

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Morgan, R., 2016. Tabele nosilnosti vijačenih stikov IPE nosilcev s podaljšano čelno pločevino. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Može, P.): 40 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5922/>

Datum arhiviranja: 17-10-2016

University
of Ljubljana
Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Morgan, R., 2016. Tabele nosilnosti vijačenih stikov IPE nosilcev s podaljšano čelno pločevino. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Može, P.): 40 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5922/>

Archiving Date: 17-10-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

ROK MORGAN

**TABELE NOSILNOSTI VIJAČENIH STIKOV IPE
NOSILCEV S PODALJŠANO ČELNO PLOČEVINO**

Diplomska naloga št.: 268/B-GR

**RESISTANCE TABLES OF IPE BEAM-TO-BEAM
CONNECTIONS WITH EXTENDED END PLATE**

Graduation thesis No.: 268/B-GR

Mentor:

doc. dr. Primož Može

Ljubljana, 22. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani študent Rok Morgan, vpisna številka 26110706, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Tabele nosilnosti vijačenih stikov IPE nosilcev s podaljšano čelno pločevino

IZJAVLJAM

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V: _____

Datum: _____

Podpis študenta:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	<u>624.014.2:624.046.2(043.2)</u>
Avtor:	Rok Morgan
Mentor:	doc. dr. Primož Može
Naslov:	Tabele nosilnosti vijačenih stikov IPE nosilca s podaljšano čelno pločevino
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	str. 40, pregl. 8, sl. 32, en. 138, pril. 3
Ključne besede:	Vijačen spoj, komponentna metoda, nosilnost, dimenzioniranje spojev, vijaki, čelna pločevina

Izvleček

V svoji diplomski nalogi sem poračunal nosilnosti vijačenih stikov IPE nosilcev s podaljšano čelno pločevino, z uporabo komponentne metode. Najprej sem na splošno predstavil katere kontrole je potrebno upoštevati pri dimenzioniranju tega spoj. Ugotovil sem, da je potrebnih 15 kontrol. Nato sem se osredotočil na svoj primer, in sicer na spoj prečka - preča. Nosilnost stika določim na podlagi 4 kontrol, in sicer kontroliram upogib čelne pločevine, natezno nosilnost vijakov, natezno in tlačno nosilnost stojine nosilca. V drugem delu diplome sem po korakih predstavil postopek računanja, ki mu bo sledil zgled z vsemi računi. Rezultate izračunanih spojev z različnimi nosilci, kvaliteta in številom vijakov sem predstavil v tabelah nosilnosti v prilogi C.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	<u>624.014.2:624.046.2(043.2)</u>
Author:	Rok Morgan
Supervisor:	Assist. Prof. Primož Može, PhD.
Title:	Resistance tables of IPE beam-to-beam connections with extended end plate
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	p. 39, tab. 8, fig. 32, eq. 138, app. 3
Keywords:	bolted joint, component method, design, designing joints, bolts, end plate

Abstract

In this thesis the resistance of bolted connections of IPE profiles with extended end plates were analysed by the component method. This thesis begins with the presentation of required design checks for the design of bolted column-to-beam connection. There are 15 checks for his kind of connection. The analysis of beam-to-beam connection is presented after that. There are only 4 design checks for determining the resistance of this kind of connection, namely the end plate in bending, the beam web in transverse tension, the beam flange in transverse compression. The second part of thesis represents the design procedure for the calculation of beam-to-beam connection with the example. The results of the analysed connections with different beam sizes, steel grades and number of bolts are represented in tables in Appendix C.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Primožu Možetu za vso pomoč in strokovne nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi sošolcem Roku, Jaki, Gregorju in Andreju ter ostalim sošolcem, ki so mi ob teku študija stali ob strani in z menoj delili nasvete.

Zahvaljujem se tudi družini in Špeli, ki me je stalno podpirala in mi stala ob strani.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	POTREBNE KONTROLE PO KOMPONENTNI METODI	2
2.1	NATEZNA CONA	3
2.2	TLAČNA CONA.....	6
2.3	STRIŽNA CONA.....	6
3	SESTAVNI DELI STIKA S PODALJŠANO ČELNO PLOČEVINO	7
3.1	VIJAKI.....	7
3.2	ČELNA PLOČEVINA.....	9
3.3	ZVARI	10
4	POTEK OBREMENITVE	11
5	POSTOPEK DIMENZIONIRANJA.....	12
5.1	KORAK 1: ZAČETNI PODATKI	12
5.1.1	KVALITETA JEKLA.....	12
5.1.2	ZVARI:	13
5.1.3	VIJAKI IN ČELNA PLOČEVINA:.....	14
5.2	KORAK 2: GEOMETRIJA STIKA.....	15
5.3	KORAK 3: UPOGIBNA NOSILNOST ČELNE PLOČEVINE IN NOSILNOST VIJAKOV Z MODELOM T-ELEMENTA V NATEZNI CONI.....	18
5.4	KORAK 4: NATEZNA NOSILNOST STOJINE NOSILCA	21
5.5	KORAK 5: TLAČNA NOSILNOST SPODNJE PASNICE	21
5.6	KORAK 6: MODIFICIRANA RAZPOREDITEV SIL V VIJAKIH.....	22
5.7	KORAK 7: NOSILNOST STIKA	23
6	IZRAČUN	24
6.1	KORAK 1: ZAČETNI PODATKI	24
6.1.1	ZVARI:	25
6.2	KORAK 2: GEOMETRIJA STIKA.....	25
6.3	KORAK 3: UPOGIBNA NOSILNOST ČELNE PLOČEVINE	26
6.3.1	VRSTA 1.....	26

6.3.2	VRSTA 2	27
6.3.3	VRSTA 3	29
6.3.4	VRSTA 4	32
6.4	KORAK 4: NATEZNA NOSILNOST STOJINE NOSILCA.....	35
6.4.1	VRSTA 3	35
6.4.2	VRSTA 4	35
6.4.3	VRSTA 3+4	35
6.4.4	VRSTA 2+3+4	35
6.5	MERODAJNE SILE V NATEZNI CONI	36
6.6	KORAK 5: TLAČNA TRDNOST SPODNJE PASNICE	36
6.7	KORAK 6: MODIFICIRANA RAZPOREDITEV SIL V VIJAKIH.....	36
6.8	KORAK 7: NOSILNOST STIKA.....	37
7	ZAKLJUČEK.....	38
	VIRI.....	40

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Potrebne kontrole v spoju.....	2
Preglednica 2: Mehanske in geometrijske karakteristike izbranih vijakov kvalitete 8.8	8
Preglednica 3: Debeline čelne pločevine, ki sem si jih izbral v svojem primeru.....	9
Preglednica 4: Širine čelne pločevine v mojem primeru	9
Preglednica 5: Izbrana vrsta vijakov in debelina čelne pločevine za izdelavo tabel nosilnosti	14
Preglednica 6: Dovoljene robne oddaljenosti e in dovoljeni razmak p (Beg, 2010, str. 47) ...	16
Preglednica 7: Geometrija spoja	17
Preglednica 8: Sodelujoče dolžine pri čelni pločevini (Beg, 2010, str. 75)	20

KAZALO SLIK

Slika 1: Potrebne kontrole v spoju.....	2
Slika 2: 3 cone	3
Slika 3: Nadomestni T-element previsnega dela čelne pločevine (Beg, 2010, str. 75)	3
Slika 4: Nadomestni T-element čelne pločevine med pasnicama nosilca (Beg, 2010, str 75) .	4
Slika 5: 3 načini porušitve nadomestnega T-elementa (Ascot, B. 1995, str. 18)	4
Slika 6: Potek računanja nosilnosti vijakov	5
Slika 7: Center rotacije	6
Slika 8:Sestavni deli spoja.....	7
Slika 9: Geometrija vijaka.....	8
Slika 10: Geometrija čelne pločevine	9
Slika 11: Zvari.....	10
Slika 12: Trikotna razporeditev sil v vijakih	11
Slika 13:Geometrija spoja	15
Slika 14: Prikaz nasadnega ključa v spoju.....	17
Slika 15: 1. način porušitve (Ascot, B., 1995, str. 18).....	18
Slika 16: 2. način porušitve (Ascot, B., 1995, str. 18).....	19
Slika 17: 3. način porušitve (Ascot, B., 1995, str. 18).....	19
Slika 18: Vrednosti parametra α pri čelnih pločevinah (Beg, 2010, str. 76)	20
Slika 19: Modificirana plastična razporeditev sil v vijakih	22
Slika 20: Potek računa nosilnosti	23
Slika 21: Geometrija spoja profila IPE 600	24
Slika 22: Nadomestni T-element za vrsto nad natezno pasnico (Beg, 2010, str. 75).....	26
Slika 23: Merodajna silna v 1. vrsti vijakov	27
Slika 24: Vrednost α za moj primer	28
Slika 25: Merodajna silna v 2. vrsti vijakov	29
Slika 26: Merodajna silna v 3. vrsti, ko ta deluje samostojno	30
Slika 27: Merodajna sila v 3. vrsti, ko ta deluje v skupini z 2. vrsto.....	31
Slika 28: Merodajna sila v 4. vrsti, ko ta deluje samostojno	32
Slika 29: Merodajna sila za 4. vrsto, ko ta deluje v skupini z 3. vrsto	33
Slika 30: Merodajna sila v 4. vrsti, ko ta deluje v skupini z 2. in 3. vrsto.....	34
Slika 31: Merodanje sile v natezni coni.....	36
Slika 32: Končne sile v stiku.....	37

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Jeklene konstrukcije so pomembnejšo vlogo v gradbeništvu pridobile z razmahom industrijske revolucije v 19. stoletju. Takrat je nastal Eifflov stolp, različni mostovi in železniške postaje. Skozi zgodovino so se razvijali razni pristopi k dimenzioniranju jeklenih konstrukcij, ki so temeljili na fizikalni teoriji podprti z empiričnimi preizkusi. Projektiranje takih konstrukcij je zelo zapleteno, saj imamo veliko detajlov, ki zahtevajo zelo kompleksno analizo. Dandanes si seveda lahko delo olajšamo z različnimi računalniškimi programi, vendar postopek dimenzioniranja še zdaleč ni enostaven.

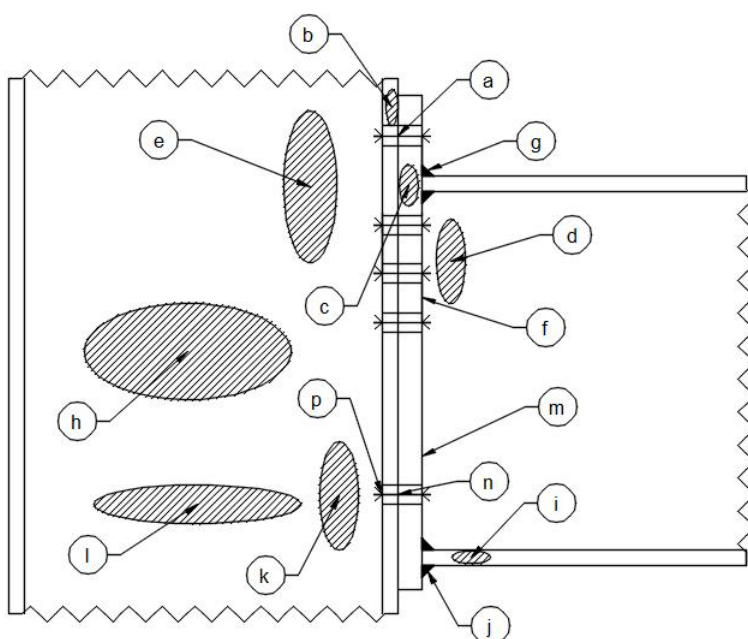
Ko govorimo o detajlih jeklenih konstrukcij bi nekaj več pozornosti namenil spojem, ki so zelo pomembni konstrukcijski elementi in predstavljajo najdražji del nosilne konstrukcije. Ob prvem pogledu nanje si ne bi mogel predstavljati, koliko računanja je potrebno za določitev nosilnosti. Nato pa sem spoznal komponento metodo, ki je analitični pristop, ki ga podaja standard EN 1993-1-8, s katero lahko opišemo obnašanje spoja na podlagi poznavanja mehanskih in geometrijskih lastnosti njegovih osnovnih komponent. Standard podaja konkreten postopek le za določene tipe spojev, kot so na primer čelni spoji obremenjeni z ubogibom in spoji temelj – steber. Za določitev upogibne nosilnosti prereza sem v svojih izračunih uporabil plastično analizo, saj je jeklo duktilen material, ki omogoči prerazporeditev sil znotraj spoja tako, da spoj doseže največjo možno nosilnost.

Cilj moje diplomske naloge je izdelati tabele nosilnosti za stike IPE nosilcev s podaljšano čelno pločevino za celoten nabor IPE nosilcev. Parametri pri izračunu so: debelina čelne pločevine, premer, kvaliteta in število vrst vijakov. Izračun je narejen po komponenti metodi, ki jo podaja standard SIST EN 1993-1-8. S tem želim olajšati delo projektantom in komurkoli, ki bi potreboval te tabele. Tako lahko na podlagi mojega dela hitro dobi vpogled, katere IPE nosilce lahko uporabi glede na njihove nosilnosti. Ima pa podane tudi vse parametre, ki so potrebni za izvedbo takih spojev.

2 POTREBNE KONTROLE PO KOMPONENTNI METODI

Kot sem že zgoraj navedel, je bistvo komponentne metode to, da izračunamo nosilnost in togost spoja tako, da ločeno poračunamo nosilnost vsake njegove komponente. Pri tem pa je potrebno najprej poiskati vsa kritična mesta, kjer bi lahko prišlo do porušitve ali izgube stabilnosti.

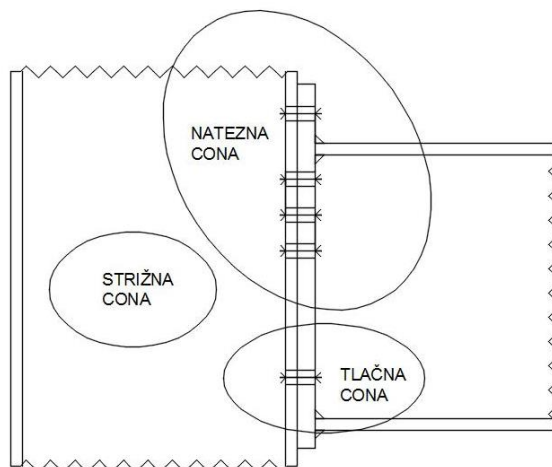
Komponentna metoda omogoča plastično analizo spoja, kjer razpoložljiva duktilnost komponent omogoča prerazporeditev sil. Komponente, ki jim računamo nosilnost, so prikazane na spodnji sliki 1.



Slika 1: Potrebne kontrole v spoju

Preglednica 1: Potrebne kontrole v spoju

NATEZNA CONA		TLAČNA CONA		STRIŽNA CONA	
a	Nateg v vijakih	i	Tlak v spodnji pasnici nosilca	HORIZONTALNI STRIG	
b	Upogib pasnice nosilca	j	Zvar stojina – čelna pločevina	h	Strižni panel v stojini nosilca
c	Upogib čelne pločevine	k	Porušitev stojine nosilca	VERTIKALNI STRIG	
d	Nateg v stojini nosilca	l	Uklon stojine nosilca	m	Zvar stojina – čelna pločevina
e	Nateg v stojini stebra			n	Prestrig vijaka
f	Zvar stojina – čelna pločevina			p	Nosilnost na bočni pritisk
g	Zvar pasnica – čelna pločevina				



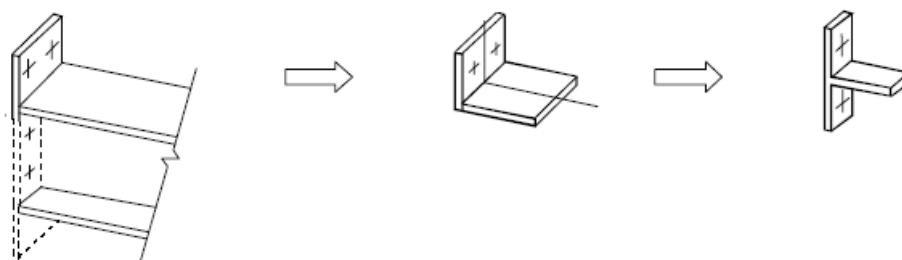
Slika 2: 3 cone

2.1 NATEZNA CONA

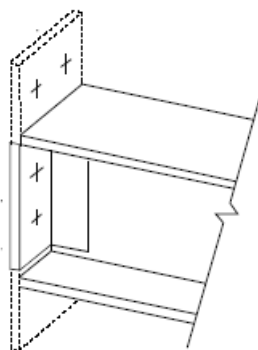
Nosilnost posamezne vrste vijakov je odvisna od:

- upogibne nosilnosti pasnice stebra in natezne trdnosti vijakov,
- upogibne nosilnosti čelne pločevine in natezne trdnosti vijakov,
- natezne nosilnosti stojine stebra,
- natezne nosilnosti stojine nosilca.

Upogibno nosilnost pasnice stebra ali čelne pločevine ter nosilnost vijakov računamo z modelom nadomestnega T-elementa. V spoju s podaljšano čelno pločevino imamo dva različna nadomestna T-elementa. S prvim modelom modeliramo previsni del čelne pločevino tako, da predstavlja čelna pločevina pasnico, pasnica nosilca pa stojino T-elementa (Slika 2). Z drugim modelom pa zajamemo obnašanje dela čelne pločevine, ki se nahaja med pasnicama nosilca tako, da predstavlja čelna pločevina pasnico, stojina nosilca pa stojino T-elementa. Z drugim modelom lahko zajamemo tudi vpliv skupine vijakov (Slika 3).

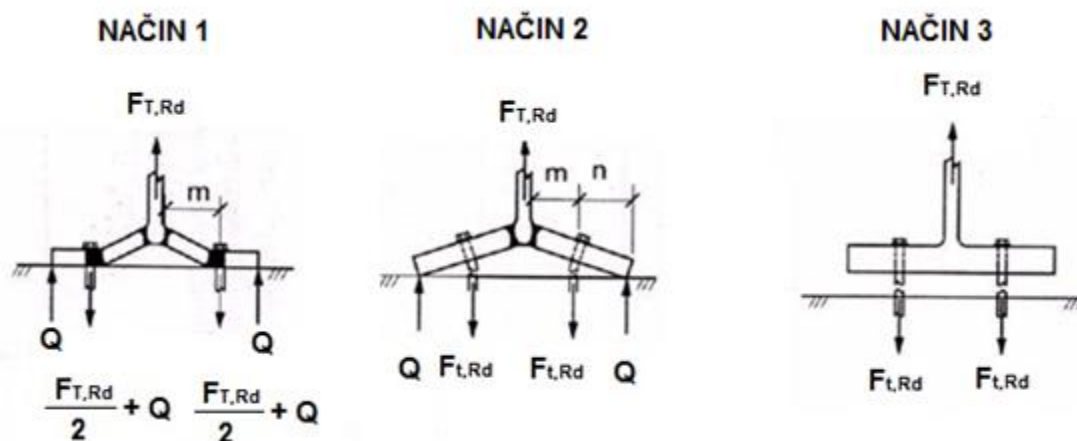


Slika 3: Nadomestni T-element previsnega dela čelne pločevine (Beg, 2010, str. 75)



Slika 4: Nadomestni T-element čelne pločevine med pasnicama nosilca (Beg, 2010, str 75)

Nadomestni T-element pa preverjamo na tri različne načine porušitve, kot jih prikazuje slika 4. Pri prvem načinu porušitve nastaneta v pločevini dva plastična členka, in sicer nastane prvi na mestu luknje vijaka, drugi pa ob stojini nadomestnega T-elementa. Pri drugem porušnem mehanizmu prav tako dobimo plastični členek ob stojini nadomestnega T-elementa in hkrati v vijakih. Pri tretjem načinu porušitve se čelna pločevina praktično ne deformira, pride pa do porušitve vijakov. Izmed vseh treh nosilnosti, ki jih dobimo s pomočjo nadomestnega T-elementa, je merodajna je najmanjša vrednost.



Slika 5: 3 načini porušitve nadomestnega T-elementa (Ascot, B. 1995, str. 18)

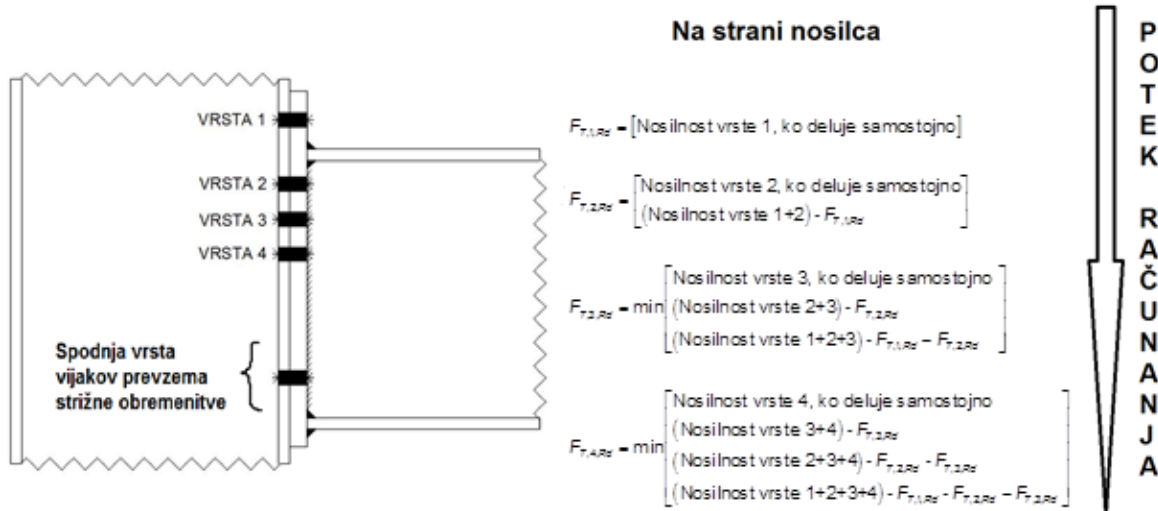
Pri prvem in drugem načinu porušitve dobimo na robovih čelne pločevine reakcijske kontaktne sile, ki jih je zelo težko natančno določiti. So velikostnega reda 20% - 30% natezne trdnosti vijakov. V računu jih ne računamo direktno ampak posredno preko formul.

Za vsako vrsto vijakov je potrebno zmodelirati nadomestni T-element in določiti porušno linijo, ki je lahko krožne ali poligonalne oblike. Pri tem pa je potrebno določiti tudi efektivno sodelujočo dolžino pri čelni pločevini. Postopek računanja je prikazan v poglavju 6.

Spoj razdelimo na tri elemente steber, čelna pločevina in pasnica. Nato vsakemu elementu identificiramo komponente in izračunamo potencialno nosilnost vrste vijakov. Nosilnot vrste lahko določimo šele, ko smo izračunali potencialne nosilnosti vrste vijakov v vseh komponentah z upoštevanjem vseh komponent in z upoštevanjem interakcij med posameznimi vrstami vijakov.

Nosilnost vsake vrste vijakov računamo ločeno tako, da začnemo najprej z vrsto nad natezno pasnico nosilca in nato nadaljujemo navzdol. Nosilnost prve vrste dobimo tako, da določimo tri načine porušitve in izberemo merodajno vrednost. Kadar računamo prvo vrsto, nas ostale ne zanimajo. Enak postopek ponovimo še za drugo vrsto, le da imamo tu drugi model nadomestnega T-elementa, drugačne porušne linije in sodelujočo dolžino. Pri računu nosilnosti tretje vrste pa je potrebno določiti dva različna nadomestna T-elementa. Enega za izračun vpliva tretje vrste, ko ta deluje samostojno in drugega za izračun nosilnosti, ko ta deluje v skupini. Nosilnost v skupini določimo tako, da izračunamo, koliko lahko nosita druga in tretja vrsta skupaj, nato pa odštejemo merodajno nosilnosti druge vrste, ko ta deluje samostojno. Podoben postopek ponovimo še za četrto vrsto, če je ta prisotna. Za lažje razumevanje, je postopek razložen na sliki 5.

Vrsta vijakov nad natezno pasnico ne nastopa v skupini, ker je od ostalih vrst vijakov ločena z pasnico, ki predstavlja ojačitev.

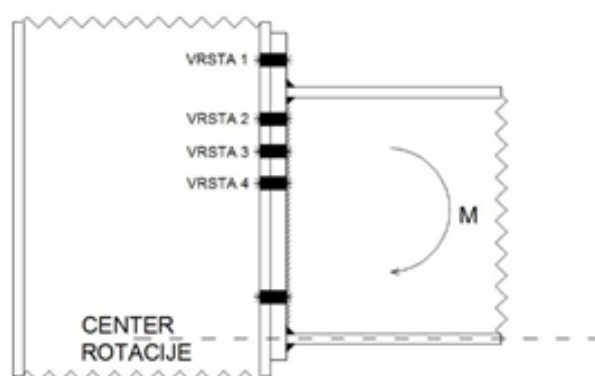


Slika 6: Potek računanja nosilnosti vijakov

2.2 TLAČNA CONA

Center tlačne cone sovpada z centrom rotacije spoja in se nahaja v središču spodnje pasnice nosilca. Ta pritiska na pasnico stebra, preko katere se napetost prenese v stojino stebra. Pride do nevarnosti izgube stabilnosti – ukona ali pa do porušitve stojine stebra. V veliko primerih je prav ta pojav lahko merodajen za nosilnost celotnega stika, zato lahko na šibkejša mesta namestimo ojačitve in s tem pridobimo večjo odpornost.

V nekaterih primerih pa je lahko center tlačne cone premaknjen nekoliko višje v stojino nosilca. To se zgodi kadar imamo velike momente v kombinaciji z osno silo.



Slika 7: Center rotacije

2.3 STRIŽNA CONA

Ločimo strig:

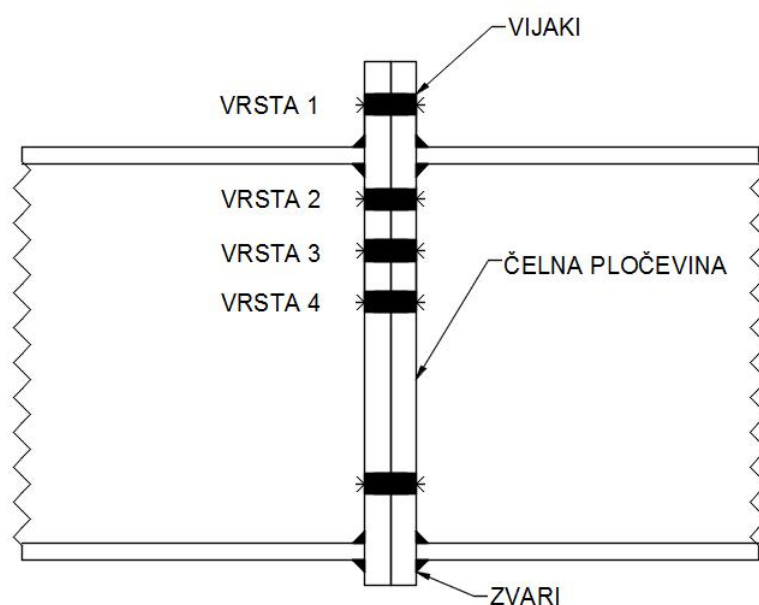
- v srtižnem panelu stebra, ki nastane zaradi prenosa momenta iz prečke v steber preko dvojice sil (natezne ali tlačne cone)
- v vijakih in zvaru med stojino in priključno pločevino, ki je posledica prenosa vertikalne obtežbe prečke

Strig je posledica prenosa momenta iz prečke v steber. V stojini stebra, kjer imamo na obeh straneh priključena nosilca, na katere deluje enak, vendar nasprotno usmerjen moment, nimamo striga. Kadar pa sta momenta enako usmerjena, imamo še dodatni strig.

Zvare običajno dimenzioniramo kot kotne polno nosilne.

3 SESTAVNI DELI STIKA S PODALJŠANO ČELNO PLOČEVINO

V prejšnjem poglavju je bilo govora o spoju s podaljšano čelno pločevino steber – prečka bolj na splošno, sedaj pa se bom osredotočil na svoj primer. Moja naloga je, da izdelam tabele nosilnosti za stike IPE nosilcev s podaljšano čelno pločevino za celoten nabor IPE nosilcev. Direktna aplikacija mojega primera je čelni spoj prečka – prečka. Poleg prečke so sestavni deli tega spoja še vijaki, čelna pločevina in zvari. Te parametre bom v nadaljevanju tudi opisal in jim določil vrednosti, ki jih bom uporabil v svojih izračunih..



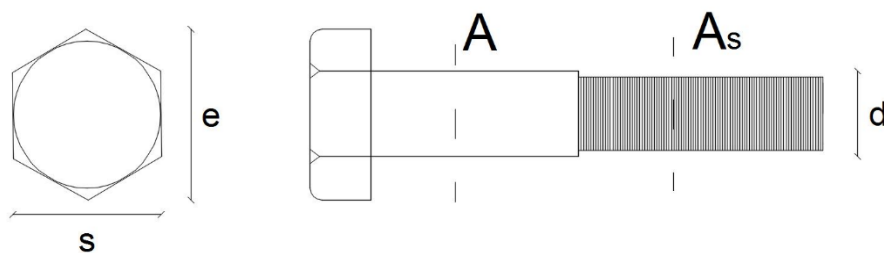
Slika 8: Sestavni deli spoja

3.1 VIJAKI

Geometrijske in mehanske lastnosti vijakov so podane v standardih. Poznamo več različnih standardov za različne vrste vijakov in matic. V splošnem ločimo navadne vijake s šestrobo glavo in vijake visoke trdnosti za prednapenjanje, ki imajo širšo glavo kot navadni vijaki.

Podatke o prednapetih vijakih podaja standard SIST EN 14399, podatke o navadnih vijakih pa dobimo v standardu SIST EN ISO 4014 oziroma SIST EN ISO 4017.

Za dimenzioniranje stika IPE nosilcev s podaljšano pločevino sem v mojih izračunih uporabil standardne vijake M12, M16, M20, M24, M27, trdnostnega razreda 8.8, kar pomeni, da imajo natezno trdnost $f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$. Spoji morajo biti pripravljene tako, da lahko vgradimo običajne ali prednapete vijake. Ker imajo prednapeti vijaki večje glave, so ti merodajni v kasnejših izračunih, dimenzije pa so predstavljene v tabeli 2.



Slika 9: Geometrija vijaka

Preglednica 2: Mehanske in geometrijske karakteristike izbranih vijakov kvalitete 8.8

	M12	M16	M20	M24	M27
d0 [mm]	13	18	22	26	30
As [cm ²]	0,843	1,57	2,45	3,53	4,59
F _{t,Rd} [kN]	49	90	141	203	264
s [mm]*	22	27	32	41	46
e [mm]*	24	30	35	45	51

* Dimenzije po SISIT EN 14399-3

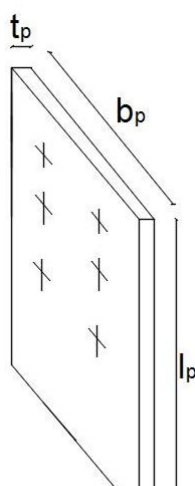
- d₀ premer luknje vijaka
s premer vrtanega kroga šestrobo glave vijaka
e premer očrtega kroga šestrobo glave vijaka

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} \quad (3.1)$$

- F_{t,Rd} natezna nosilnost vijaka
γ_{M0} materialni varnostni faktor, ki ima vrednost 1,25
A_s neto prerez steba vijaka
f_{ub} natezna trdnost vijaka

3.2 ČELNA PLOČEVINA

Kvaliteto čelne pločevine si lahko projektant poljubno izbere, v mojem primeru pa je priključna pločevina je enakega trdnostnega razreda kot jeklo prečke. Njena debelina je odvisna od nosilnosti, ki jo želimo doseči. Za lažje računanje sem si izbral nekaj standardnih debelin pločevine, ki so prikazani v spodnji tabeli. Dolžina je odvisna od višine nosilca, dolžine, ki je podaljšana nad zgornjo pasnico, na kateri je pritrjena prva vrsta vijakov in od dolžine pod spodnjo pasnico nosilca, ki je potrebna, da lahko izvedemo zvar. Širina pa je odvisna od širine nosilca in vpliva na nosilnost T-elementa.



Slika 10: Geometrija čelne pločevine

Preglednica 3: Debeline čelne pločevine, ki sem si jih izbral v svojem primeru

	M12	M16	M20	M24	M27
$t_{p,1}$ [mm]	8	12	15	20	25
$t_{p,2}$ [mm]	10	18	20	25	30
$t_{p,3}$ [mm]	15				

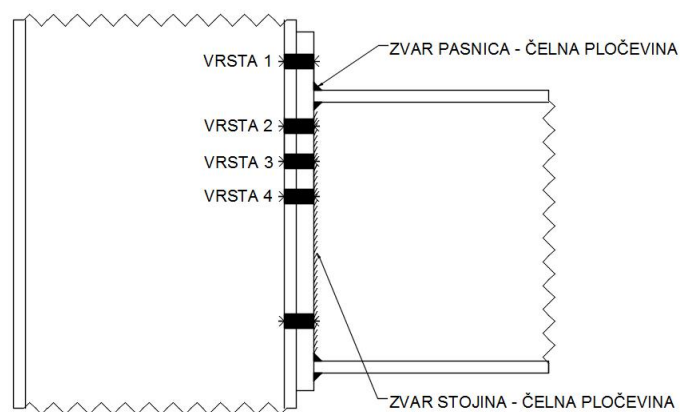
Preglednica 4: Širine čelne pločevine v mojem primeru

	IPE 80 - 140	IPE 160 - 220	IPE 240 - 330	IPE 360 - 600
b_p [mm]	100	150	200	250

3.3 ZVARI

Nosilec je potrebno najprej zvariti na čelno pločevino, pri tem dobimo dva različna zvara. Ti zvari morajo biti polno nosilni, kar pomeni, da na teh mestih ne sme priti do porušitve, ampak so bolj kritična druga mesta, kot na primer nosilnost spodnje pasnice ali natezna trdnost stojine.

Za svoje izračune sem uporabil kotne zware. Postopek računanja bom opisal v poglavju dimenzioniranja.



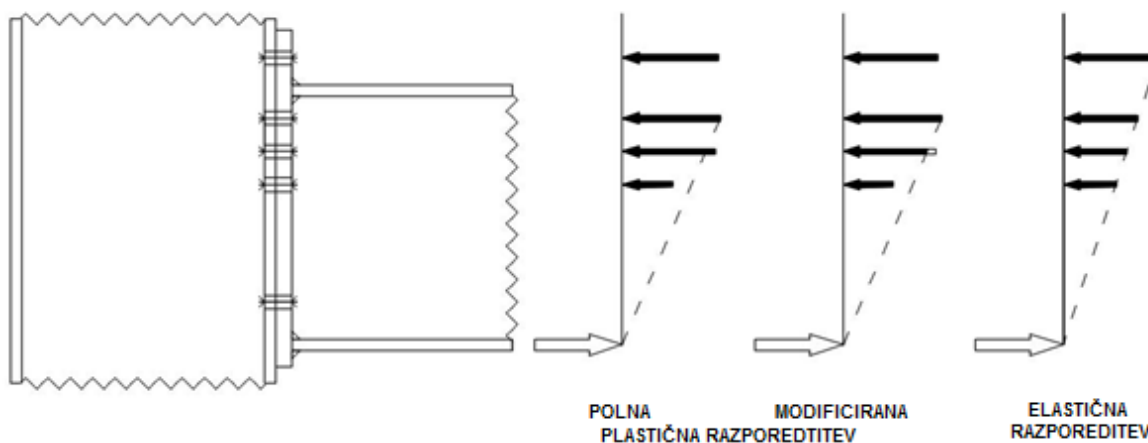
Slika 11: Zvari

4 POTEK OBREMENTIVNE

Moment, ki nastane zaradi zunanje obremenitve se v stiku s podaljšano pločevino prenaša tako, da natege prevzemajo vijaki, tlak pa spodnja pasnica nosilca. Predpostavimo lahko, da imamo center rotacije v središču spodnje pasnice, zato je tam koncentriran tlak, ki pade na nosilec (SIST EN 1993-1-8, 6.2.7.1(9)).

Največja sila je običajno v prvi vrsti pod natezno pasnico, saj ta predstavlja točko z veliko togostjo in privlači večjo silo. Največji delež momenta pa lahko prevzame vrsta nad natezno pasnico, saj ima največjo ročico oziroma vrsta pod natezno pasnico.

Plastično razporeditev dosežemo, če so komponente duktilne. Vijaki niso duktilni. Torej, če vrsta doseže nosilnost, ki je 0,95 natezne nosilnosti vijaka, spodnje vrste ne morajo doseči svoje polne plastične nosilnosti, ker duktilnosti ni več (modificirana razporeditev na sliki 12). Zato imajo sile v vijakih linearno razporeditev.



Slika 12: Trikotna razporeditev sil v vijakih

Vertikalen strig, ki nastane na stiku med pasnico stebra in čelno pločevino prevzemamo z spodnjimi vijaki, ki niso več v natezni coni.

5 POSTOPEK DIMENZIONIRANJA

Sedaj pa bom opisal postopek dimenzioniranja stika. Osredotočil se bom le na nosilec in čelno pločevino, torej bom računal samo nosilnost čelne pločevine, vijakov, stojine in pasnice nosilca. Ostalih komponent in kontrol, ki so vezane na steber ne bom prikazal. Na takšen način bom dobil le nosilnost nosilca v stiku in ne nosilnost celotnega spoja. Direktna aplikacija mojega primera je spoj prečka – prečka.

Dimenzioniranje poteka po naslednjih korakih:

- KORAK 1: Začetni podatki (kvaliteta jekla, geometrijske karakteristike IPE profila, zvari, geometrijske in mehanske lastnosti vijakov, dimenzije čelne pločevine)
- KORAK 2: Geometrija stika
- KORAK 3: Upogibna nosilnost čelne pločevine
- KORAK 4: Natezna nosilnost stojine nosilca
- KORAK 5: Tlačna nosilnost spodnje pasnice
- KORAK 6: Modificirana razporeditev sil v vijakih
- KORAK 7: Nosilnost stika

5.1 KORAK 1: ZAČETNI PODATKI

Preden se lotimo dimenzioniranja je potrebno določiti kvaliteto jekla, geometrijske karakteristike IPE profila, zware, geometrijske in mehanske lastnosti vijakov ter dimenzije čelne pločevine.

5.1.1 KVALITETA JEKLA

V primeru mojih izračunov sem uporabil jeklo dveh trdnostnih razredov, in sicer S235 in S355. Iz takega jekla so bili tako IPE profili, kot tudi čelna pločevina.

Trdnost jekla:

- S235: $f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$
- S355: $f_y = 35,5 \text{ kN/cm}^2$

IPE profili so standardizirani in njihove karakteristike lahko najdemo v standardih. Izračunal sem nosilnost vseh IPE profilov od IPE 80 pa do IPE 600.

5.1.2 ZVARI:

Zvare dimenzioniram kot polno nosilne kotne zware z debelino vsaj 3 mm. Debelina zvara je odvisna od debeline pasnice in stojine nosilca in jo izračunam po naslednji enačbi.

Zvar pasnica/stojina – čelna pločevina:

$$a \geq 0,46 * t \quad (5.1)$$

$$s = a * \sqrt{2} \quad (5.2)$$

kjer je:

- a debelina zvara pasnice/stojine IPE profila
- s dolžina kraka zvara pasnice/stojine IPE profila
- t debelina pasnice/stojine IPE profila

Zvar med pasnico in priključno pločevino označim z a_f , zvar med stojino in čelno pločevino pa a_w . Obe vrednosti sta celi števili.

5.1.3 VIJAKI IN ČELNA PLOČEVINA:

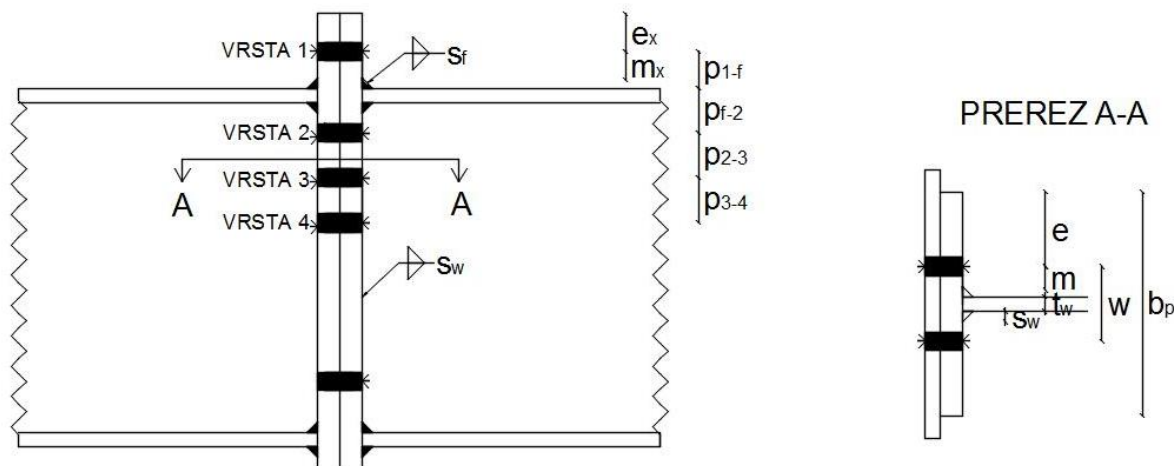
V Spodnjih dveh tabelah so prikazane najbolj optimalne in mejne kombinacije dimenzij vijakov, čelne pločevine in IPE profilov. Za vsa označena polja sem v naslednjem poglavju izdelal tabele nosilnosti.

Preglednica 5: Izbrana vrsta vijakov in debelina čelne pločevine za izdelavo tabel nosilnosti

b _p	M12			M16		M20		M24		M27	
	8	10	15	12	18	15	20	20	25	25	30
IPE 80	Blue	Orange	Blue								
IPE 100	Blue	Orange	Blue								
IPE 120	Blue	Orange	Blue								
IPE 140	Blue		Blue	Orange							
IPE 160		Blue	Orange	Blue							
IPE 180		Blue	Orange		Orange						
IPE 200		Blue		Blue	Orange						
IPE 220				Blue	Orange	Blue	Orange				
IPE 240				Blue		Blue	Orange	Orange			
IPE 270						Blue	Orange		Orange		
IPE 300						Blue		Blue	Orange		
IPE 330								Blue		Orange	
IPE 360								Blue	Orange	Orange	
IPE 400									Blue		Orange
IPE 450									Blue		Orange
IPE 500										Blue	Orange
IPE 550											Blue
IPE 600											Blue

Blue	S235
Orange	S355

5.2 KORAK 2: GEOMETRIJA STIKA



Slika 13: Geometrija spoja

Ko imamo poznane vse vhodne podatke, je potrebno določiti geometrijo stika. V bistvu gre za določanje lukenj za vijake. Luknje pa določimo tako, da jih postavimo na minimalne razdalje, pri tem pa je potrebno paziti, da imamo dovolj prostora, da lahko s ključem pritrdimo vijak. Minimalne razdalje sem določil na naslednji način:

$$p_{1-f} = \frac{e_v}{2} + 5 \text{ mm} + s_f \quad (5.3)$$

$$p_{f-2} = \frac{e_v}{2} + 5 \text{ mm} + s_f + t_f \quad (5.4)$$

$$p_v = e_v + 10 \text{ mm} \quad (5.5)$$

$$w = 2 * \left(\frac{e_v}{2} + 5 \text{ mm} + s_w \right) + t_w \quad (5.6)$$

kjer je:

p_{1-f} oddaljenost središča 1. vrste vijakov do zgornjega roba zgornje pasnice nosilca

p_{f-2} oddaljenost središča 2. vrste vijakov do zgornjega roba zgornje pasnice nosilca

p_v oddaljenost središč dveh vrst vijakov, ki se nahajajo pod zgornjo pasnico

w horizontalna razdalja med središči vijakov iste vrste

e_v maksimalen premer glave vijaka

s_f zvar pasnica – čelna pločevina

s_w zvar stojina – čelna pločevina

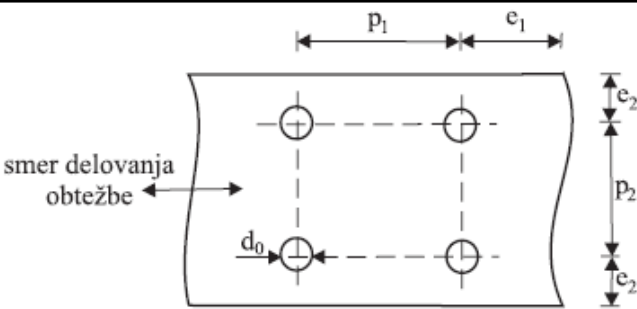
t_f debelina pasnice nosilca

t_w debelina stojine nosilca

Ko določimo pozicijo lukenj vijakov, lahko izračunamo še naslednje dimenzije:

Kot minimalne razdalje pa je potrebno upoštevati tudi spodnjo tabelo:

Preglednica 6: Dovoljene robne oddaljenosti e in dovoljeni razmak p (Beg, 2010, str. 47)



razmak	najmanjši razmak	običajni razmak	največji razmak [mm] *	
			izpostavljeno koroziji	ni nevarnosti korozije
e_1	$1,2d_0$	$2,0d_0 - 2,5d_0$	$40 + 4t$	$\max(8t, 125 \text{ mm})$
e_2^*	$1,2d_0$	$1,5d_0$	$40 + 4t$	$\max(8t, 125 \text{ mm})$
p_1	$2,2d_0$	$3,0d_0$	Glej Pr. 29 in Pr. 30	
p_2^*	$2,4d_0$	$3,0d_0$		

t je najmanjša debelina zunanje pločevine
*Pri tlačnih pločevinah je potrebno največjo dovoljeno robno oddaljenost e_2 omejiti (previsni elementi), da preprečimo lokalno izbočenje pločevine.

Parametri za izračun nosilnosti nadomestnega T-elementa za vrsto pod natezno pasnico:

$$e = \frac{b_p}{2} - \frac{w}{2} \quad (5.7)$$

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_w}{2} - 0,8 * s_w \quad (5.8)$$

$$n = \min(e, 1,25 * m) \quad (5.9)$$

Parametri za izračun nosilnosti nadomestnega T-elementa za vrsto nad natezno pasnico:

$$m_x = p_{1-f} - 0,8 * s_f \quad (5.10)$$

$$n_x = \min(e_x, 1,25 * m_x) \quad (5.11)$$

e oddaljenost zunanjega desnega ali levega roba čelne pločevine do vijakov

b_p širina čelne pločevine

m oddaljenost od središč vijakov do stojine nadomestnega T-elementa, kjer odštejemo 80% dolžine kraka

n dolžina od središč vijakov do robnega kontakta

e_x oddaljenost zgornjega roba čelne pločevine do središča 1. vrste vijakov

m_x oddaljenost od središč 1. vrste vijakov do 20% razdalje v dolžino zvara pasnice

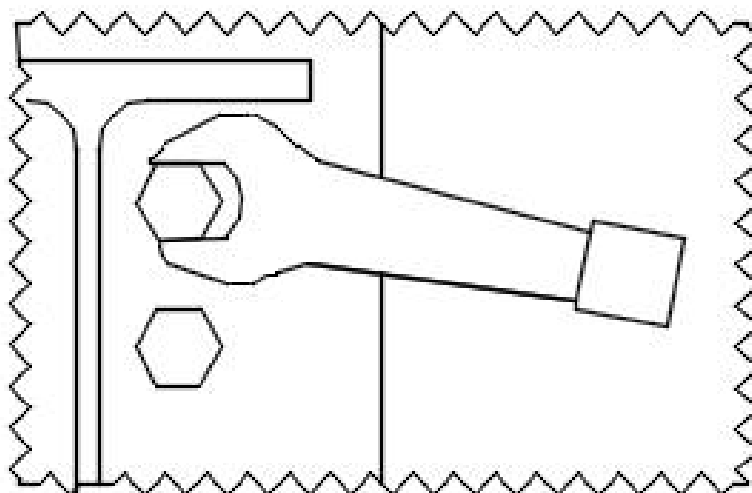
n_x efektivna dolžina roba v podaljšanem delu čelne pločevine

Za svoje izračune sem si izbral naslednjo geometrijo, ki je odvisna od vrste vijaka:

Preglednica 7: Geometrija spoja

	M12	M16	M20	M24	M27
w	50	60	70	80	90
e _x	25	30	35	40	45
p _{1-f}	25	30	35	40	45
p _{f-2}	35	40	50	60	70
p ₂₋₃	35	40	50	60	70
p ₃₋₄	35	40	50	60	70

Na spodnji sliki je prikazano, kako se nasadni ključ prilega geometriji spoja.



Slika 14: Prikaz nasadnega ključa v spoju

5.3 KORAK 3: UPOGIBNA NOSILNOST ČELNE PLOČEVINE IN NOSILNOST VIJAKOV Z MODELOM T-ELEMENTA V NATEZNI CONI

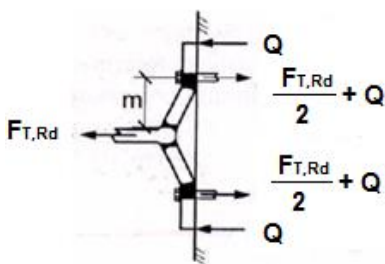
Vrednosti $F_{T,1,Rd}$, $F_{T,2,Rd}$, $F_{T,3,Rd}$ se določi tako, da začnemo pri zgornji vrsti, to je vrsta 1 in nadaljujemo navzdol. V vsaki fazi računanja se vijaki, ki se nahajajo pod vrsto, ki nas zanima, ne upoštevajo.

Vsaki vrsti najprej določimo nosilnost, ko ta deluje sama, nato pa izračunamo, kako se obnaša v skupini.

$$\begin{aligned}
 F_{T,1,Rd} &= [\text{Nosilnost vrste 1, ko deluje samostojno}] \\
 F_{T,2,Rd} &= \left[\begin{array}{l} \text{Nosilnost vrste 2, ko deluje samostojno} \\ (\text{Nosilnost vrste 1+2}) - F_{T,1,Rd} \end{array} \right] \\
 F_{T,3,Rd} &= \min \left[\begin{array}{l} \text{Nosilnost vrste 3, ko deluje samostojno} \\ (\text{Nosilnost vrste 2+3}) - F_{T,2,Rd} \\ (\text{Nosilnost vrste 1+2+3}) - F_{T,1,Rd} - F_{T,2,Rd} \end{array} \right] \\
 F_{T,4,Rd} &= \min \left[\begin{array}{l} \text{Nosilnost vrste 4, ko deluje samostojno} \\ (\text{Nosilnost vrste 3+4}) - F_{T,3,Rd} \\ (\text{Nosilnost vrste 2+3+4}) - F_{T,2,Rd} - F_{T,3,Rd} \\ (\text{Nosilnost vrste 1+2+3+4}) - F_{T,1,Rd} - F_{T,2,Rd} - F_{T,3,Rd} \end{array} \right] \quad (5.12)
 \end{aligned}$$

Nosilnost čelne pločevine in vijakov v natezni coni se določi tako, da se vsako vrsto vijakov preveri na tri možne načine porušitve. Tista kontrola, ki da najmanjšo nosilnost je merodajna.

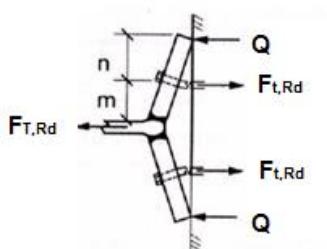
NAČIN 1



$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} \quad (5.13)$$

Slika 15: 1. način porušitve (Ascot, B., 1995, str. 18)

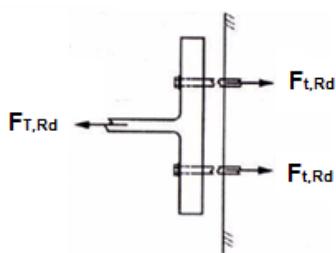
NAČIN 2



$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} \quad (5.14)$$

Slika 16: 2. način porušitve (Ascot, B., 1995, str. 18)

NAČIN 3



$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} \quad (5.15)$$

Slika 17: 3. način porušitve (Ascot, B., 1995, str. 18)

kjer je:

$M_{pl,1,Rd}$ moment plastičnosti nadomestnega T-elementa za račun po načinu 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{l_{eff,1} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} \quad (5.16)$$

$M_{pl,2,Rd}$ moment plastičnosti nadomestnega T-elementa za račun po načinu 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{l_{eff,2} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} \quad (5.17)$$

$l_{eff,1}$ efektivna dolžina nadomestnega T-elementa v načinu 1

$l_{eff,2}$ efektivna dolžina nadomestnega T-elementa v načinu 2

m oddaljenost od središč vijakov do stojine nadomestnega T-elementa, kjer odštejemo 80% dolžine kraka

n dolžina od središč vijakov do robnega kontakta

t_p debelina pasnice nadomestnega T-elementa

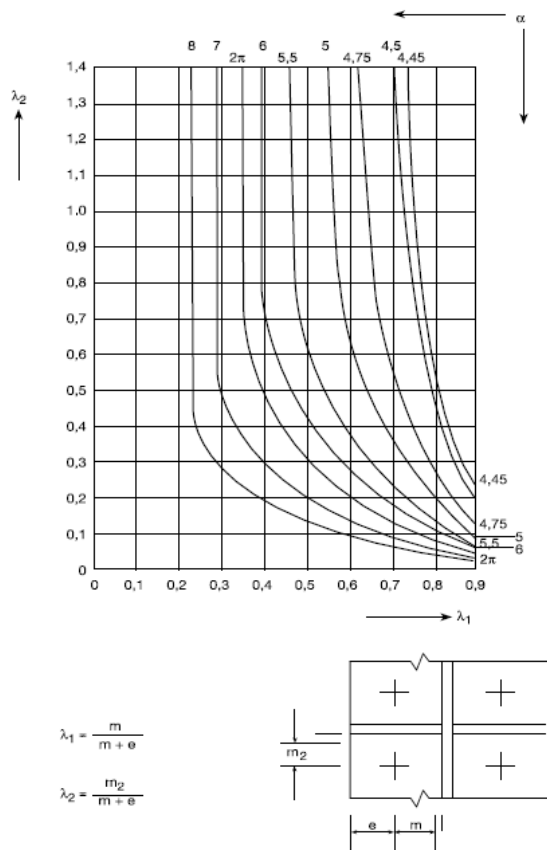
f_y meja plastičnosti jekla

γ_{M0} materialni varnostni faktor, ki ima vrednost 1,0

$F_{t,Rd}$ natezna nosilnost vijaka

Preglednica 8: Sodelujoče dolžine pri čelni pločevini (Beg, 2010, str. 75)

Sodelujoče dolžine pri čelni pločevini				
Lega vrste vijakov	Posamezna vrsta vijakov		Vrsta vijakov kot del skupine vrst vijakov	
	Krožna oblika $\ell_{eff,cp}$	Poligonalna oblika $\ell_{eff,nc}$	Krožna oblika $\ell_{eff,cp}$	Poligonalna oblika $\ell_{eff,nc}$
Vrsta nad natezno pasnico nosilca (izven višine nosilca)	Manjša od: $2\pi m_x$ $\pi m_x + w$ $\pi m_x + 2e$	Manjša od: $4m_x + 1,25e_x$ $e + 2m_x + 0,625e_x$ $0,5b_p$ $0,5w + 2m_x + 0,625e_x$	—	—
Prva vrsta pod natezno pasnico nosilca (znotraj višine nosilca)	$2\pi m$	am	$\pi m + p$	$0,5p + am$ $-(2m + 0,625e)$
Ostale notranje vrste	$2\pi m$	$4m + 1,25e$	$2p$	p
Ostale zunanje vrste	$2\pi m$	$4m + 1,25e$	$\pi m + p$	$2m + 0,625e + 0,5p$
1. način:	$\ell_{eff,1} = \ell_{eff,nc}$, vendar $\ell_{eff,1} \leq \ell_{eff,cp}$		$\sum \ell_{eff,1} = \sum \ell_{eff,nc}$, vendar $\sum \ell_{eff,1} \leq \sum \ell_{eff,cp}$	
2. način:	$\ell_{eff,2} = \ell_{eff,nc}$		$\sum \ell_{eff,2} = \sum \ell_{eff,nc}$	



Slika 18: Vrednosti parametra α pri čelnih pločevinah (Beg, 2010, str. 76)

5.4 KORAK 4: NATEZNA NOSILNOST STOJINE NOSILCA

Natezna nosilnost stojine nosilca se določi po naslednji enačbi:

$$F_{t,w,Rd} = \frac{b_{eff,t,w} * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} \quad (5.18)$$

kjer je:

$b_{eff,t,w}$ efektivna širina stojine nosilca v nategu, ki je enaka efektivni dolžini T-
elementa, s katerim modeliramo upogib čelne pločevine

t_w debelina stojine nosilca

f_y meja plastičnosti jekla

Pri 3. vrstah vijakov:

- maksimalna upogibna nosilnost čelne pločevine v določeni vrsti je enaka vsoti nateznih nosilnosti vijakov, ki v tej vrsti nastopajo. Ker pa je natezna trdnost stojine v vseh primerih večja od vsote nosilnosti vijakov te vrste, lahko sklepamo da ta komponenta ne bo nikoli merodajna.

Pri 4. vrstah vijakov:

- Merodajna je le za 4. vrsto vijakov, ko ta deluje v skupini. Njena vrednost je v tabelah nosilnosti že upoštevana pri določitvi nosilnosti 4. vrste.

5.5 KORAK 5: TLAČNA NOSILNOST SPODNJE PASNICE

Tlačno nosilnost spodnje pasnice nosilca se določi po naslednji enačbi:

$$F_{c,f,Rd} = \frac{M_{pl,Rd}}{(h - t_f)} \quad (5.19)$$

Kjer je:

h višina nosilca

t_f debelina pasnice nosilca

$M_{pl,Rd}$ plastična upogibna nosilnost prereza

$$M_{pl,Rd} = w_{pl,y} * f_y \quad (5.20)$$

$w_{pl,y}$ plastični odpornostni moment prereza

f_y napetost tečenja jekla

5.6 KORAK 6: MODIFICIRANA RAZPOREDITEV SIL V VIJAKIH

Kdaj bo vijak dosegel določeno nosilnost, je odvisno od deformacijske kapacitete stika in velikosti sile, ki jo lahko vezno sredstvo prevzame. To pa pomeni, da je potrebna, za največjo nosilnost določena deformacija. Ker vemo, da je center rotacije v središču spodnje pasnice, lahko sklepamo da pride do največjih deformacij v prvi in drugi vrsti vijakov, najmanjših pa v zadnji vrsti. V spojih z majhno deformacijsko kapaciteto obstaja nevarnost, da bi se vijaki v zgornjih vrstah pretrgali.

Zaradi različnega deformiranja posamezne vrste vijakov je potrebno, za vrste, ki se nahajajo pod pasnico nosilca, vpeljati trikotno razporeditev sil. Takšna redukcija sil ni zmeraj potrebna. Uporabimo jo le v primeru, kadar je natezna trdnost $F_{tx,Rd}$ vrste x, ki se nahaja nad vrsto r, večja kot $1,9 * F_{t,Rd}$. Takrat je potrebno efektivno natezno trdnost $F_{tr,Rd}$ vrste r reducirati:

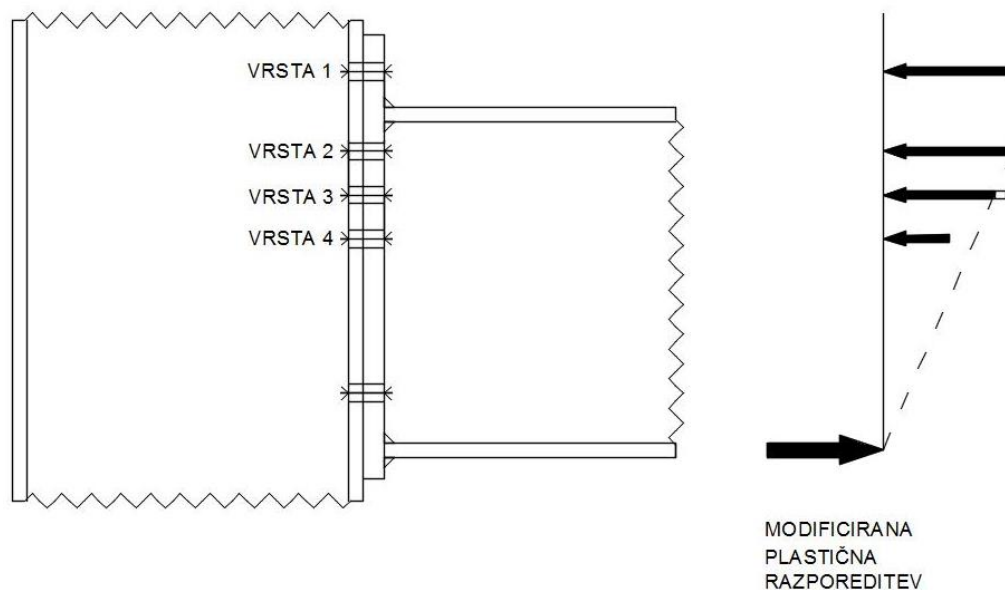
$$F_{tr,Rd} \leq F_{tx,Rd} * \frac{h_r}{h_x} \quad (5.21)$$

kjer je:

h_x razdalja od vrste vijakov x do središča spodnje pasnice

h_r razdalja od vrste vijakov r do središča spodnje pasnice

x je vrsta vijakov, ki se nahaja najdlje od centra tlačne cone in je pod zgornjo pasnico nosilca ter ima natezno trdnost večjo kot $1,9 * F_{t,Rd}$



Slika 19: Modificirana plastična razporeditev sil v vijakih

5.7 KORAK 7: NOSILNOST STIKA

Do sedaj smo določili nosilnosti vseh komponent stika. V mojem primeru je bila vedno merodajna nosilnost spodnje pasnice, kar pomeni, da je bila njena nosilnost vedno manjša kot vsota nosilnosti vijakov. Uporabiti je potrebno dovolj močne vijake. Takrat dobimo največjo nosilnost stika.

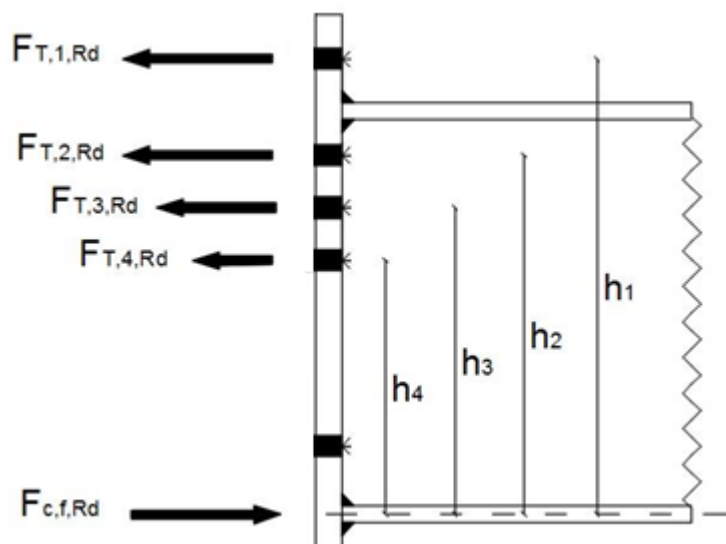
Vsota vseh sil v vijakih $\Sigma F_{T,Rd}$ je enakega velikostnega reda, kot sila v spodnji pasnici $F_{c,f,Rd}$. V primerih, ko velja $\Sigma F_{T,Rd} > F_{c,f,Rd}$ je potrebno silo v vijakih reducirati. To pa storimo tako, da razliko $\Sigma F_{T,Rd} - F_{c,f,Rd}$ odštejemo spodnji vrsti vijakov in dobimo $\Sigma F_{T,Rd} = F_{c,f,Rd}$.

Največji moment, ki ga spoj še lahko prevzame je:

$$M_{j,Rd} = \sum_r h_r * F_{tr,Rd} \quad (5.22)$$

kjer je:

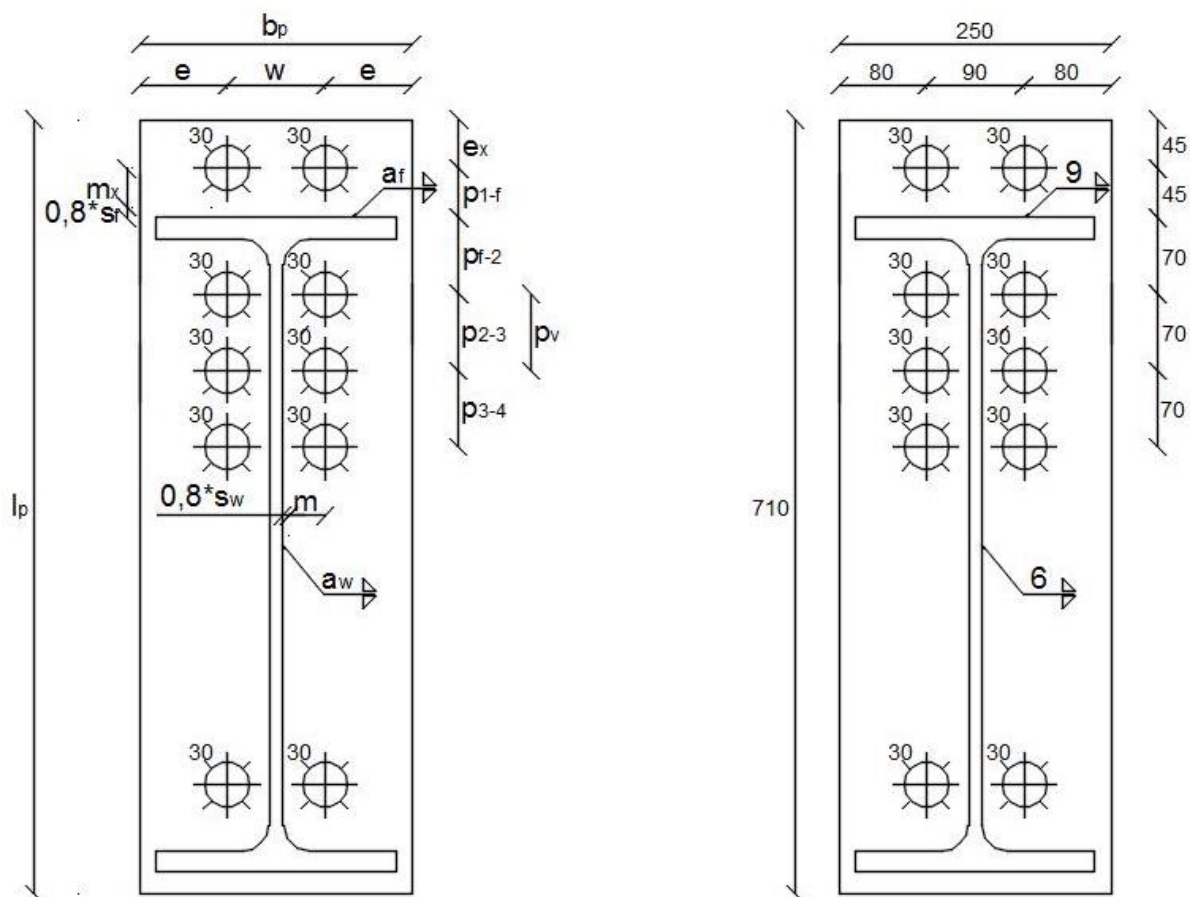
- $F_{tr,Rd}$ efektivna natezna nosilnost vrtse r
- h_r razdalja vrste r do središča tlačne cone
- r številka vrste vijakov



Slika 20: Potek računa nosilnosti

6 IZRAČUN

V nadaljevanju je prikazan izračun spoja prečka - prečka s podaljšano čelno pločevino. Geometrija spoja je prikazana na sliki 21.



Slika 21: Geometrija spoja profila IPE 600

6.1 KORAK 1: ZAČETNI PODATKI

IPE 600:

$h = 600$ mm

$b = 220$ mm

$t_f = 19$ mm

$t_w = 12$ mm

$r = 24$ mm

$W_{pl,y} = 3512$ cm³

Čelna pločevina:

$b_p = 250$ mm

$l_p = 710$ mm

$t_p = 25$ mm

Jeklo S235

$f_y = 0,235$ kN/mm²

Vijaki:

8x M27 8.8

$d_0 = 30$ mm

$f_{ub} = 0,8$ kN/mm²

$A_s = 459$ mm²

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 0,8 * 459}{1,25} = 264 \text{ kN} \quad (6.1)$$

6.1.1 ZVARI:

$$a_f \geq 0,46 * t_f = 0,46 * 19 = 8,74 \text{ mm} \Rightarrow a_f = 9 \text{ mm} \quad (6.2)$$

$$s_f = a_f * \sqrt{2} = 9 * \sqrt{2} = 12,7 \text{ mm} \quad (6.3)$$

$$a_w \geq 0,46 * t_w = 0,46 * 12 = 5,52 \text{ mm} \Rightarrow a_w = 6 \text{ mm} \quad (6.4)$$

$$s_w = a_w * \sqrt{2} = 6 * \sqrt{2} = 8,5 \text{ mm} \quad (6.5)$$

6.2 KORAK 2: GEOMETRIJA STIKA

$$e = \frac{b_p}{2} - \frac{w}{2} = \frac{250}{2} - \frac{90}{2} = 80 \text{ mm} \quad (6.6)$$

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_w}{2} - 0,8 * s_w = \frac{90}{2} - \frac{12}{2} - 0,8 * 8,5 = 32,2 \text{ mm} \quad (6.7)$$

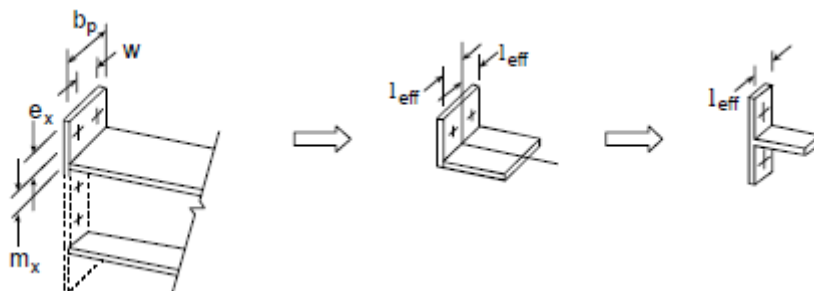
$$n = \min (e, 1,25 * m) = \min (80, 1,25 * 32,2) = 40,3 \text{ mm} \quad (6.8)$$

$$m_x = p_{-f} - 0,8 * s_f = 45 - 0,8 * 12,7 = 34,8 \text{ mm} \quad (6.9)$$

$$n_x = \min (e_x, 1,25 * m_x) = \min (50, 1,25 * 34,8) = 43,5 \text{ mm} \quad (6.10)$$

6.3 KORAK 3: UPOGIBNA NOSILNOST ČELNE PLOČEVINE

6.3.1 VRSTA 1



Slika 22: Nadomestni T-element za vrsto nad natezno pasnico (Beg, 2010, str. 75)

$$l_{eff,1,cp} = 2 * \pi * m_x = 2 * \pi * 34,8 = 218,7 \text{ mm} \quad (6.11)$$

$$l_{eff,2,cp} = \pi * m_x + w = \pi * 34,8 + 90 = 199,3 \text{ mm} \quad (6.12)$$

$$l_{eff,3,cp} = \pi * m_x + 2 * e = \pi * 34,8 + 2 * 90 = 269,3 \text{ mm} \quad (6.13)$$

$$l_{eff,1,nc} = 4 * m_x + 1,25 * e_x = 4 * 34,8 + 1,25 * 45 = 195,5 \text{ mm} \quad (6.14)$$

$$l_{eff,2,nc} = 2 * m_x + 0,625 * e_x + e = 2 * 34,8 + 0,625 * 45 + 90 = 177,7 \text{ mm} \quad (6.15)$$

$$l_{eff,3,nc} = \frac{b_p}{2} = \frac{250}{2} = 125 \text{ mm} \quad (1.16)$$

$$l_{eff,4,nc} = 2 * m_x + 0,625 * e_x + \frac{w}{2} = 2 * 34,8 + 0,625 * 45 + \frac{90}{2} = 142,7 \text{ mm} \quad (6.17)$$

$$l_{eff,cp} = \min (l_{eff,1,cp}, l_{eff,2,cp}, l_{eff,3,cp}) = \min (218,7, 199,3, 269,3) = 199,3 \text{ mm} \quad (6.18)$$

$$l_{eff,nc} = \min (l_{eff,1,nc}, l_{eff,2,nc}, l_{eff,3,nc}, l_{eff,4,nc}) = \min (195,5, 177,7, 125, 142,7) = 125 \text{ mm} \quad (6.19)$$

$$l_{eff,1} = \min (l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min (199,3, 125) = 125 \text{ mm} \quad (6.20)$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 125 \text{ mm} \quad (6.21)$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{l_{eff,1} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{125 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 4590 \text{ kNm} \quad (6.22)$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{l_{eff,2} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{125 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 4590 \text{ kNm} \quad (6.23)$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m_x} = \frac{4 * 4590}{34,8} = 528 \text{ kN} \quad (6.24)$$

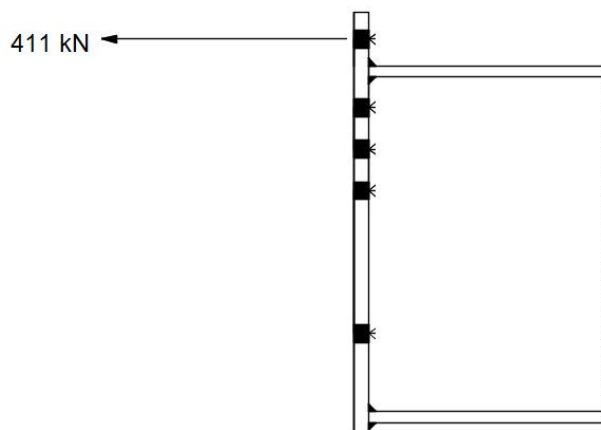
$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n_x * \sum F_{t,Rd}}{m_x + n_x} = \frac{2 * 4590 + 43,5 * 2 * 264}{34,8 + 43,5} = 411 \text{ kN} \quad (6.25)$$

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 * 264 = 528 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$F_{T,Rd}^1 = \min (F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min (528, 411, 528) = 411 \text{ kN} \quad (6.27)$$

Povzetek za 1. vrsto:

- Merodajen je 2. način porušitve: $F_{T,Rd} = 411 \text{ kN}$



Slika 23: Merodajna silna v 1. vrsti vijakov

6.3.2 VRSTA 2

$$l_{eff,cp} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 32,2 = 202,3 \text{ mm} \quad (6.28)$$

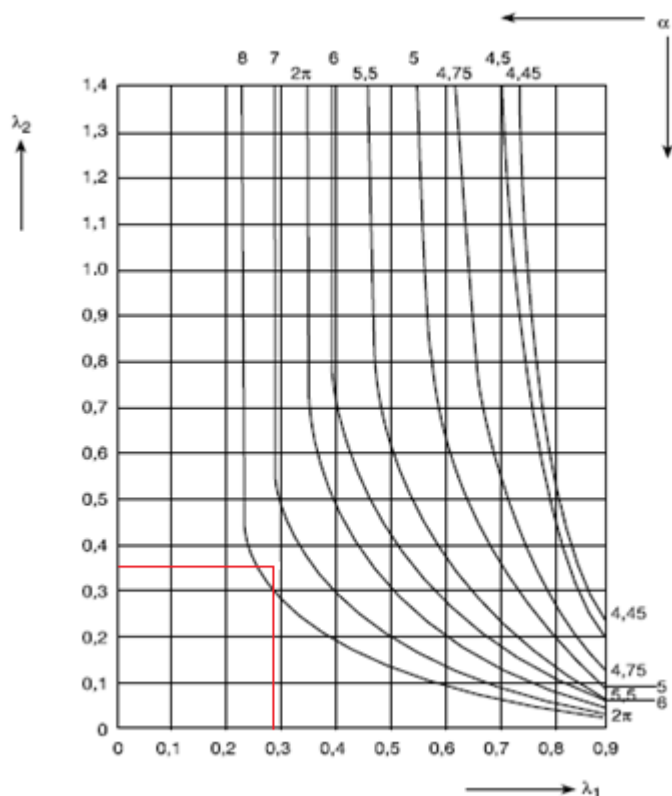
$$l_{eff,nc} = \alpha * m_1 = 7,7 * 32,2 = 247,9 \text{ mm} \quad (6.29)$$

$$m_1 = m = 32,2 \text{ mm} \quad (6.30)$$

$$m_2 = p_{f-2} - t_f - 0,8 * s_f = 70 - 19 - 0,8 * 12,7 = 40,8 \text{ mm} \quad (6.31)$$

$$\lambda_1 = \frac{m_1}{m + e} = \frac{32,2}{32,2 + 80} = 0,29 \quad (6.32)$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{40,8}{32,2 + 80} = 0,36 \quad (6.33)$$

Slika 24: Vrednost α za moj primer

Vrednost $\alpha = 7,7$.

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(202,3, 247,9) = 202,3 \text{ mm} \quad (6.34)$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 247,9 \text{ mm} \quad (6.35)$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{l_{eff,1} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{202,3 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 7428 \text{ kNm} \quad (6.36)$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{l_{eff,2} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{247,9 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 9103 \text{ kNm} \quad (6.37)$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 * 7428}{32,2} = 923 \text{ kN} \quad (6.38)$$

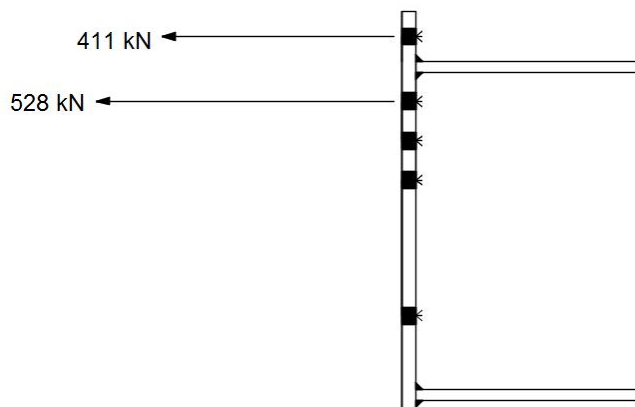
$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 * 9103 + 40,3 * 2 * 264}{32,2 + 40,3} = 545 \text{ kN} \quad (6.39)$$

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 * 264 = 528 \text{ kN} \quad (6.40)$$

$$F_{T,Rd}^2 = \min (F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min (923, 545, 528) = 528 \text{ kN} \quad (6.41)$$

Povzetek za 2. vrsto:

- Merodajen je 3. način porušitve: $F_{T,Rd} = 528 \text{ kN}$



Slika 25: Merodajna silna v 2. vrsti vijakov

6.3.3 VRSTA 3

6.3.3.1 VRSTA 3 SAMOSTOJNO

$$l_{eff,cp} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 32,2 = 202,3 \text{ mm} \quad (6.42)$$

$$l_{eff,nc} = 4 * m + 1,25 * e = 4 * 32,2 + 1,25 * 80 = 228,8 \text{ mm} \quad (6.43)$$

$$l_{eff,1} = \min (l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min (202,3, 228,8) = 202,3 \text{ mm} \quad (6.44)$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 228,8 \text{ mm} \quad (6.45)$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{l_{eff,1} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{202,3 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 7428 \text{ kNmm} \quad (6.46)$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{l_{eff,2} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{228,8 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 8401 \text{ kNmm} \quad (6.47)$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 * 7428}{32,2} = 923 \text{ kN} \quad (6.48)$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 * 7428 + 40,3 * 2 * 264}{32,2 + 40,3} = 525 \text{ kN} \quad (6.49)$$

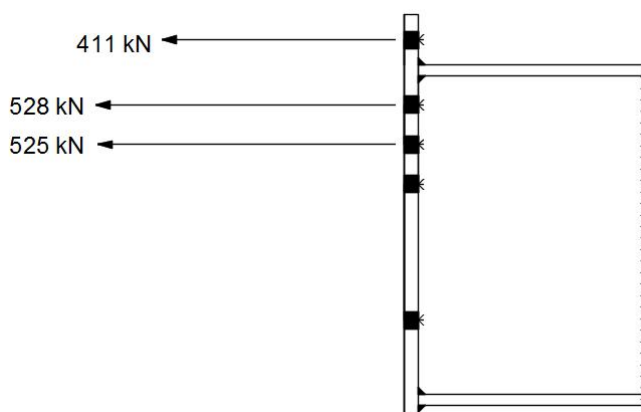
$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 * 264 = 528 \text{ kN} \quad (6.50)$$

$$(6.51)$$

$$F_{T,Rd}^3 = \min (F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min (923, 525, 528) = 525 \text{ kN}$$

Povzetek za 3. vrsto, ko ta deluje samostojno:

- Merodajen je 2. način porušitve: $F_{T,Rd} = 525 \text{ kN}$



Slika 26: Merodajna sila v 3. vrsti, ko ta deluje samostojno

6.3.3.2 VRSTA 2+3

$$I_{eff,cp}^2 = \pi * m + p_{2-3} = \pi * 32,2 + 70 = 171,2 \text{ mm} \quad (1.52)$$

$$I_{eff,cp}^3 = \pi * m + p_{2-3} = \pi * 32,2 + 70 = 171,2 \text{ mm} \quad (1.53)$$

$$\sum I_{eff,cp} = I_{eff,cp}^3 + I_{eff,cp}^4 = 171,2 + 171,2 = 342,4 \text{ mm} \quad (1.54)$$

$$I_{eff,nc}^2 = 0,5 * p_{2-3} + \alpha * m - (2 * m + 0,625 * e) = 0,5 * 70 + 7,7 * 32,2 - (2 * 32,2 + 0,625 * 80) = 168,5 \text{ mm} \quad (1.55)$$

$$I_{eff,nc}^3 = 2 * m + 0,625 * e + 0,5 * p_{2-3} = 2 * 32,2 + 0,625 * 80 + 0,5 * 70 = 149,4 \text{ mm} \quad (1.56)$$

$$\sum I_{eff,nc} = I_{eff,nc}^2 + I_{eff,nc}^3 = 168,5 + 149,4 = 317,9 \text{ mm} \quad (1.57)$$

$$\sum I_{eff,1} = \min (\sum I_{eff,cp}, \sum I_{eff,nc}) = \min (342,3, 317,9) = 317,9 \text{ mm} \quad (6.58)$$

$$\sum I_{eff,2} = \sum I_{eff,nc} = 317,9 \text{ mm} \quad (6.59)$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{\sum I_{eff,1} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{317,9 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 11674 \text{ kNmm} \quad (6.60)$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{\sum I_{eff,2} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{317,9 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 11674 \text{ kNmm} \quad (6.61)$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 * 11674}{32,2} = 1450 \text{ kN} \quad (6.62)$$

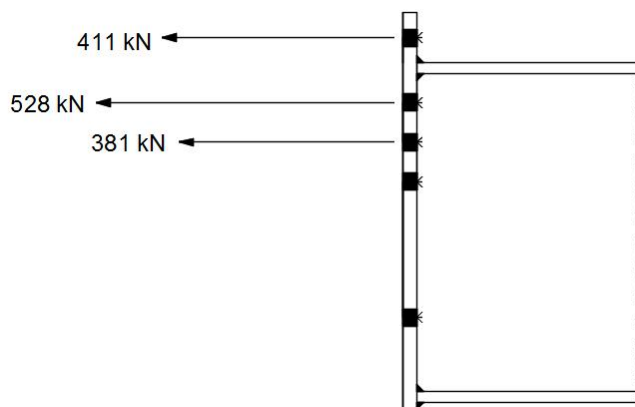
$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 * 11674 + 40,3 * 4 * 264}{32,2 + 40,3} = 909 \text{ kN} \quad (6.63)$$

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 4 * 264 = 1056 \text{ kN} \quad (6.64)$$

$$F_{T,Rd}^{2+3} = \min (F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) - F_{T,Rd}^2 = \min (1450, 909, 1056) - 528 = 381 \text{ kN} \quad (6.65)$$

Povzetek za 3. vrsto, ko deluje v skupini z 2. vrsto:

- Merodajen je 2. način porušitve: $F_{T,Rd} = 381 \text{ kN}$

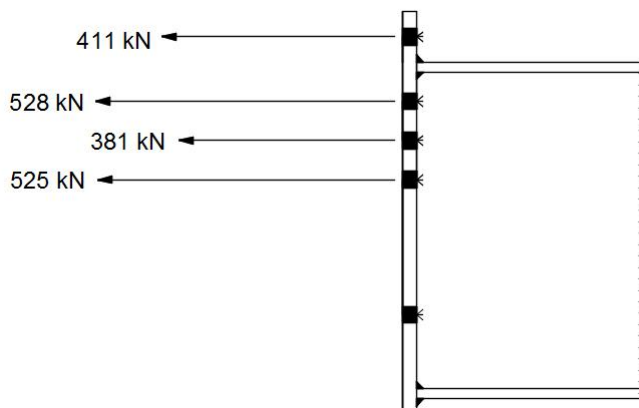


Slika 27: Merodajna sila v 3. vrsti, ko ta deluje v skupini z 2. vrsto

6.3.4 VRSTA 4

6.3.4.1 VRSTA 4 SAMOSTOJNO

Enako kot pri tretji vrsti, ko deluje samostojno.



Slika 28: Merodajna sila v 4. vrsti, ko ta deluje samostojno

6.3.4.2 VRSTA 3 + 4

$$I_{eff,cp}^3 = \pi * m + \rho_{3-4} = \pi * 32,2 + 70 = 171,2 \text{ mm} \quad (1.66)$$

$$I_{eff,cp}^4 = \pi * m + \rho_{3-4} = \pi * 32,2 + 70 = 171,2 \text{ mm} \quad (1.67)$$

$$\sum I_{eff,cp} = I_{eff,cp}^3 + I_{eff,cp}^4 = 171,2 + 171,2 = 342,4 \text{ mm} \quad (6.68)$$

$$I_{eff,nc}^3 = 2 * m + 0,625 * e + 0,5 * \rho_{3-4} = 2 * 32,2 + 0,625 * 80 + 0,5 * 70 = 149,4 \text{ mm} \quad (1.69)$$

$$I_{eff,nc}^4 = 2 * m + 0,625 * e + 0,5 * \rho_{3-4} = 2 * 32,2 + 0,625 * 80 + 0,5 * 70 = 149,4 \text{ mm} \quad (1.70)$$

$$\sum I_{eff,nc} = I_{eff,nc}^3 + I_{eff,nc}^4 = 149,4 + 149,4 = 298,8 \text{ mm} \quad (6.71)$$

$$\sum I_{eff,1} = \min (\sum I_{eff,cp}, \sum I_{eff,nc}) = \min (342,3, 298,8) = 298,8 \text{ mm} \quad (6.72)$$

$$\sum I_{eff,2} = \sum I_{eff,nc} = 298,8 \text{ mm} \quad (6.73)$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{\sum I_{eff,1} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{298,8 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 10972 \text{ kNmm} \quad (1.74)$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{\sum I_{eff,2} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{298,8 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 10972 \text{ kNmm} \quad (6.75)$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 * 10972}{32,2} = 1363 \text{ kN} \quad (6.76)$$

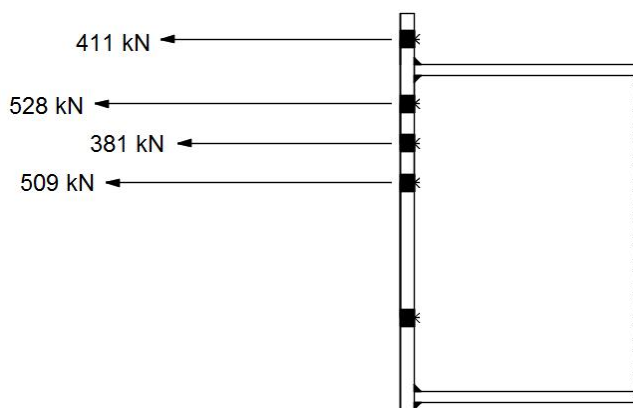
$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 * 10972 + 40,3 * 4 * 264}{32,2 + 40,3} = 890 \text{ kN} \quad (6.77)$$

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 4 * 264 = 1056 \text{ kN} \quad (6.78)$$

$$F_{T,Rd}^{3+4} = \min (F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) - F_{T,Rd}^3 = \min (1363, 890, 1056) - 381 = 509 \text{ kN} \quad (6.79)$$

Povzetek za 4. vrsto, ko deluje v skupini z 3. vrsto:

- Merodajni je 2. način porušitve: $F_{T,Rd} = 509 \text{ kN}$



Slika 29: Merodajna sila za 4. vrsto, ko ta deluje v skupini z 3. vrsto

6.3.4.3 VRSTA 2 + 3 + 4

$$I_{eff,cp}^2 = \pi * m + p_{2-3} = \pi * 32,2 + 70 = 171,2 \text{ mm} \quad (1.80)$$

$$I_{eff,cp}^3 = 2 * \frac{p_{2-3} + p_{3-4}}{2} = 2 * \frac{70 + 70}{2} = 140 \text{ mm} \quad (1.81)$$

$$I_{eff,cp}^4 = \pi * m + p_{3-4} = \pi * 32,2 + 70 = 171,2 \text{ mm} \quad (1.82)$$

$$\sum I_{eff,cp} = I_{eff,cp}^2 + I_{eff,cp}^3 + I_{eff,cp}^4 = 171,2 + 140 + 171,2 = 482,3 \text{ mm} \quad (1.83)$$

$$I_{eff,nc}^2 = 0,5 * p_{2-3} + \alpha * m - (2 * m + 0,625 * e) = 0,5 * 70 + 7,7 * 32,2 - (2 * 32,2 + 0,625 * 80) = 168,5 \text{ mm} \quad (1.84)$$

$$I_{eff,nc}^3 = \frac{p_{2-3} + p_{3-4}}{2} = \frac{70 + 70}{2} = 70 \text{ mm} \quad (1.85)$$

$$I_{eff,nc}^4 = 2 * m + 0,625 * e + 0,5 * p_{3-4} = 2 * 32,2 + 0,625 * 80 + 0,5 * 70 = 149,4 \text{ mm} \quad (1.86)$$

$$\sum I_{eff,nc} = I_{eff,nc}^2 + I_{eff,nc}^3 + I_{eff,nc}^4 = 168,8 + 70 + 149,4 = 387,9 \text{ mm} \quad (1.87)$$

$$\sum I_{eff,1} = \min(\sum I_{eff,cp}, \sum I_{eff,nc}) = \min(482,3, 387,9) = 387,9 \text{ mm} \quad (6.88)$$

$$\sum I_{eff,2} = \sum I_{eff,nc} = 387,9 \text{ mm} \quad (6.89)$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{\sum I_{eff,1} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{387,9 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 14243 \text{ kNmm} \quad (6.90)$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{\sum I_{eff,2} * t_p^2 * f_y}{4 * \gamma_{M0}} = \frac{387,9 * 25^2 * 0,235}{4 * 1,0} = 14243 \text{ kNmm} \quad (6.91)$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 * 14243}{32,2} = 1769 \text{ kN} \quad (6.92)$$

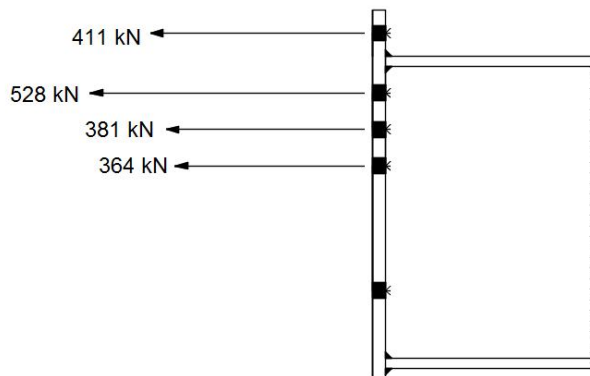
$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 * 4243 + 40,3 * 6 * 264}{32,2 + 40,3} = 1273 \text{ kN} \quad (6.93)$$

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 6 * 264 = 1584 \text{ kN} \quad (6.94)$$

$$F_{T,Rd}^{2+3+4} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) - F_{T,Rd}^2 - F_{T,Rd}^3 = \min(1769, 1273, 1584) - 528 - 381 = 364 \text{ kN} \quad (6.95)$$

Povzetek za 4. vrsto, ko deluje v skupini z 2. in 3. vrsto:

- Merodajni je 2. način porušitve: $F_{T,Rd} = 364 \text{ kN}$



Slika 30: Merodajna sila v 4. vrsti, ko ta deluje v skupini z 2. in 3. vrsto

6.4 KORAK 4: NATEZNA NOSILNOST STOJINE NOSILCA

Pri vrsti 2 ni nevarnosti, da bi nastala porušitev stojine nosilca, saj je zelo blizu zgornje pasnice, ki predstavlja ojačitev.

6.4.1 VRSTA 3

$$b_{eff,t,w} = I_{eff}^3 = 202,3 \text{ mm} \quad (6.96)$$

$$F_{t,w,Rd} = \frac{b_{eff,t,w} * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{202,3 * 12 * 0,235}{1,0} = 570 \text{ kN} > F_{T,Rd}^{2+3} = 381 \text{ kN} \quad (6.97)$$

$F_{T,Rd}^{2+3} = 381 \text{ kN}$ je merodajna nosilnost 3. vrste vijakov.

6.4.2 VRSTA 4

Enako kot 3. vrsta.

$$F_{t,w,Rd} = 570 \text{ kN} > F_{T,Rd}^{2+3+4} = 364 \text{ kN} \quad (1.98)$$

$F_{T,Rd}^{2+3+4} = 364 \text{ kN}$ je merodajna nosilnost 4. vrste vijakov.

6.4.3 VRSTA 3+4

$$b_{eff,t,w} = I_{eff}^{3+4} = 298,8 \text{ mm} \quad (6.99)$$

$$F_{t,w,Rd}^{3+4} = \frac{b_{eff,t,w} * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{298,8 * 12 * 0,235}{1,0} = 843 \text{ kN} > 381 + 364 = 745 \text{ kN} \quad (6.100)$$

6.4.4 VRSTA 2+3+4

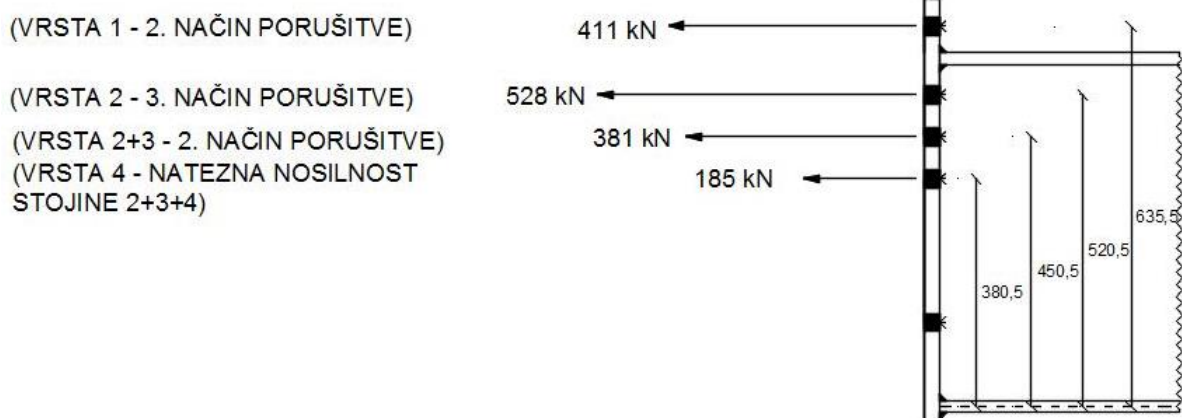
$$b_{eff,t,w} = I_{eff}^{2+3+4} = 387,9 \text{ mm} \quad (6.101)$$

$$F_{t,w,Rd}^{2+3+4} = \frac{b_{eff,t,w} * t_w * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{387,9 * 12 * 0,235}{1,0} = 1094 \text{ kN} < F_{T,Rd}^{2+3+4} = 1273 \text{ kN} \quad (6.102)$$

$$F_{t,w,Rd}^4 = F_{t,w,Rd}^{2+3+4} - F_{T,Rd}^2 - F_{T,Rd}^{2+3} = 1094 - 528 - 381 = 185 \text{ kN} \quad (1.103)$$

Ker je $F_{t,w,Rd}^4 = 185 \text{ kN} < F_{T,Rd}^{2+3+4} = 364 \text{ kN}$ je natezna nosilnost pasnice v tem primeru merodajna.

6.5 MERODAJNE SILE V NATEZNI CONI



Slika 31: Merodanje sile v natezni coni

6.6 KORAK 5: TLAČNA TRDNOST SPODNJE PASNICE

$$M_{pl,Rd} = w_{pl,y} * f_y = \frac{3512 * 23,5}{100} = 825 \text{ kNm} \quad (6.104)$$

$$F_{c,f,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{(h - t_f)} = \frac{825 * 1000}{(600 - 12)} = 1420 \text{ kN} \quad (6.105)$$

6.7 KORAK 6: MODIFICIRANA RAZPOREDITEV SIL V VIJAKIH

$$h_1 = h - \frac{t_f}{2} + p_{1-f} = 600 - \frac{19}{2} + 45 = 635,5 \text{ mm} \quad (6.106)$$

$$h_2 = h_1 - p_{1-2} = 635,5 - 115 = 520,5 \text{ mm} \quad (6.107)$$

$$h_3 = h_2 - p_{2-3} = 530,5 - 70 = 450,5 \text{ mm} \quad (6.108)$$

$$h_4 = h_3 - p_{3-4} = 430,5 - 70 = 380,5 \text{ mm} \quad (6.109)$$

Ker je nosilnost 2. vrste večja od 95% nosilnosti vijakov, so nosilnosti 3. vrste in 4. vrste omejene na naslednje vrednosti:

$$F_{T,Rd}^3 \leq F_{T,Rd}^2 * \frac{h_3}{h_2} = 528 * \frac{435,5}{520,5} = 457 \text{ kN} > 381 \text{ kN} \text{ dodatne redukcije ni} \quad (6.110)$$

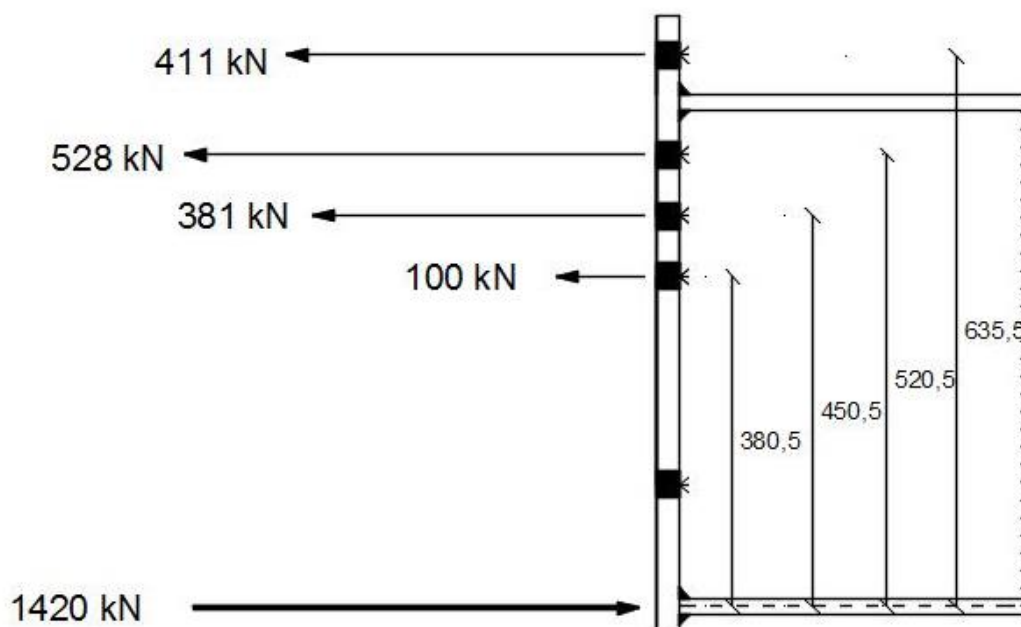
$$F_{T,Rd}^4 \leq F_{T,Rd}^3 * \frac{h_4}{h_3} = 528 * \frac{380,5}{450,5} = 386 \text{ kN} > 185 \text{ kN} \text{ dodatne redukcije ni} \quad (6.111)$$

6.8 KORAK 7: NOSILNOST STIKA

Ker je vsota sil v vijakih večja od nosilnosti tlačne pasnice, je potrebno sile v vijakih reducirati.

$$\sum F_{T,Rd} = 1505 \text{ kN} > F_{c,f,Rd} = 1420 \text{ kN} \quad (1.112)$$

$$F_{T,Rd}^3 = 364 - (\sum F_{T,Rd} - F_{c,f,Rd}) = 185 - (1684 - 1420) = 100 \text{ kN} \quad (1.113)$$



Slika 32: Končne sile v stiku

$$\begin{aligned} M_{j,Rd} &= h_1 * F_{T,Rd}^1 + h_2 * F_{T,Rd}^2 + h_3 * F_{T,Rd}^3 + h_4 * F_{T,Rd}^4 = \\ &= (635,5 * 411 + 520,5 * 528 + 450,5 * 381 + 380,5 * 100) * 10^{-3} = 746 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (6.114)$$

Spoj je delno nosilen, saj velja:

$$0,25 * M_{pl,Rd} = 0,25 * 825 = 206 \text{ kNm} < M_{j,Rd} = 746 \text{ kNm} < M_{pl,Rd} = 825 \text{ kNm} \quad (1.115)$$

7 ZAKLJUČEK

V prvem delu diplomske naloge je predstavljen splošen primer momentnega spoja s podaljšano čelno pločevino steber – prečka. Podane so vse kontrole, ki so potrebne za izračun nosilnosti tega spoja. Na splošno je predstavljeno tudi obnašanje v vseh treh conah, ki v spoju nastopajo.

V drugem delu pa se osredotočim na svoj primer, in sicer na spoj prečka – prečka. V primerjavi s splošnim primerom steber – prečka imam v svojem primeru le 4 kontrole: upogibna nosilnost čelne pločevine, natezna nosilnost vijakov, natezna nosilnost stojine in tlačna nosilnost spodnje pasnice. Preden sem se lahko lotil dimenzioniranja sem določil potrebne parametre, ki v izračunu nastopajo. Da bi dobil bolj pregledne in primerljive tabele nosilnosti, je bilo potrebno parametre med seboj povezati in grupirati. Odločil sem se, da bom uporabil jeklo S235 in S355. S tem bi lahko ugotovil, kako kakovost jekla vpliva na dimenzioniranje. Jeklo višje trdnosti znatno poveča upogibno nosilnost čelne pločevine pri 1. načinu porušitve nadometnega T-elementa, na 2. način porušitve nadometnega T-elementa pa nima takšnega vpliva. Glavni parameter pri izračunih je bila velikost vijaka. Kot merodajne vijake sem izbral prednapete vijake, saj imajo ti večjo glavo kot običajni. Izbral sem standardne dimenzije M12, M16, M20, M24 in M27. V odvisnosti od velikosti glave veznega sredstva sem vsakemu vijaku predpisal svojo geometrijo spoja. Tudi debeline čelnih pločevin sem določil glede na velikost vijaka.

V svojih primerih sem uporabil vijake v dveh, treh ali štirih vrstah. Ugotovil sem, da se pri spojih, kjer sta dovolj dve vrsti vijakov, lahko nosilnost spoja najbolj približa plastični upogibni nosilnosti prereza. To pa zato, ker so vrste vijakov dovolj oddaljene od središča tlačne cone in imajo velike ročice, ki vplivajo na odpornost spoja. Nosilnost vrste pod natezno pasnico je običajno enaka nosilnosti obeh vijakov, nosilnost vrste nad natezno pasnico pa je nekoliko manjša. Kadar so potrebne tri ali štiri vrste, je nosilnost v tretji in četrti vrsti običajno potrebno reducirati zaradi interakcije vrst (vrste bilzu skupaj), nosilnosti stojine prečke v prečnem nategu oziroma zaradi nosilnosti tlačne cone. Če je v vrsti pod natezno pasnico merodajna nosilnost vijakov, je potrebno spodnjim vrstam omejiti nosilnost na elastično nosilnost. Velikost sile v vrsti vijakov je odvisna od geometrije spoja, kvalitete jekla, geometrijskih in mehanskih lastnosti vijakov ter od upogibne nosilnosti priključne pločevine, ki se določi s pomočjo nadometnega T-elementa. Pri tem imamo tri možne načine porušitve. Kateri izmed teh načinov bo merodajen je odvisno od nosilnosti vijakov in debeline čelne pločevine. Bolj kot bo pločevina debela bolj merodajna bo nosilnost vijakov. Največja upogibna nosilnost, ki jo priključna pločevina lahko doseže je enaka vsoti nosilnosti vijakov.

Zanimivo je bilo tudi spoznanje, da s štirimi vrstami vijakov ne pridobimo bistveno večje nosilnosti kot s tremi. To pa predvsem zato, ker je čelna pločevina tako močna, da je pri prvi vrsti vijakov pod natezno pasnico merodajen 3. način porušitve. To pa pomeni redukcijo nosilnosti preostalih vrst. Zaradi trikotne razporeditve dobimo majhno nosilnost 4. vrste.

S pomočjo tabel nosilnosti lahko kdorkoli dobi hiter vpogled v nosilnosti spojev in si z njimi pomaga pri reševanju morebitnih problemov. Postopek dimenzioniranja, ki je narejen za spoj prečka – prečka se lahko z uporabo poljubnih podatkov, uporablja za izračun nosilnosti poljubnega spoja take oblike.

VIRI

Beg, D. 2010. Projektiranje jeklenih konstrukcij v skladu z Evrokodom 3 – kratek povzetek. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 111 str.

Borgsmiller, J. 1995. Simplified method for design of moment end-plate connections. Master of science thesis. Blacksburg, State University, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute. 198 p.

Joints in Steel Construction Moment Connections. 1995. Ascot, Berks, Silwood Park, The Steel Construction Institute: 222 str.

Joints in Steel Construction Moment-Resisting Joints to Eurocode 3. 2013. The Steel Construction Institute, The British Constructional Steelwork Association Limited: 484 str.

SIST EN 1993-1-8, Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij – 1-8. del: Projektiranje spojev

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: NAVODILA ZA BRANJE TABEL

PRILOGA B: KONFIGURACIJE SPOJEV

PRILOGA C: TABELE NOSILNOSTI

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA A: NAVODILA ZA BRANJE TABEL

V prilogi C so navedene tabele nosilnosti za celoten nabor IPE profilov. Vsaka tabela ima naslov, kjer piše kakšen profil je uporabljen. Na levi strani tabele je najprej zapisana kvaliteta jekla, število, kvaliteta ter velikost vijaka, dimenzije čelne pločevine in velikost zvarov. Na desni strani tabele pa so zapisane nosilnosti posamezne vrste vijakov $F_{T,i,Rd}$, njihova vsota $\Sigma F_{T,i,Rd}$, tlačna nosilnost spodnje pasnice $F_{f,c,Rd}$, plastična upogibna nosilnost prereza $M_{pl,Rd}$ in nosilnost stika $M_{j,Rd}$. Znak / pomeni, da v tem stiku nimamo te vrste vijakov.

Ker so konfiguracije spojev odvisne od velikosti vijaka, imamo za 5 različnih velikosti vijakov tudi 5 različnih geometrij. Vse geometrije so prikazane v prilogi B.

V tabelah sem prikazal konfiguracije spojev, ki tam nastopajo. Označene so z črkami A, B ali C. ob tabeli je napisano katera konfiguracija pripada določenemu spoju.

V prilogi B so prikazane konfiguracije spojev:

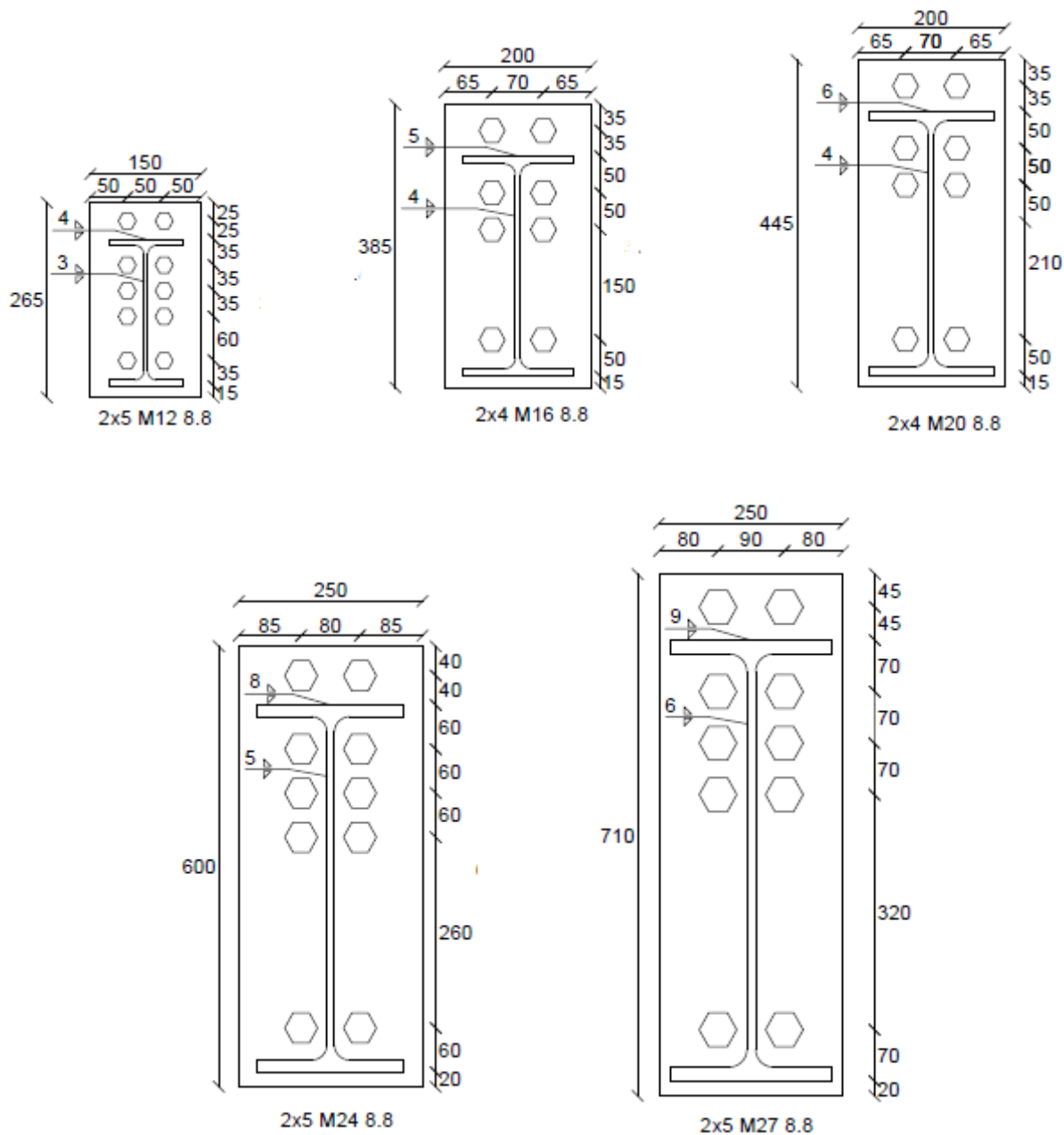
- nosilec IPE 200 kombiniram z vijaki M12,
- nosilec IPE 300 kombiniram z vijaki M16,
- nosilec IPE 360 kombiniram z vijaki M20,
- nosilec IPE 500 kombiniram z vijaki M24,
- nosilec IPE 600 kombiniram z vijaki M27.

Tabela 1: Oblika tabele nosilnosti

IPE XXX											
JEKLO	SXXX			$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$
VIJAKI	6x	MXX	8,8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
ČELNA PLOČEVINA	t_p	XX	mm	XXX	XXX	XXX	/	XXX	XXX	XXX	XXX
	b_p	XXX	mm								
	l_p	XXX	mm								
ZVARI	a_w	X	mm	XXX	XXX	XXX	/	XXX	XXX	XXX	XXX
	a_f	X	mm								

PRILOGA B: KONFIGURACIJE SPOJEV

Na spodnji sliki so prikazane konfiguracije spojev, ki pripadajo določenemu vijaku.



Slika 1: Konfiguracije spojev za vijake M12, M16, M20, M24 in M27

PRILOGA C: TABELE NOSILNOSTI

Tabela 2: Tabela nosilnosti za IPE 80

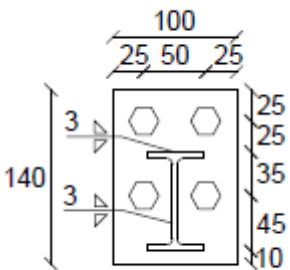
IPE 80											
KONFIGURACIJA A  2x2 M12 8.8											
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x2	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	8	mm	35	38	/	73	73	5,5	5,2
		b_p	100	mm							
		l_p	140	mm							
	ZVARI	a_w	3	mm	35	38	/	73	73	5,5	5,2
		a_f	3	mm							
	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x2	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	54	19	/	73	73	5,48	6,34
		b_p	100	mm							
		l_p	140	mm							
	ZVARI	a_w	3	mm	54	19	/	73	73	5,48	6,34
		a_f	3	mm							
	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x2	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	8	mm	53	58	/	111	111	8,27	7,89
		b_p	100	mm							
		l_p	140	mm							
	ZVARI	a_w	3	mm	53	58	/	111	111	8,27	7,89
a_f		3	mm								
JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$		
VIJAKI	2x2	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm		
ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	72	39	/	111	111	8,27	9,03	
	b_p	100	mm								
	l_p	140	mm								
ZVARI	a_w	3	mm	72	39	/	111	111	8,27	9,03	
	a_f	3	mm								

Tabela 3: Tabela nosilnosti za IPE 100

IPE 100											
<p>KONFIGURACIJA A</p> <p>2x3 M12 8.8</p>											
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x3	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	54	44	/	98	98	9,3	9,3
		b_p	100	mm							
		l_p	160	mm							
	ZVARI	a_w	3	mm	54	44	/	98	98	9,3	9,3
		a_f	3	mm							
	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x3	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	8	mm	35	63	/	98	98	9,26	8,20
		b_p	100	mm							
		l_p	160	mm							
	ZVARI	a_w	3	mm	35	63	/	98	98	9,26	8,20
		a_f	3	mm							
	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x3	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	72	76	/	148	148	13,99	13,53	
	b_p	100	mm								
	l_p	160	mm								
ZVARI	a_w	3	mm	72	76	/	148	148	13,99	13,53	
	a_f	3	mm								
JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$		
VIJAKI	2x3	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm		
ČELNA PLOČEVINA	t_p	8	mm	53	86	9	148	148	13,99	12,07	
	b_p	100	mm								
	l_p	160	mm								
ZVARI	a_w	3	mm	53	86	9	148	148	13,99	12,07	
	a_f	3	mm								

Tabela 4: Tabela nosilnosti za IPE 120

IPE 120											
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235			$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x3	M12	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	54	69	/	123	123	14	13
		b_p	100	mm							
		l_p	180	mm							
ZVARI	a_w	3	mm								
	a_f	3	mm								
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235			$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x3	M12	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	8	mm	35	75	13	123	123	14	12
		b_p	100	mm							
		l_p	180	mm							
	ZVARI	a_w	3	mm							
		a_f	3	mm							
	JEKLO	S355			$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x3	M12	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	8	mm	53	86	54	193	193	22	18
		b_p	100	mm							
		l_p	180	mm							
	ZVARI	a_w	3	mm							
		a_f	3	mm							
	JEKLO	S355			$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
VIJAKI	2x3	M12	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	72	98	23	193	193	22	19	
	b_p	100	mm								
	l_p	180	mm								
ZVARI	a_w	3	mm								
	a_f	3	mm								

Tabela 5: Tabela nosilnosti za IPE 140

IPE 140											
<p>KONFIGURACIJA A</p> <p>2x4 M12 8.8</p>											
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235			$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x4	M12	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	8	mm	37	75	46	158	158	21	17
		b_p	100	mm							
		l_p	205	mm							
	ZVARI	a_w	3	mm	37	75	46	158	158	21	17
		a_f	4	mm							
	JEKLO	S235			$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x4	M12	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	58	87	13	158	158	21	19
		b_p	100	mm							
		l_p	205	mm							
	ZVARI	a_w	3	mm	58	87	13	158	158	21	19
		a_f	4	mm							
	JEKLO	S355			$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x4	M12	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	74	98	61	233	233	31	26	
	b_p	100	mm								
	l_p	205	mm								
ZVARI	a_w	3	mm	74	98	61	233	233	31	26	
	a_f	4	mm								
JEKLO	S355			$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
VIJAKI	2x4	M12	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
ČELNA PLOČEVINA	t_p	15	mm	98	98	37	233	233	31	28	
	b_p	100	mm								
	l_p	205	mm								
ZVARI	a_w	3	mm	98	98	37	233	233	31	28	
	a_f	4	mm								

Tabela 6: Tabela nosilnosti za IPE 160

IPE 160												
<div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div style="width: 30%;"> <p>KONFIGURACIJA A</p> <p>2x3 M12 8.8</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>KONFIGURACIJA B</p> <p>2x4 M12 8.8</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>KONFIGURACIJA C</p> <p>2x4 M12 8.8</p> </div> </div>												
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	73	87	30	/	190	190	29	26
		b_p	150	mm								
		l_p	225	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	4	mm									
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x3	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	15	mm	98	92	/	/	190	190	29	29
		b_p	150	mm								
		l_p	225	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	4	mm									
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	15	mm	98	98	70	/	266	288	44	36
		b_p	150	mm								
		l_p	225	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	4	mm									
KONFIGURACIJA C	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M12 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	83	98	67	40	288	288	44	36
		b_p	150	mm								
		l_p	225	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	4	mm									

Tabela 7: Tabela nosilnosti za IPE 180

IPE 180												
<p>KONFIGURACIJA A</p> <p>2x4 M12 8.8</p>			<p>KONFIGURACIJA B</p> <p>2x5 M12 8.8</p>			<p>KONFIGURACIJA C</p> <p>2x4 M16 8.8</p>						
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M12 8,8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	73	96	58	/	227	227	39	34
		b_p	150	mm								
		l_p	245	mm								
	ZVARI	a_w	3	mm								
		a_f	4	mm								
	KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$
VIJAKI		2x4	M12 8,8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
ČELNA PLOČEVINA		t_p	15	mm	98	98	31	/	227	227	39	37
		b_p	150	mm								
		l_p	245	mm								
ZVARI		a_w	3	mm								
		a_f	4	mm								
KONFIGURACIJA C		JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x4	M16 8,8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	15	mm	152	180	11	/	343	343	59	58
		b_p	150	mm								
		l_p	255	mm								
	ZVARI	a_w	3	mm								
		a_f	4	mm								
	KONFIGURACIJA B	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$
VIJAKI		2x5	M12 8,8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
ČELNA PLOČEVINA		t_p	15	mm	98	98	74	49	319	343	59	45
		b_p	150	mm								
		l_p	245	mm								
ZVARI		a_w	3	mm								
		a_f	4	mm								

Tabela 8: Tabela nosilnosti za IPE 200

IPE 200												
KONFIGURACIJA A			KONFIGURACIJA B			KONFIGURACIJA C						
2x4 M12 8.8			2x5 M12 8.8			2x4 M16 8.8						
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M12 8,8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	15	mm	98	98	76	/	272	272	52	48
		b_p	150	mm								
		l_p	265	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	4	mm									
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x5	M12 8,8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	10	mm	73	95	64	40	272	272	52	43
		b_p	150	mm								
		l_p	265	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	4	mm									
KONFIGURACIJA C	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M16 8,8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	12	mm	132	180	95	/	407	407	78	69
		b_p	150	mm								
		l_p	275	mm								
	ZVARI	a_w	3	mm								
		a_f	4	mm								
	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M16 8,8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	18	mm	175	180	52	/	407	407	78	74
b_p		150	mm									
l_p		275	mm									
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	4	mm									

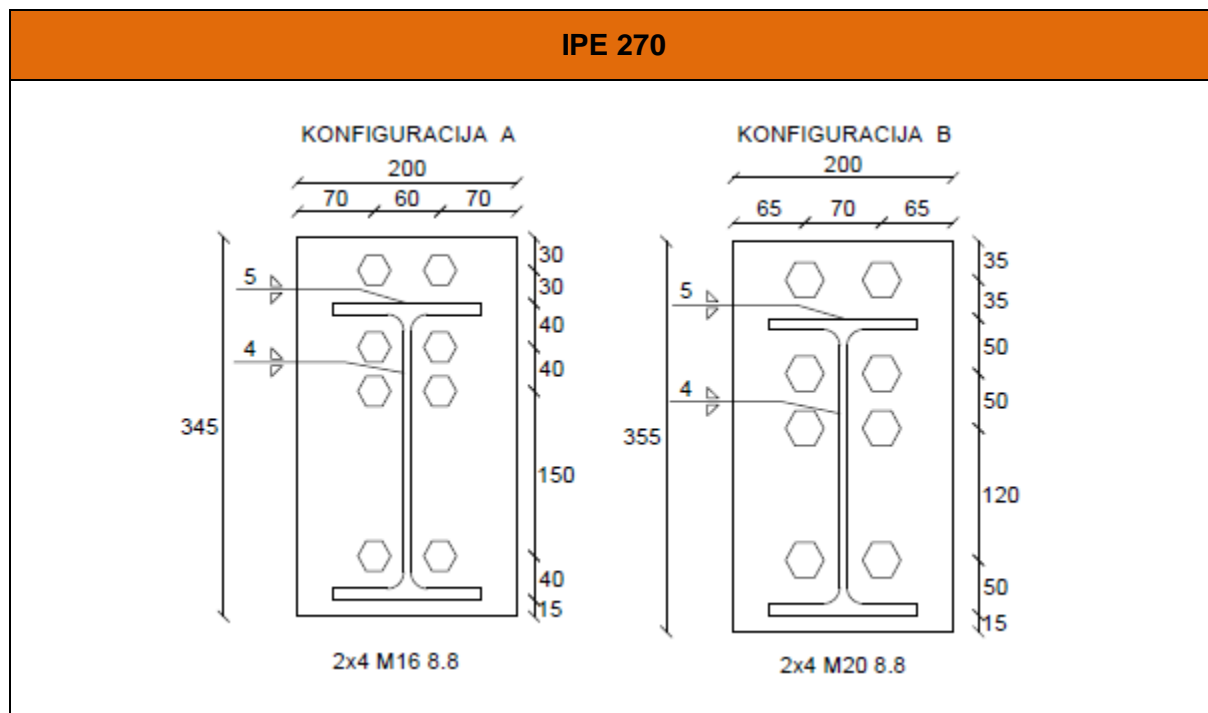
Tabela 9: Tabela nosilnosti za IPE 220

IPE 220												
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>KONFIGURACIJA A</p> <p>2x3 M16 8.8</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>KONFIGURACIJA B</p> <p>2x4 M16 8.8</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>KONFIGURACIJA C</p> <p>2x5 M16 8.8</p> </div> </div>												
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M16 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	12	mm	130	160	28	/	318	318	67	64
		b_p	200	mm								
		l_p	295	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	5	mm									
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x3	M16 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	18	mm	168	150	/	/	318	318	67	68
		b_p	200	mm								
		l_p	295	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	5	mm									
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M16 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	18	mm	180	180	119	/	479	479	101	92
		b_p	200	mm								
		l_p	295	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	5	mm									
KONFIGURACIJA C	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x5	M16 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	12	mm	135	180	130	34	479	479	101	86
		b_p	150	mm								
		l_p	295	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	5	mm									

Tabela 10: Tabela nosilnosti za IPE 240

IPE 240												
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M16 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOEVINA	t_p	12	mm	130	160	84	/	374	374	86	79
		b_p	200	mm								
		l_p	315	mm								
	ZVARI	a_w	3	mm								
		a_f	5	mm								
	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
VIJAKI	2x4	M16 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm		
ČELNA PLOEVINA	t_p	18	mm	168	180	26	/	374	374	86	84	
	b_p	200	mm									
	l_p	315	mm									
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	5	mm									
KONFIGURACIJA C	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M20 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOEVINA	t_p	15	mm	216	282	67	/	565	565	130	120
		b_p	200	mm								
		l_p	325	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	5	mm									
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x5	M16 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOEVINA	t_p	18	mm	180	180	143	62	565	565	130	112
		b_p	200	mm								
		l_p	315	mm								
ZVARI	a_w	3	mm									
	a_f	5	mm									

Tabela 11: Tabela nosilnosti za IPE 270



KONFIGURACIJA	JEKLO		S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x4	M16	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
A	ČELNA PLOČEVINA	t_p	18	mm	196	232	11	/	439	439	114	112
		b_p	200	mm								
		l_p	345	mm								
	ZVARI	a_w	4	mm	196	232	11	/	439	439	114	112
		a_f	5	mm								
B	JEKLO		S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x4	M20	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	15	mm	180	251	8	/	439	439	114	109
		b_p	200	mm								
		l_p	355	mm								
	ZVARI	a_w	4	mm	180	251	8	/	439	439	114	109
		a_f	5	mm								
	JEKLO		S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x4	M20	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	15	mm	216	282	164	/	662	662	172	152
		b_p	200	mm								
		l_p	355	mm								
	ZVARI	a_w	4	mm	216	282	164	/	662	662	172	152
a_f		5	mm									
JEKLO		S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
VIJAKI	2x4	M20	8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
ČELNA PLOČEVINA	t_p	20	mm	264	282	116	/	662	662	172	159	
	b_p	200	mm									
	l_p	355	mm									
ZVARI	a_w	4	mm	264	282	116	/	662	662	172	159	
	a_f	5	mm									

Tabela 12: Tabela nosilnosti za IPE 300

IPE 300												
		2x4 M16 8.8		2x4 M16 8.8		2x5 M20 8.8						
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4 M16 8.8		kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	18 mm		168	180	152	/	500	512	148	133
		b_p	200 mm									
		l_p	375 mm									
ZVARI	a_w	4 mm										
	a_f	5 mm										
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4 M20 8.8		kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	15 mm		180	251	81	/	512	512	148	137
		b_p	200 mm									
		l_p	385 mm									
	ZVARI	a_w	4 mm									
		a_f	5 mm									
	KONFIGURACIJA B	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$
		VIJAKI	2x4 M20 8.8		kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm
ČELNA PLOČEVINA		t_p	20 mm		264	282	224	/	770	771	223	200
		b_p	200 mm									
		l_p	385 mm									
ZVARI	a_w	4 mm										
	a_f	5 mm										
KONFIGURACIJA C	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x5 M20 8.8		kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	15 mm		216	282	206	67	771	771	223	190
		b_p	200 mm									
		l_p	385 mm									
ZVARI	a_w	4 mm										
	a_f	5 mm										

Tabela 13: Tabela nosilnosti za IPE 330

IPE 330														
KONFIGURACIJA A			KONFIGURACIJA B			KONFIGURACIJA C								
2x4 M20 8.8			2x4 M24 8.8			2x5 M20 8.8								
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$			
	VIJAKI	2x4	M20 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm			
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	15 mm		188	251	154	/	593	593	189	171		
		b_p	200 mm											
		l_p	415 mm											
	ZVARI	a_w	4 mm											
		a_f	6 mm											
	KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$		
VIJAKI		2x4	M20 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm			
ČELNA PLOČEVINA		t_p	20 mm		231	282	80	/	593	593	189	178		
		b_p	200 mm											
		l_p	415 mm											
ZVARI		a_w	4 mm											
		a_f	6 mm											
KONFIGURACIJA B		JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$		
	VIJAKI	2x4	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm			
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	20 mm		319	406	170	/	895	895	285	258		
		b_p	200 mm											
		l_p	425 mm											
	ZVARI	a_w	4 mm											
		a_f	6 mm											
	KONFIGURACIJA C	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{c,Rd}$	$M_{j,Rd}$		
VIJAKI		2x5	M20 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm			
ČELNA PLOČEVINA		t_p	20 mm		269	282	231	113	895	895	285	246		
		b_p	200 mm											
		l_p	415 mm											
ZVARI		a_w	4 mm											
		a_f	6 mm											

Tabela 14: Tabela nosilnosti za IPE 360

IPE 360												
		KONFIGURACIJA A				KONFIGURACIJA B						
		2x4 M20 8.8				2x4 M24 8.8						
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M20 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	20	mm	231	282	175	/	688	688	239	220
		b_p	200	mm								
		l_p	445	mm								
ZVARI	a_w	4	mm									
	a_f	6	mm									
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	20	mm	283	393	12	/	688	688	239	230
		b_p	200	mm								
		l_p	455	mm								
	ZVARI	a_w	4	mm								
		a_f	6	mm								
	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	20	mm	319	406	317	/	1042	1042	362	319
		b_p	200	mm								
		l_p	455	mm								
	ZVARI	a_w	4	mm								
a_f		6	mm									
JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$		
VIJAKI	2x4	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm		
ČELNA PLOČEVINA	t_p	25	mm	373	406	263	/	1042	1042	362	328	
	b_p	200	mm									
	l_p	455	mm									
ZVARI	a_w	4	mm									
	a_f	6	mm									

Tabela 15: Tabela nosilnosti za IPE 400

IPE 400												
		KONFIGURACIJA A				KONFIGURACIJA B						
		2x4 M24 8.8				2x5 M24 8.8						
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	20	mm	307	393	94	/	794	794	307	290
		b_p	250	mm								
		l_p	495	mm								
	ZVARI	a_w	4	mm	307	393	94	/	794	794	307	290
		a_f	7	mm								
	KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
VIJAKI		2x4	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
ČELNA PLOČEVINA		t_p	25	mm	353	406	35	/	794	794	307	298
		b_p	250	mm								
		l_p	495	mm								
ZVARI		a_w	4	mm	353	406	35	/	794	794	307	298
		a_f	7	mm								
KONFIGURACIJA B		JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
	VIJAKI	2x5	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	25	mm	406	406	333	56	1201	1201	464	414
		b_p	250	mm								
		l_p	495	mm								
	ZVARI	a_w	4	mm	406	406	333	56	1201	1201	464	414
		a_f	7	mm								
	KONFIGURACIJA B	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$
VIJAKI		2x5	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
ČELNA PLOČEVINA		t_p	20	mm	348	406	333	114	1201	1201	464	401
		b_p	250	mm								
		l_p	495	mm								
ZVARI		a_w	4	mm	348	406	333	114	1201	1201	464	401
		a_f	7	mm								

Tabela 16: Tabela nosilnosti za IPE 450

IPE 450														
KONFIGURACIJA A			KONFIGURACIJA B			KONFIGURACIJA C								
			2x4 M24 8.8			2x5 M24 8.8			2x5 M20 8.8					
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$			
	VIJAKI	2x4	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm			
	ČELNA PLOEVINA	t_p	25	mm	353	406	160	/	919	919	400	377		
		b_p	250	mm										
		l_p	545	mm										
	ZVARI	a_w	5	mm										
		a_f	7	mm										
	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$			
VIJAKI	2x4	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm				
ČELNA PLOEVINA	t_p	20	mm	307	393	219	/	919	919	400	369			
	b_p	250	mm											
	l_p	545	mm											
ZVARI	a_w	5	mm											
	a_f	7	mm											
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$			
	VIJAKI	2x5	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm			
	ČELNA PLOEVINA	t_p	25	mm	406	406	342	233	1387	1387	604	523		
		b_p	250	mm										
		l_p	545	mm										
ZVARI	a_w	5	mm											
	a_f	7	mm											
KONFIGURACIJA C	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$			
	VIJAKI	2x5	M27 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm			
	ČELNA PLOEVINA	t_p	25	mm	458	528	401	/	1387	1387	604	542		
		b_p	250	mm										
		l_p	555	mm										
ZVARI	a_w	5	mm											
	a_f	7	mm											

Tabela 17: Tabela nosilnosti za IPE 500

IPE 500												
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x5	M24 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	25	mm	357	406	282	21	1066	1066	516	477
		b_p	250	mm								
		l_p	600	mm								
ZVARI	a_w	5	mm									
		a_f	8	mm								
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M27 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	25	mm	407	528	131	/	1066	1066	516	487
		b_p	250	mm								
		l_p	610	mm								
ZVARI	a_w	5	mm									
		a_f	8	mm								
KONFIGURACIJA C	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x5	M27 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	25	mm	465	528	440	177	1610	1610	779	677
		b_p	250	mm								
		l_p	610	mm								
	ZVARI	a_w	5	mm								
			a_f	8	mm							
	JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x5	M27 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
ČELNA PLOČEVINA	t_p	30	mm	528	528	440	114	1610	1610	779	693	
	b_p	250	mm									
	l_p	610	mm									
ZVARI	a_w	5	mm									
		a_f	8	mm								

Tabela 18: Tabela nosilnosti za IPE 550

IPE 550													
KONFIGURACIJA A						KONFIGURACIJA B							
2x4 M27 8.8						2x5 M27 8.8							
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$		
	VIJAKI	2x4	M27 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm		
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	25	mm	407	528	294	/	1229	1229	655	606	
		b_p	250	mm									
		l_p	660	mm									
	ZVARI	a_w	6	mm	407	528	294	/	1229	1229	655	606	
		a_f	8	mm									
	KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
		VIJAKI	2x4	M27 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
		ČELNA PLOČEVINA	t_p	30	mm	457	528	244	/	1229	1229	655	615
			b_p	250	mm								
			l_p	660	mm								
ZVARI		a_w	6	mm	457	528	244	/	1229	1229	655	615	
		a_f	8	mm									
KONFIGURACIJA B		JEKLO	S355		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
		VIJAKI	2x5	M27 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
		ČELNA PLOČEVINA	t_p	30	mm	528	528	450	350	1856	1856	989	855
			b_p	250	mm								
			l_p	660	mm								
	ZVARI	a_w	6	mm	528	528	450	350	1856	1856	989	855	
		a_f	8	Mm									

Tabela 19: Tabela nosilnosti za IPE 600

IPE 600												
		KONFIGURACIJA A				KONFIGURACIJA B						
KONFIGURACIJA A	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x4	M27 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	30	mm	462	528	430	/	1420	1420	825	762
		b_p	250	mm								
		l_p	710	mm								
	ZVARI	a_w	6	mm								
a_f		9	mm									
KONFIGURACIJA B	JEKLO	S235		$F_{T,1,Rd}$	$F_{T,2,Rd}$	$F_{T,3,Rd}$	$F_{T,4,Rd}$	$\Sigma F_{T,i,Rd}$	$F_{f,c,Rd}$	$M_{pl,Rd}$	$M_{j,Rd}$	
	VIJAKI	2x5	M27 8.8	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kNm	kNm	
	ČELNA PLOČEVINA	t_p	25	mm	411	528	381	100	1420	1420	825	746
		b_p	250	mm								
		l_p	710	mm								
	ZVARI	a_w	6	mm								
a_f		9	mm									