Trimo H110-1. Slednja sicer z večanjem razpona in obtežbe postane dražja in zato manj konkurenčna v primerjavi z ostalimi pločevinami. Če smo prej dejali, da je v primerjavi s sovprežno AB ploščo klasična AB plošča cenovno manj ugodna, pa v primeru, ko gre za uporabo sekundarnih nosilcev, ki so na tretjini razpona b, trditev ne velja. Vsekakor pa je cenovno primernejše uporabiti sovprežno AB ploščo preko sekundarnih sovprežnih

nosilcev, če je klasična AB plošča preko sekundarnih sovprežnih nosilcev, ki so na polovici razpona b. Ko primerjamo klasično AB ploščo in klasično AB ploščo preko sekundarnih nosilcev lahko rečem, da je uporabnost slednje izvedbe cenovno primernejše pri razponih večjih od 5 m.

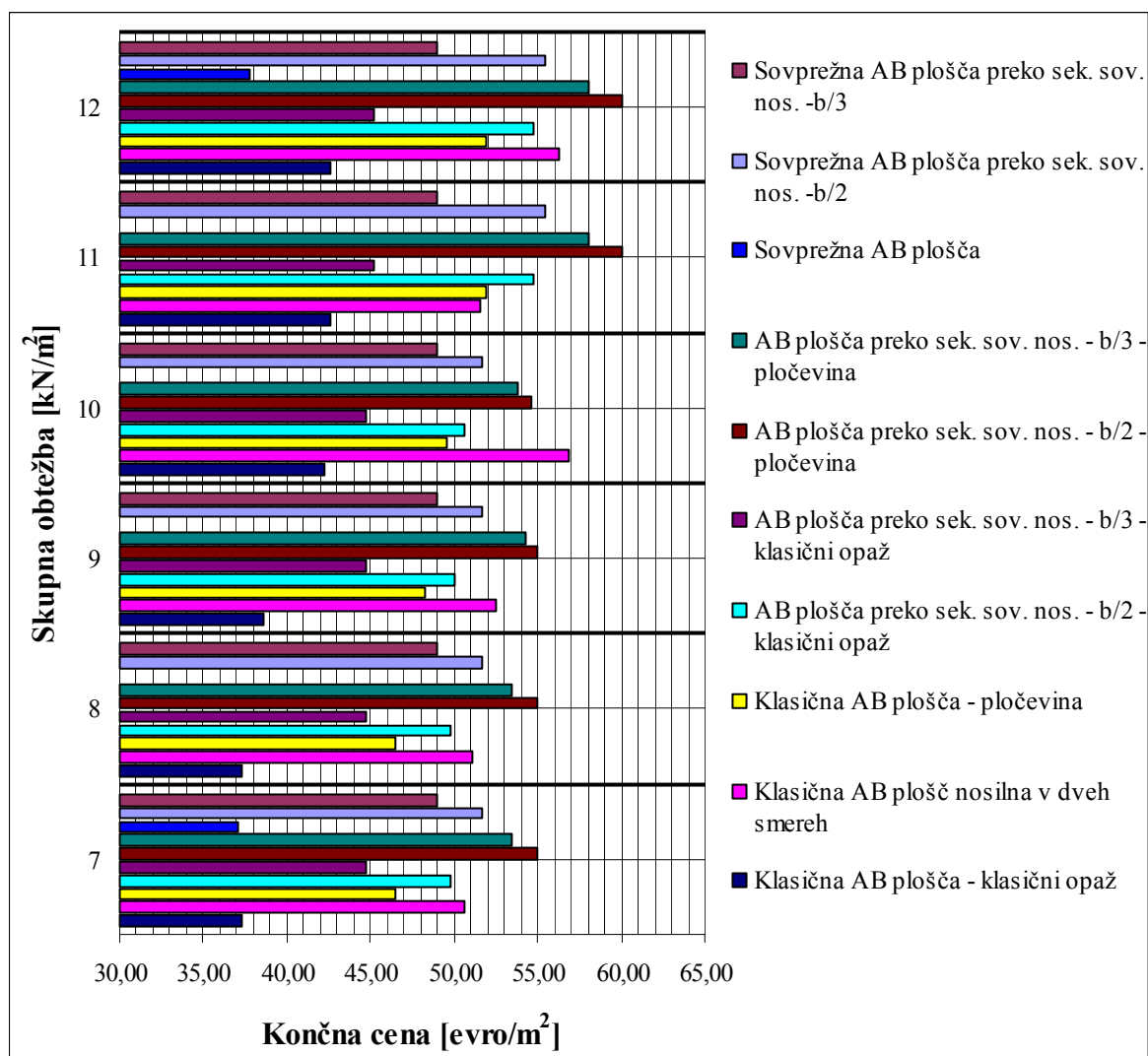
Pri sami sovprežni AB plošči smo imeli primer kjer je šlo za klasično AB ploščo in klasično AB ploščo podrti s sekundarnimi nosilci. Izkaže se da je pri večjih razponih cenovno ugodneje uporabiti višje pločevine, kot na primer Trimo H110-1 in Cofrastra 70 ne da bi jih vmesno podpirali s sekundarnimi sovprežnimi ali navadnimi nosilci.

Pri klasični AB plošči sem primerjal dve opciji podpiranja, in sicer klasično podpiranje in pa podpiranje s pločevino. V obeh primerih, tako pri klasični AB plošči kot tudi pri klasični AB plošči preko sekundarnih nosilcev se je izkazalo, da je podpiranje s pločevino kljub prednostmi, ki jih ima ta tip medetažne konstrukcije, dražje od klasičnega podpiranja. Če se kljub temu odločimo, da bomo AB ploščo podpirali s pločevino, pa je cenovno primernejše izbrati pločevini Trimo H110-1 oz. H74-1 ter pločevino Cofrastra 70 in Cofrastra 40.

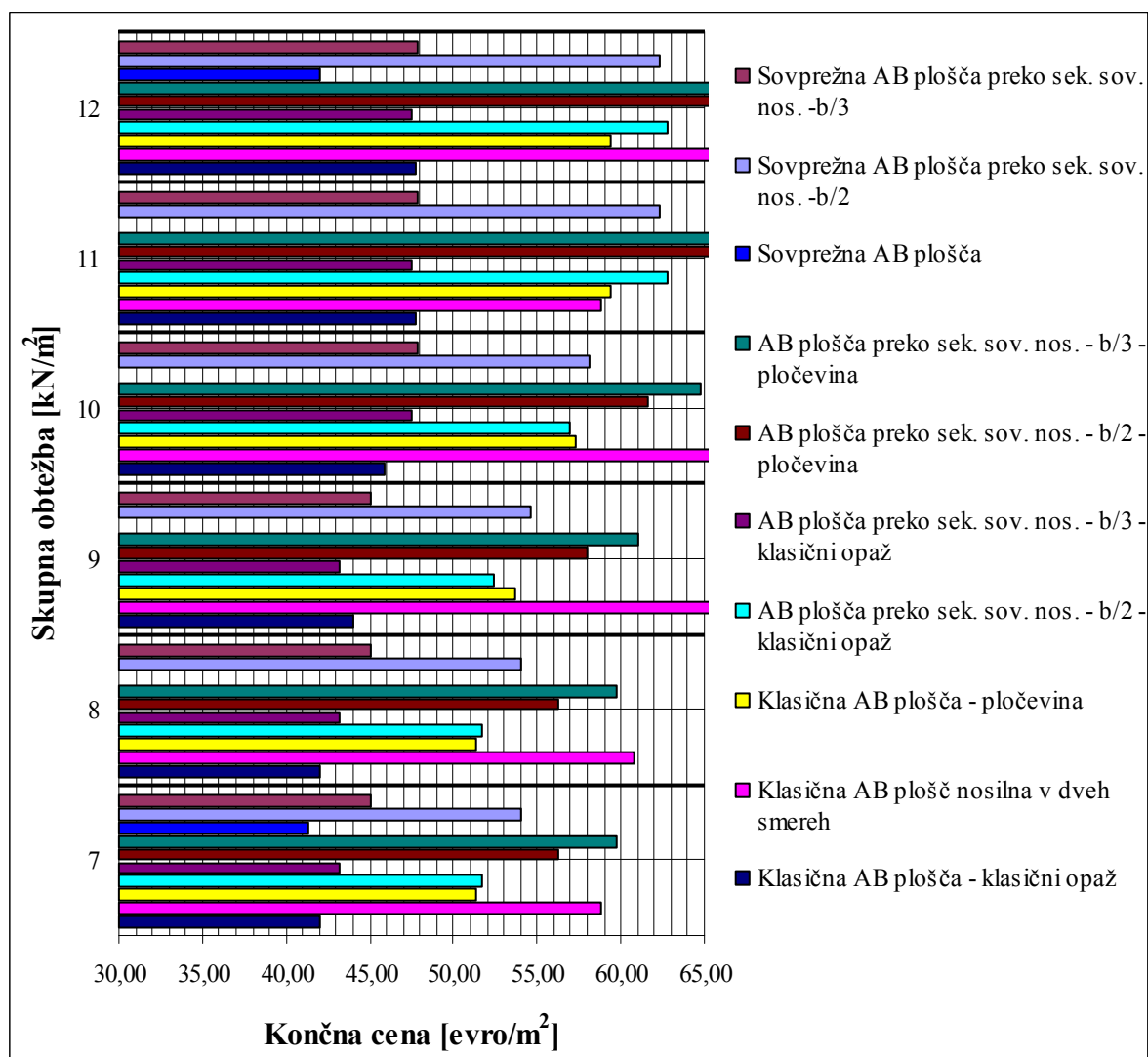
V primeru, če uporabimo pločevino (pri tem je le ta v prvem primeru mišljena samo kot opaž, v drugem pa kot opaž in za sovprežje), se izkaže, da je drugi primer cenejši, kar je bilo tudi pričakovati. Da bi zadostili dani obremenitvi, smo namreč v prvem primeru porabili več materiala, tako betona kot tudi armature, kar je pomembno vplivalo na končno ceno izvedbe.

Pri klasični in prav tako pri sovprežni AB plošči preko sekundarnih nosilcev imamo primer, kjer so sekundarni nosilci na polovici in primer, kjer so na tretjini razpona b. Tako pri klasični kot tudi pri sovprežni AB plošči sem pri primerjavi upošteval, da je izvedba sekundarnih nosilcev sovprežna. Izkaže se, da je v obeh primerih (pri klasični in sovprežni AB plošči) ceneje izbrati več sekundarnih sovprežnih nosilcev oz. sekundarne nosilce namestiti na tretjino razpona b. To torej velja samo v primeru, ko uporabimo sovprežne nosilce. Pri navadnih nosilcih se namreč izkaže, da sta si rešitvi (sekundarni nosilci na polovici oz. tretjini razpona b) cenovno primerljivi. Izkaže se, da je pri večjih razponih in večjih obtežbah cenovno ugodneje uporabiti večje število sekundarnih nosilcev.

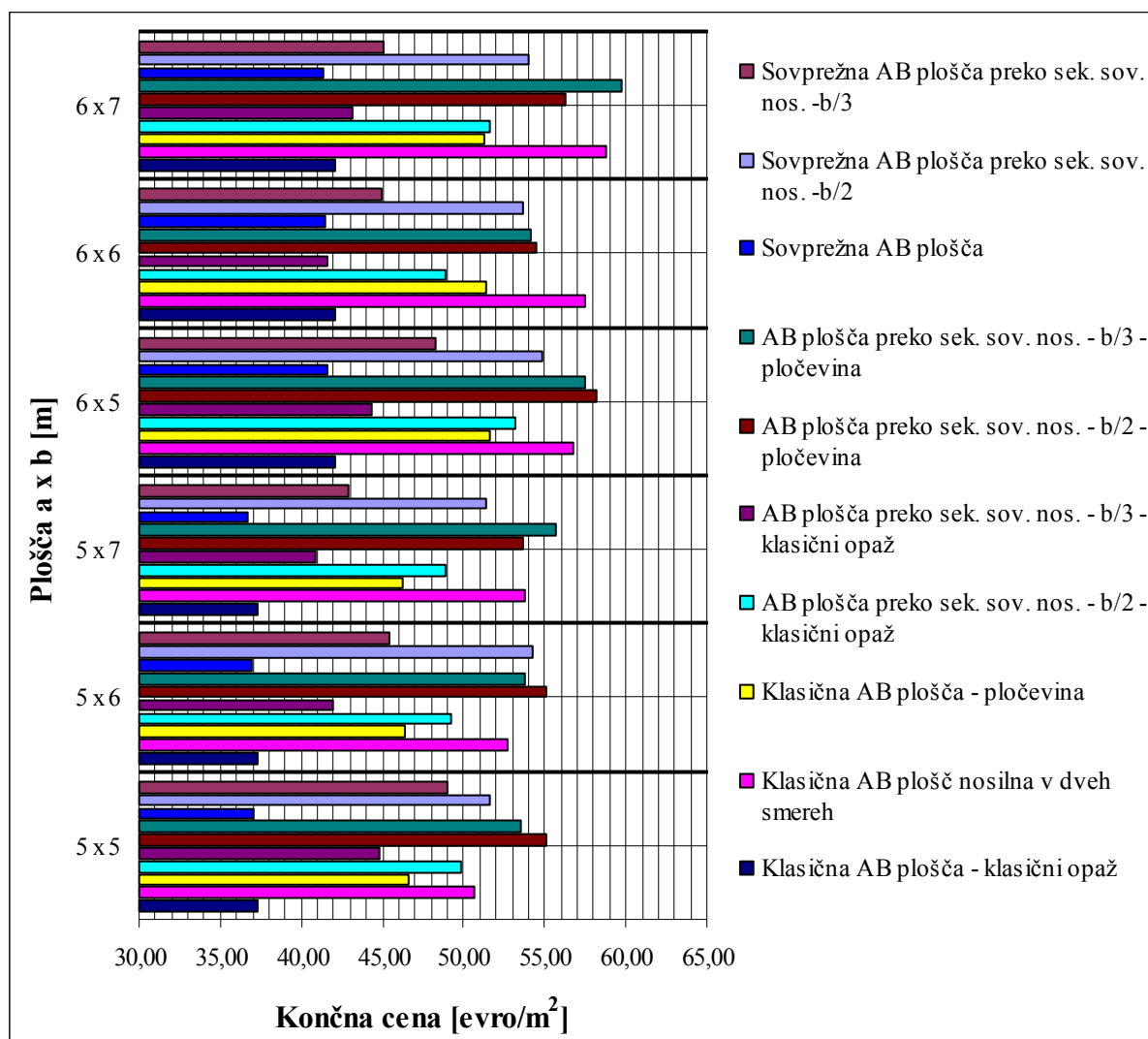
Izkazalo se je, da je pločevina Cofrastra 70 v primerjavi s pločevino Trimo H110-1 v nekaterih primerih cenovno ugodnejša, kljub temu, da ima pločevino Trimo H110-1 večjo nosilnost pri istem prerezu pločevine. Da bi še povečali konkurenčnost pločevine Trimo, bi bilo potrebno cene pločevin približati ostalim konkurenčnim pločevinam. Ob visoko postavljenih cenah pločevin Trimo se izkaže, da je cenovno ugodneje uporabiti pločevine nižje kvalitete in manjših debelin, ki so cenejše, ter le te večkrat podpirati. Ob upoštevanju komponente časa je bistveno, da je podpiranja pločevin v montažnem stanju čim manj, saj praksa stremi za kvalitetnimi in relativno hitrimi rešitvami.



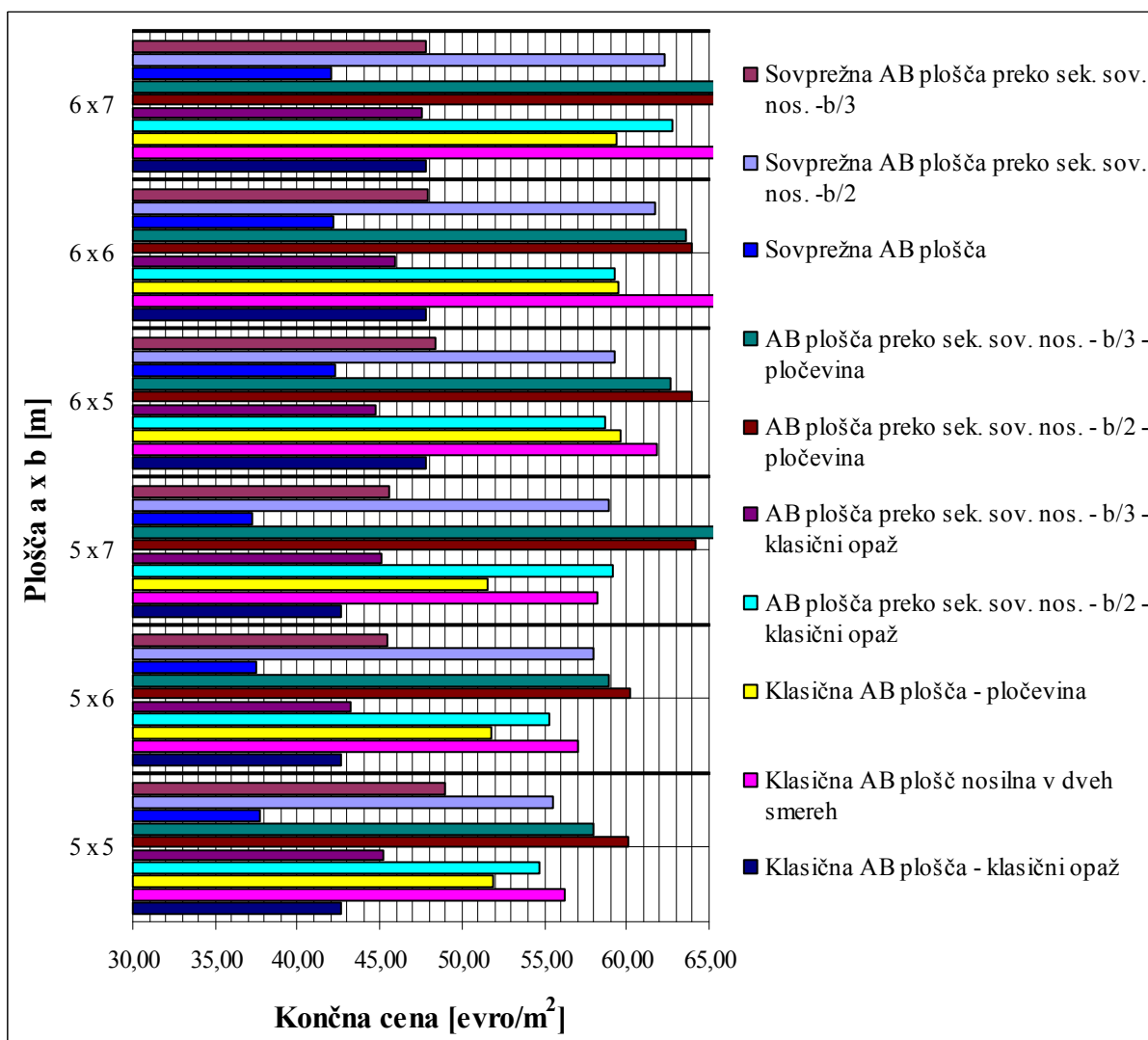
Slika 81: Cenovna primerjava različnih nosilnih sistemov za razpon a x b = 5 x 5 m



Slika 82: Cenovna primerjava različnih nosilnih sistemov za razpon a x b = 6 x 7 m



Slika 83: Cenovna primerjava različnih nosilnih sistemov za obtežbo 7 kN/m²



Slika 84: Cenovna primerjava različnih nosilnih sistemov za obtežbo 12 kN/m²

VIRI

Beg, D. 1999. Projektiranje jeklenih konstrukcij po evropskem predstandardu ENV 1993-1-1. 2. izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: 219 str.

EN 1994 – 1 – 1, Projektiranje sovprežnih konstrukcij iz jekla in betona, Splošna pravila in pravila za stavbe. Slovenski prevod (osnutek), prevedel dr. Leon Hladnik.

Beg, D., L., Hladnik, P., Skeber, L., Pavlovčič, P., Može, J., Klopčič, S., Kuder, I 2004. Nova profilirana pločevina za sovprežne stropove. Razvojno-raziskovalna naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za metalne konstrukcije: 135 f.

Analiza TRIMO HI-Bond sovprežnih stropov

<http://www.verbund-decke.de> (21. 01. 2006)

<http://www.holorib.de> (21. 01. 2006)