

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:

Hekič, D., 2016. Statična analiza strešne konstrukcije objekta kulturne dediščine aluo na Erjavčevi cesti v Ljubljani. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Bosiljkov, V., somentor Antolinc, D.): 36 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5825/>

Datum arhiviranja: 12-10-2016

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:

Hekič, D., 2016. Statična analiza strešne konstrukcije objekta kulturne dediščine aluo na Erjavčevi cesti v Ljubljani. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Bosiljkov, V., co-supervisor Antolinc, D.): 36 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5825/>

Archiving Date: 12-10-2016

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:

**DORON HEKIČ**

**STATIČNA ANALIZA STREŠNE KONSTRUKCIJE  
OBJEKTA KULTURNE DEDIŠČINE ALUO NA  
ERJAVČEVI CESTI V LJUBLJANI**

Diplomska naloga št.: 255/B-GR

**STATIC ANALYSIS OF TIMBER ROOF STRUCTURE  
OF ALUO CULTURAL HERITAGE BUILDING AT  
ERJAVČEVA ST. IN LJUBLJANA**

Graduation thesis No.: 255/B-GR

**Mentor:**

izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov

**Somentor:**

asist. dr. David Antolinc

Ljubljana, 15. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

»Ta stran je namenoma prazna.«

## IZJAVE

Spodaj podpisani študent Doron Hekič, z vpisno številko 26110418, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Statična analiza strešne konstrukcije objekta kulturne dediščine ALUO na Erjavčevi cesti v Ljubljani

### 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 Ljubljani, 11.9.2016

Doron Hekič

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	624.04:69.059.7:692.4:719(043.2)
<b>Avtor:</b>	Doron Hekič
<b>Mentor:</b>	izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov
<b>Somentor:</b>	asist. dr. David Antolinc
<b>Naslov:</b>	Statična analiza strešne konstrukcije objekta kulturne dediščine ALUO na Erjavčevi cesti v Ljubljani
<b>Tip dokumenta:</b>	diplomska naloga – univerzitetni študij
<b>Obseg in oprema:</b>	36 str., 9 pregl., 38 sl., 64 en., 4 pril.
<b>Ključne besede:</b>	statična analiza, prenova ostrešja, kulturna dediščina, leseno ostrešje, Akademija za likovno umetnost in oblikovanje Ljubljana

### **Izvleček**

V diplomski nalogi je predstavljena statična analiza ostrešja, opravljena na objektu Akademije za likovno umetnost in oblikovanje, ki se nahaja na Erjavčevi cesti v Ljubljani in se uvršča na seznam kulturne dediščine. V prvem delu je opisan potek meritev in pridobivanje obstoječe dokumentacije, kar je predstavljalo osnovo za izdelavo posnetka obstoječega stanja. Zaradi nedostopnosti in prepovedi poseganja v objekt se je bilo pri izdelavi posnetka potrebno na več mestih sklicevati zgolj na načrte iz prejšnjih let ter priporočila za izdelavo klasičnih lesenih ostrešij iz starejše literature. Nadalje je prikazan 3D arhitekturni model ostrešja, ki je skupaj z določili iz standarda Evrokod in priporočil iz Priročnika za projektiranje gradbenih konstrukcij po Evrokod standardih služil za izdelavo računskih modelov elementov ostrešja. Tako kot arhitekturni model je prikazan tudi računski model in sicer za vsak element, na katerem so bile opravljene kontrole v mejnih stanjih. Statična analiza ostrešja je bila opravljena v programu SAP2000. Na podlagi izračunanih notranjih statičnih količin, pomikov in osnovnih izrazov za kontrole v mejnih stanjih nosilnosti in uporabnosti, katere podaja standard SIST EN 1995-1-1:2005, so bile izvedene kontrole elementov ostrešja v mejnih stanjih nosilnosti in uporabnosti. V zadnjem delu so povzeti rezultati, ki v mejnih stanjih nosilnosti večino elementov ostrešja opredelijo kot varne in v mejnih stanjih uporabnosti, z ozirom na omejitve iz standarda, kot neuporabne.

»Ta stran je namenoma prazna.«



## **BIBLIOGRAFIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	624.04:69.059.7:692.4:719(043.2)
<b>Author:</b>	Doron Hekič
<b>Supervisor:</b>	Assoc. Prof. Vlatko Bosiljkov, Ph. D.
<b>Cosupervisor:</b>	Assist. David Antolinc, Ph. D.
<b>Title:</b>	Static Analysis of Timber Roof Structure of ALUO Cultural Heritage Building at Erjavčeva St. in Ljubljana
<b>Document type:</b>	Graduation Thesis – University studies
<b>Scope and tools:</b>	36 p., 9 tab., 38 fig., 64 eq., 4 ann.
<b>Keywords:</b>	static analysis, roof structure renovation, cultural heritage, timber roof structure, Academy of Fine Arts and Design Ljubljana

### **Abstract**

The thesis presents static analysis of timber roof structure of Academy of Fine Arts and Design cultural heritage building at Erjavčeva St. in Ljubljana. In the first part of the thesis, the measurement process and overview of existing documentation is described. Due to inaccessibility and prohibition of structure modifying, at many parts of the structure the basis for drawing an architectural plan of existing situation were old plans and old instructions for building timber roofs. Afterwards, 3D architectural model of roof structure was made. It was the basis for computational model, which was determined by taking Eurocode standards and manual for the design of building structures to Eurocode standards into account. Such as an architectural model, the computational models for every structure element, which carried out controls in limit states are also shown. Static analysis was carried out in SAP2000 software. Based on calculated internal forces, displacements and basic terms for limit states controls, given by standard SIST EN 1995-1-1:2005, structure element controls were carried out for ultimate limit states and serviceability limit states.

In the last part of the thesis results are summarized. In ultimate limit states most of the structure elements are safe, while in ultimate serviceability limit states most of the structure elements are useless.

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju, izr. prof. dr. Vlatku Bosiljkovu, za strokovne nasvete in pomoč pri izdelavi diplomske naloge ter ponujeno priložnost za sodelovanje na projektu. Prav tako se zahvaljujem somentorju, asist. dr. Davidu Antolincu, za strokovne komentarje in razlage.

Iskreno se zahvaljujem staršem, ki so mi omogočili nemoten študijski proces in me tekom študija spodbujali in podpirali, še posebej očetu, ki me je vpeljal v čudoviti svet gradbeništva. Hvala Anji, ki me je vedno razumela in podpirala ter pomagala povsod, kjer je lahko. Za streho nad glavo v času študija in vso izkazano zaupanje ter podporo se zahvaljujem Urši in Bojanu.

Zahvaljujem se tudi vsem prijateljem in sošolcem, ki so mi tekom študija nudili nesebično pomoč, me podpirali in motivirali.

Za šolski in visokošolski sistem, v katerem mi je bila omogočena izobrazba, se zahvaljujem Republiki Sloveniji.

»Ta stran je namenoma prazna.«

## KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA.....	I
IZJAVE.....	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	V
BIBLIOGRAFIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	VII
ZAHVALA .....	IX
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Opredelitev problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Cilji naloge .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBRAVNAVANI OBJEKT.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Zgodovina objekta .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Meritve na terenu .....</b>	<b>2</b>
<b>2.3 Opis konstrukcije ostrešja .....</b>	<b>3</b>
<b>2.4 Načrti objekta .....</b>	<b>4</b>
<b>3. LASTNOSTI VGRAJENIH MATERIALOV .....</b>	<b>6</b>
<b>4. VPLIVI NA KONSTRUKCIJO .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 Stalni vplivi (G).....</b>	<b>7</b>
4.1.1 Lastna teža konstrukcije .....	7
4.1.2 Preostali stalni vplivi .....	7
<b>4.2 Spremenljivi vplivi (Q).....</b>	<b>8</b>
4.2.1 Koristna obtežba strehe na račun vzdrževanja .....	8
4.2.2 Obtežba snega.....	8
4.2.3 Obtežba vetra.....	10
<b>4.3 Varnostni faktorji in obtežne kombinacije .....</b>	<b>14</b>
4.3.1 Projektne vrednosti vplivov .....	14
4.3.2 Projektne vrednosti učinkov vplivov .....	14
4.3.3 Projektne vrednosti lastnosti materiala .....	14
4.3.4 Kombinacije vplivov .....	15
<b>5. RAČUNSKI MODELI KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Špirovec.....</b>	<b>18</b>
5.1.1 Špirovec SL16 .....	18
5.1.2 Špirovec SC7.....	19
5.1.3 Špirovec SC9.....	19
5.1.4 Špirovec SC12.....	20
5.1.5 Špirovec SC11 .....	20
<b>5.2 Greben.....</b>	<b>20</b>
5.2.1 Greben GV2 .....	21
<b>5.3 Žlotnik.....</b>	<b>21</b>
5.3.1 Žlotnik ZM1 .....	22
<b>5.4 Lega .....</b>	<b>22</b>

»Ta stran je namenoma prazna.«

5.4.1	Vmesna lega LVL1.....	22
5.4.2	Vmesna lega LVC1 .....	23
5.4.3	Kapna lega LKC1 .....	23
<b>5.5</b>	<b>Poveznik .....</b>	<b>24</b>
5.5.1	Poveznika P4 in P2.....	24
<b>5.6</b>	<b>Soha .....</b>	<b>24</b>
5.6.1	Sohi SSL1 in SSL4.....	25
<b>5.7</b>	<b>Opirač.....</b>	<b>25</b>
5.7.1	Opirač OD3 .....	25
<b>5.8</b>	<b>Razpirač .....</b>	<b>25</b>
5.8.1	Razpirač R3 .....	25
<b>5.9</b>	<b>Ročica .....</b>	<b>26</b>
5.9.1	Ročica RL5.....	26
<b>5.10</b>	<b>Pol-škarje .....</b>	<b>26</b>
5.10.1	Pol-škarje EL5 .....	26
<b>6.</b>	<b>KONTROLA NOSILNOSTI IN UPORABNOSTI.....</b>	<b>27</b>
<b>6.1</b>	<b>Splošni izrazi za kontrolo napetosti elementov v mejnem stanju nosilnosti.....</b>	<b>27</b>
6.1.1	Centrični nateg v smeri vlaken .....	27
6.1.2	Centrični tlak v smeri vlaken.....	27
6.1.3	Tlak pravokotno na vlakna .....	28
6.1.4	Tlak pod poljubnim kotom glede na smer vlaken .....	29
6.1.5	Upogib.....	29
6.1.6	Strig.....	31
<b>6.2</b>	<b>Splošni izrazi za kontrolo uporabnosti konstrukcije .....</b>	<b>32</b>
6.2.1	Mejno stanje pomikov .....	32
<b>6.3</b>	<b>Povzetek in komentar rezultatov .....</b>	<b>33</b>
<b>7.</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>34</b>
<b>VIRI</b>	<b>.....</b>	<b>35</b>

»Ta stran je namenoma prazna.«



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 2.1: Oznake in dimenzije elementov ostrešja .....	5
Preglednica 3.1: Karakteristične, projektne trdnosti in togostne lastnosti masivnega lesa po SIST EN 338:2000 .....	6
Preglednica 4.1: Izračun vseh preostalih stalnih vplivov .....	7
Preglednica 4.2: Vrednosti faktorja $k_{mod}$ (SIST EN 1995-1-1:2005).....	15
Preglednica 4.3: Delni varnostni faktorji za osnovne kombinacije vplivov v MSN (SIST EN 1990:2004) .....	16
Preglednica 4.4: Priporočene vrednosti faktorjev $\psi$ za stavbe (SIST EN 1990:2004).....	16
Preglednica 5.1: Kombinacije obtežb s pripadajočimi faktorji za MSN .....	19
Preglednica 6.1: Končni koeficienti lezenja $k_{def}$ za masivni les (EN 1995-1-1: Pr. :3.2).....	32
Preglednica 6.2: Osnovne vrednosti mejnih pomikov (EN 1995-1-1: Pr. :7.2).....	32

»Ta stran je namenoma prazna.«

## KAZALO SLIK

Slika 2.1: Pogled na 3D arhitekturni model objekta iz SZ (v naravi pogled iz JV).....	2
Slika 2.2: Trikotno in dve trapezni vešali v glavnem delu.....	3
Slika 2.3: Trikotno vešalo v glavnem delu .....	3
Slika 2.4: Oznake elementov ostrešja v tlorisu .....	4
Slika 2.5: Oznake elementov trapeznega vešala TRAV1 .....	4
Slika 2.6: Oznake elementov vešal TRAV2, TRIV1, TRAV3 .....	5
Slika 4.1: Prikaz nenakopičenega snega na dvokapnem delu strehe .....	9
Slika 4.2: Prikaz nakopičenega snega (levi del) na dvokapnem delu strehe .....	9
Slika 4.3: Prikaz nakopičenega snega (desni del) na dvokapnem delu strehe.....	9
Slika 4.4: Prikaz nakopičenega oz. nenakopičenega snega na enokapnem delu strehe.....	9
Slika 4.5: Različne kategorije terena v okolici objekta.....	11
Slika 4.6: Koeficienti <i>cpe</i> za glavni del strehe ob delovanju vetra z juga (levo) in severa (desno) .....	12
Slika 4.7: Koeficienti <i>cpe</i> za glavni del strehe ob delovanju vetra z vzhoda (levo) in zahoda (desno).13	
Slika 4.8: Dejanske dolžine špirovcev SD9, SD10, SD11 in SD12.....	13
Slika 4.9: Nadomestne dolžine špirovcev SD9, SD10, SD11 in SD12.....	13
Slika 4.10: Dodatna površina, ki odpade na nadomestne špirovce .....	13
Slika 5.1: Enakomerna površinska obtežba, ki deluje na špirovce.....	17
Slika 5.2: Enakomerne linijske obtežbe, ki odpadejo na posamezen špirovec.....	17
Slika 5.3: Prikaz delovanja stalne obtežbe špirovca .....	18
Slika 5.4: Prikaz delovanja obtežbe snega na špirovec.....	18
Slika 5.5: Prikaz delovanja obtežbe vetra na špirovec .....	18
Slika 5.6: Model špirovca SL16 .....	18
Slika 5.7: Model špirovca SC7.....	19
Slika 5.8: Model špirovca SC9.....	19
Slika 5.9: Model špirovca SC12.....	20
Slika 5.10: Model špirovca SC11 .....	20
Slika 5.11: Zasek med elementoma SC11 ter LVC1 .....	20
Slika 5.12: Model grebena GV2.....	21
Slika 5.13: Vplivna območja pri določitvi obtežb .....	21
Slika 5.14: 3D model obeh žlotnikov, uporabljen za račun NSK .....	21
Slika 5.15: Model žlotnika ZM1 .....	22
Slika 5.16: Model vmesne lege LVL1 .....	22
Slika 5.17: Model trapeznega vešala TRAV3 .....	23
Slika 5.18: Model kapne lege LKC1 .....	23
Slika 5.19: Model trapeznega vešala .....	24
Slika 5.20: Model vešala TRIV 1 in TRAV 3 v pogledu z južne strani objekta .....	26

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **1. UVOD**

### **1.1 Opredelitev problema**

V diplomski nalogi je obravnavano ostrešje obstoječega objekta, ki je uvrščen v register nepremične kulturne dediščine. Objekt varno stoji in s tem svojo funkcijo neprekinjeno opravlja že več kot 100 let, kar je več kot projektna življenjska doba večine stavb v današnjem času. Glede na omenjene okoliščine je smiselno sklepati, da je bil objekt projektiran in izveden ustrezno ter da je s primerno stopnjo zanesljivosti sposoben kljubovati vsem obtežbam, ki nanj v življenjski dobi delujejo, z izjemo potresa, kjer je stopnja zanesljivosti vprašljiva. Po drugi strani se je potrebno zavedati, da so bila stara enostavna priporočila za projektiranje lesenih konstrukcij drugačna od današnjih predpisov, ki so rezultat številnih raziskav. Objekt je bil v svoji življenjski dobi večkrat saniran, pod velik vprašaj pa se postavlja predvsem ustrezno vzdrževanje objekta. Za les, ki je osnovni gradnik obravnavanega ostrešja, je namreč znano, da se lahko v ustreznih pogojih ohrani zelo dolgo časovno obdobje in da, v izmeničnih pogojih navlaževanja in sušenja, izjemno hitro propada.

Obstoječi načrti adaptacije objekta in ostrešja iz prejšnjega stoletja so služili kot osnova za izdelavo posnetka obstoječega stanja objekta. Iz načrtov so bili jasno razvidni konstrukcijski sistemi in dimenzije, ki jih je projektant predvidel, a je ogled na terenu na več mestih pokazal odstopanja, ki niso zanemarljiva. Tako je obravnavano ostrešje poleg upoštevanja starih priporočil na več mestih tudi neskladno s projektno dokumentacijo, kar ob upoštevanju današnjih pravilnikov predstavlja resno dilemo o varnosti konstrukcije.

### **1.2 Cilji naloge**

Cilj diplomske naloge je preveriti nosilnost in uporabnost ostrešja objekta kulturne dediščine ob upoštevanju trenutnih Evrokod standardov. Na osnovi posnetka trenutnega stanja ostrešja je izdelan računski model, ki služi za izračun notranjih statičnih količin in pomikov elementov ostrešja. Računski modeli elementov in obtežbe, ki delujejo na ostrešje, so določeni v skladu z določili iz standarda Evrokod, tako kot to velja tudi za mejna stanja nosilnosti in uporabnosti.

## 2. OBRAVNAVANI OBJEKT

### 2.1 Zgodovina objekta

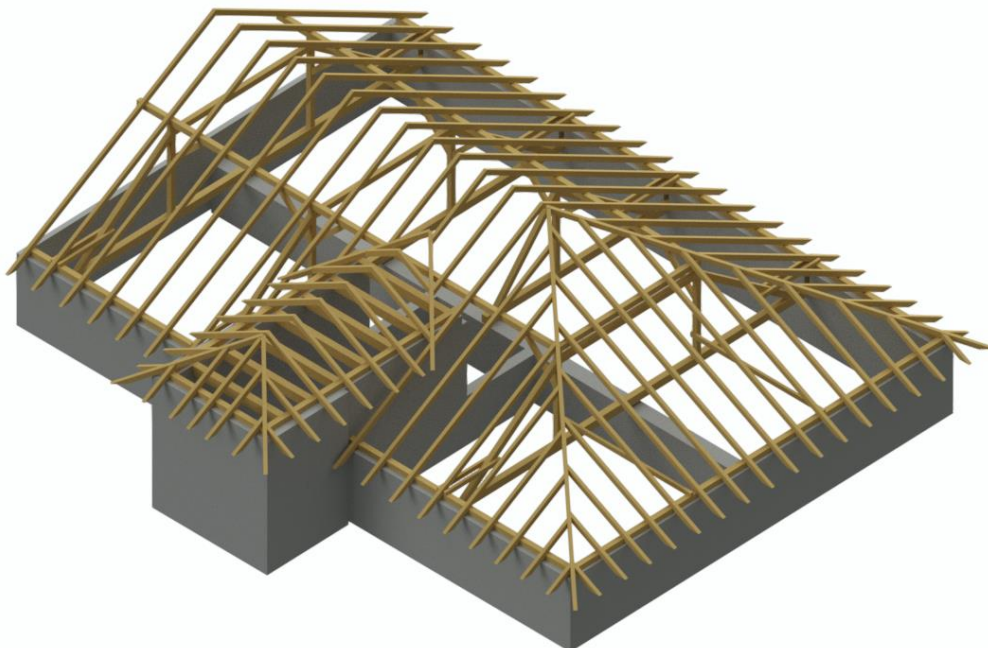
Objekt se nahaja na Erjavčevi cesti 23. Zgrajen je bil leta 1892, v njem pa prostore trenutno zaseda Akademija za likovno umetnost in oblikovanje Univerze v Ljubljani. Objekt je identificiran kot nepremična kulturna dediščina, zato zanj veljajo posebni konzervatorski pogoji. Objekt ni bil zgrajen za izobraževalno dejavnost, a so kljub temu že od leta 1895 njegove prostore zasedale nemška deška in nato še dekliška šola, III. deška osnovna šola, VI. osnovna šola na Vrtači, od leta 1962 do danes pa Akademija za likovno umetnost in oblikovanje.

### 2.2 Meritve na terenu

Podatki o objektu, ki so bili pridobljeni v arhivu Akademije za likovno umetnost in oblikovanje ter arhivu Univerze v Ljubljani, so služili za oceno trenutnega stanja objekta. Ker je bilo iz množice različnih arhitekturnih načrtov in načrtov za adaptacijo izdelane v več različnih časovnih obdobjih težko razbrati dejansko stanje objekta, so povsem realno sliko pokazale šele meritve na terenu.

Na terenu se je na več mestih izkazalo, da dimenzije in pozicije elementov ostrešja niso enake načrtovanim. Pri meritvah prečnih prerezov elementov ostrešja je bilo zaznati zmanjšanje dimenzij od tistih iz načrta tudi do 10%, kar gre najverjetneje pripisati načinu obdelave lesa in krčenju. Iz načrtov je bilo razvidno, da konstrukcijo ostrešja sestavljajo 4 trapezna vešala, ogled na terenu pa je pokazal, da je bilo eno od trapeznih vešal zamenjano s trikotnim vešalom. Zaradi prepovedi kakršnegakoli poseganja v ostrešje se je bilo pri dimenzijah in pozicijah elementov na več mestih potrebno sklicevati zgolj na načrte ter priporočila za izvedbo lesenih ostrešij iz starejše literature.

Na podlagi meritev so bili v programu AutoCAD izdelani načrti in prerezi objekta. Za lažjo predstavbo in vse nadaljnje izračune je bil izdelan tudi 3D arhitekturni model ostrešja. Zaradi boljše preglednosti in lažjega razumevanja so tekom celotnega diplomskega dela vse označene smeri neba orientirane drugače od dejanskih v naravi. Dogovorjene smeri neba so označene na sliki 2.1.



Slika 2.1: Pogled na 3D arhitekturni model objekta iz SZ (v naravi pogled iz JV)

### 2.3 Opis konstrukcije ostrešja

Ostrešje obravnavanega objekta je sestavljeno iz ostrešja nad glavnim delom, ki pokriva podstrešne prostore (učilnice), in ostrešja nad stopniščem. Glavni del je tri kapen, z grebenom proti zahodu. Na vzhodnem delu se objekt stika s sosednjim objektom. S severne strani se na glavni del priključuje stopniščni del, ki je prav tako tri kapen, s čopom proti severu.

Gabariti objekta znašajo 19,33 metrov (dolžina) ter 17,77 metrov (širina). Višina objekta znaša 22,28 metrov, od tega ostrešje predstavlja 4,86 metra. Naklon vseh strešin znaša 29 stopinj.

Meritve na terenu so pokazale, da je bilo ostrešje pred nekaj deset leti renovirano. Špirovci, greben, žlotniki, ročice in pol-škarje so izdelani iz žaganega smrekovega lesa, kateremu je bil predpisan trdnostni razred C30. Vsi ostali elementi (kapne lege, vmesne lege, elementi vešal, ...) pa so izdelani iz tesanega lesa, kateremu je bil predpisan trdnostni razred C40. Potrebno je omeniti, da zaradi prepovedi poseganja v konstrukcijo lastnosti lesa niso bile izmerjene, temveč predpostavljene.

Špirovci na objektu so dimenzij 10/15 [cm/cm]. Enakih dimenzij so tudi vsi štirje grebeni in oba žlotnika. Kapne lege so dimenzij 16/16 [cm/cm], vmesni legi pa 15/18 [cm/cm]. Od vzhodne proti zahodni strani objekta kapne lege podpira zidovje objekta, vmesne lege pa so podprte s tremi trapeznimi, enim trikotnim vešalom in pripadajočimi ročicami. Trapezno vešalo je sestavljeno iz poveznika dimenzij 18/24 [cm/cm], razpirača dimenzij 15/18 [cm/cm], dveh opiračev dimenzij 15/18 [cm/cm], dveh soh dimenzij 15/15 [cm/cm], ki podpirata vmesni legi, in dveh soh dimenzij 15/15 [cm/cm], ki podpirata kapne lege. Na obeh straneh je opirač povezan s kapno lego preko dveh vzporednih pol-škarij dimenzij 8/14 [cm/cm]. Za razliko od običajnih trapeznih vešal, ki so podprti le na krajiščih, so na tem objektu z nosilnim zidom podprti še približno na sredini razpona.

Vertikalna in horizontalna obtežba (lastna teža, sneg, veter), ki deluje na konstrukcijo, se v glavnem delu iz kritine in letev preko špirovcev prenese na vmesni legi in kapne lege. Iz vmesnih leg se obtežba preko trapeznih in trikotnega vešala prenese na nosilne zidove, ki podpirajo vešala. Horizontalna obtežba iz kapnih leg se preko pol-škarij prenese na trapezna in trikotno vešalo ter naprej v nosilne zidove, vertikalna obtežba pa se prenaša neposredno v nosilne zidove, s katerimi je podprta. V stopniščnem delu ni vešal, zato se skoraj vsa horizontalna in vertikalna obtežba s špirovcev preko kapnih leg prenese v nosilne zidove na stopnišču, manjši del pa se preko žlotnika prenese tudi na vmesno lego v glavnem delu.



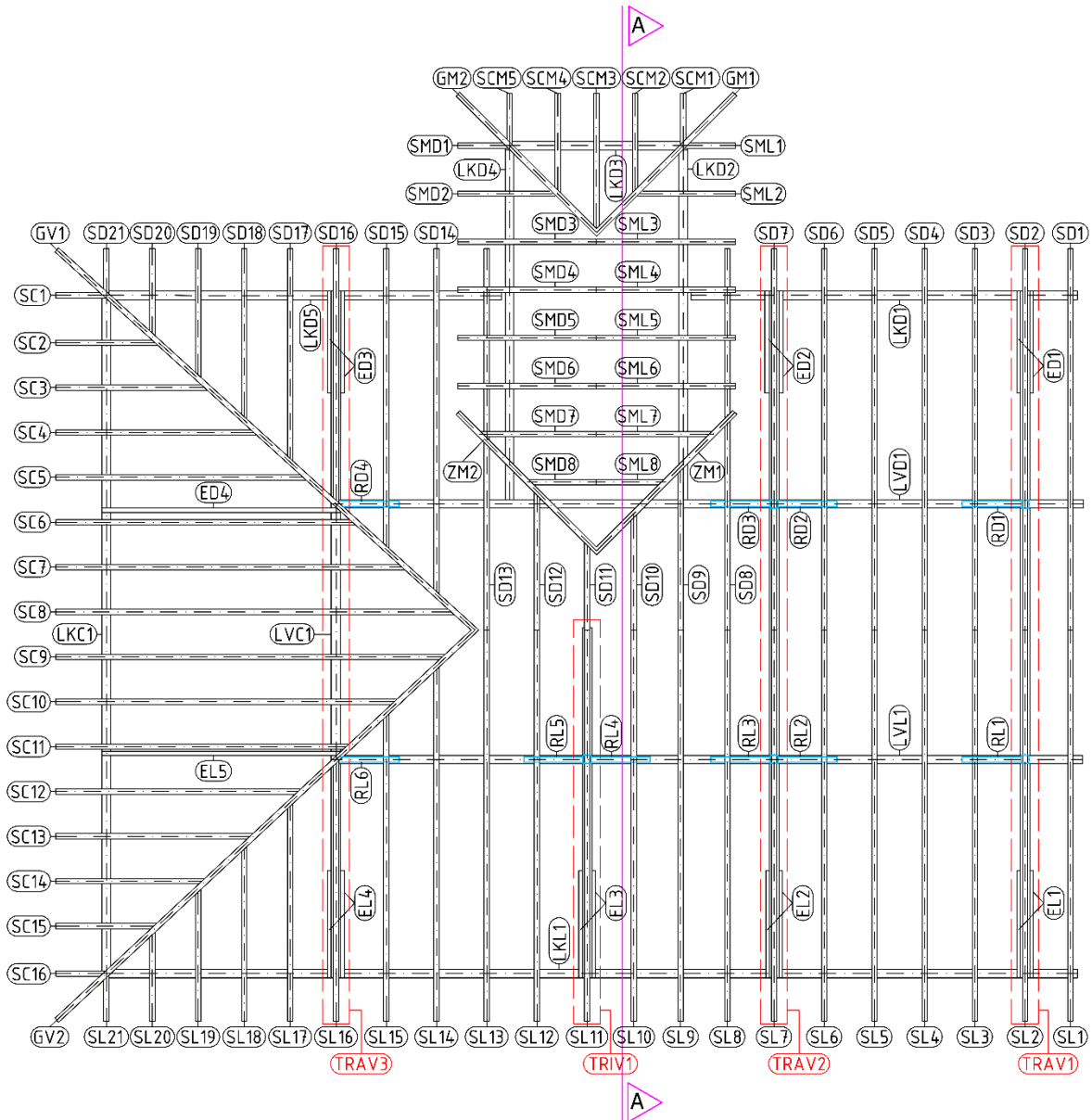
Slika 2.2: Trikotno in dve trapezni vešali v glavnem delu



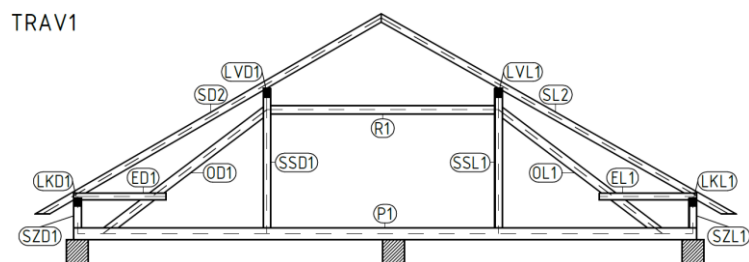
Slika 2.3: Trikotno vešalo v glavnem delu

## 2.4 Načrti objekta

Na podlagi arhivskih arhitekturnih načrtov objekta, načrtov za adaptacijo in meritev, ki so bile izvedene na terenu, je bil izdelan posnetek obstoječega stanja objekta, katerega del se nahaja v prilogi. Zaradi boljše preglednosti so bili posebej izdelani tudi načrti z dogovorjenimi oznakami elementov, ki se uporabljajo tekom celotnega računa. Prikazani so na sliki 2.4, sliki 2.5 in sliki 2.6.

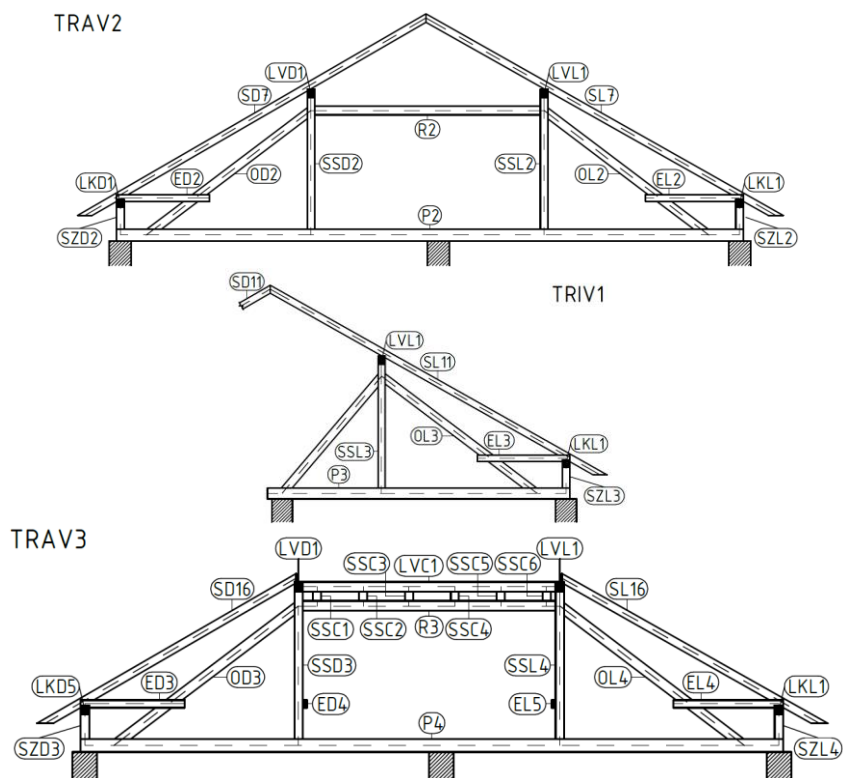


Slika 2.4: Oznake elementov ostrešja v tlorisu



Slika 2.5: Oznake elementov trapeznega vešala TRAV1





Slika 2.6: Oznake elementov vešal TRAV2, TRIV1, TRAV3

Preglednica 2.1: Oznake in dimenzije elementov ostrešja

Oznaka elementa	Element	Dim. preč. prer. [cm]	Vrsta lesa	Upoštevani trdnostni razred
SD1-SD21	Špirovci	10/15	Smreka	C30
SL1-SL21	Špirovci	10/15	Smreka	C30
SC1-SC16	Špirovci	10/15	Smreka	C30
SML1-SML8	Špirovci	10/15	Smreka	C30
SMD1-SMD8	Špirovci	10/15	Smreka	C30
SCM1-SCM5	Špirovci	10/15	Smreka	C30
GV1, GV2	Grebeni na glavnem delu	10/15	Smreka	C30
GM1, GM2	Grebeni na stopniščnem delu	10/15	Smreka	C30
ZM1, ZM2	Žlotnika	10/15	Smreka	C30
LKD1-LKD5	Kapne lege	16/16	Smreka	C40
LKC1, LKL1	Kapna lega	16/16	Smreka	C40
LVD1, LVL1	Vmesni legi	15/18	Smreka	C40
LVC1	Vmesna lega pod grebenom	15/18	Smreka	C40
ED1-ED3	Pol-škarje med kapno lego in opiračem	2x8/14	Smreka	C30
ED4, EL5	Pol-škarje med kapno lego in soho	8/14	Smreka	C30
EL1-EL4	Pol-škarje med kapno lego in opiračem	2x8/14	Smreka	C30
RD1-RD4	Ročice med vmesno lego in soho	10/15	Smreka	C40
RL1-RL6	Ročice med vmesno lego in soho	10/15	Smreka	C40
TRAV1-TRAV3	Trapezna vešala		Smreka	C40
TRIV1	Trikotno vešalo		Smreka	C40
P1-P4	Povezniki	18/24	Smreka	C40
R1-R3	Razpirači	15/18	Smreka	C40
OL1-OL4	Opirači	15/18	Smreka	C40
OD1-OD3	Opirači	15/18	Smreka	C40
SSL1-SSL4	Sohe (notranje)	15/15	Smreka	C40
SSD1-SSD3	Sohe (notranje)	15/15	Smreka	C40
SZL1-SZL4	Sohe (zunanje)	15/15	Smreka	C40
SZD1-SZD3	Sohe (zunanje)	15/15	Smreka	C40
SSC1-SSC6	Stebri med razpiračema	15/15	Smreka	C40

### 3. LASTNOSTI VGRAJENIH MATERIALOV

Vsi konstrukcijski elementi ostrešja, z izjemo nekaj osnovnih kovinskih zvez, so v celoti izdelani iz lesa. Les je naravni material, izpostavljen biološkim škodljivcem. Zaradi tega je, če je izmenično izpostavljen vplivom vlage in zraka, neobstoje. Zelo pomembno je, da je les pri vgradnji ustrezno izsušen na predvideno vlažnost. Vlažnost mora biti nižja od dopustne, ki je s standardi določena glede na posamezne primere uporabe lesa. S tem je razvoju škodljivcev odvzet eden od osnovnih pogojev za življenje.

Les je organska snov, nehomogena v organskem, anatomskem in fizičnem smislu. Večina njegovih fizikalnih in mehanskih lastnosti je v različnih smereh različna, kar se odraža v izraziti anizotropiji. Večina lastnosti je v smeri vzporedno z vlakni najboljša, pada z odklonom glede na smer vlaken in doseže najslabše lastnosti v smeri pravokotno na vlakna. Zaradi teh posebnih lastnosti se les bistveno razlikuje od drugih gradbenih materialov. Celotno poglavje je povzeto po Beg, Pogačnik, 2009.

V preglednici 3.1 so podane lastnosti masivnega lesa trdnostnega razreda C30, ki so bile uporabljene v analizi konstrukcije in sicer za tiste elemente, ki so bili nameščeni po adaptaciji. Za vse ostale elemente je v analizi uporabljen les trdnostnega razreda C40. Podrobnejša razlaga lastnosti je opisana v poglavju 4.3.

Preglednica 3.1: Karakteristične, projektne trdnosti in togostne lastnosti masivnega lesa po SIST EN 338:2000

Trdnostni razred C30									
Trdnost [kN/cm <sup>2</sup> ]			Tlak, pravokotno	$f_{c,90,k}$	0,57	P	Stalna obtežba		
Upogib	$f_{m,k}$	3		$f_{c,90,d}$	P	0,263	L	Dolgotrajna obtežba (do 10 let)	
		P	1,385		L	0,307	M	Srednje dolga obtežba (do 6 mes.)	
	$f_{m,d}$	L	1,615		M	0,351	S	Kratkotrajna obtežba (do 1 tedna)	
		M	1,846		S	0,395			
		S	2,077						
Nateg, paralelno	$f_{t,0,k}$	1,8	Strig	$f_{v,k}$	0,3				
		P			0,831	P	0,138		
	$f_{t,0,d}$	L		0,969	$f_{v,d}$	L	0,162		
		M		1,108		M	0,185		
		S		1,246		S	0,208		
<b>Deformabilnost - modul [kN/cm<sup>2</sup>]</b>									
Nateg, pravokotno	$f_{t,90,k}$	0,04	Elastični modul, paralelno	$E_{0,mean}$	1200				
	$f_{t,0,d}$	P			0,018	Elastični modul, paralelno	$E_{0,05}$	800	
		L	0,022						
		M	0,025						
S	0,028	Elastični modul, pravokotno	$E_{90,mean}$	40					
Tlak, paralelno	$f_{c,0,k}$	2,3	Strižni modul	$G_{mean}$	75				
		P			1,062	<b>Gostota [kg/m<sup>3</sup>]</b>			
	$f_{c,0,d}$	L	1,238	Gostota, karakt.	$\rho_k$	380			
		M	1,415			Gostota, povpr.	$\rho_{mean}$	460	
		S	1,592						

## 4. VPLIVI NA KONSTRUKCIJO

Konstrukcija mora biti projektirana in izvedena na tak način, da bo v predvideni življenjski dobi s primerno zanesljivostjo in ob primernih stroških sposobna prenašati vse vplive, ki nastopijo med gradnjo in uporabo ter da bo lahko služila svojemu namenu. Glede na časovno spremenljivost vplive razdelimo na stalne vplive (G), spremenljive vplive (Q) ter neugodne vplive (A). Povzeto po SIST EN 1990:2004.

### 4.1 Stalni vplivi (G)

Stalni vpliv (G) je vpliv, za katerega je verjetno, da deluje ves čas v nekem referenčnem obdobju. Sprememba njegove velikosti s časom je zanemarljiva ali monotona, dokler vpliv ne doseže določene mejne vrednosti. Povzeto po SIST EN 1990:2004

#### 4.1.1 Lastna teža konstrukcije

Lastna teža gradbenih objektov je stalni vpliv. V tem primeru, ko analiziramo strešno konstrukcijo, je upoštevanje lastne teže elementa, ki je odvisna od njegovih dimenzij in izbrane kvalitete lesa, zajeta znotraj programa za analizo konstrukcij.

#### 4.1.2 Preostali stalni vplivi

Preostali stalni vpliv na konstrukcijo predstavlja lastna teža nekonstrukcijskih elementov. Med slednje spadajo kritina, sekundarna kritina, notranja obloga in toplotna izolacija.

Preglednica 4.1: Izračun vseh preostalih stalnih vplivov

Les			Toplotna izolacija		
Trdnostni razred C30			Steklena ali kamena volna		
$\rho_{\text{mean}}$ (povpr.)	460	kg/m <sup>3</sup>	$\rho_{\text{izolacija}}$	0,343	kg/m <sup>3</sup>
$\gamma_{\text{mean}}$ (povpr.)	4,513	kN/m <sup>3</sup>	h (debelina)	15	cm
<b>Opeka</b>			Širina špirovca	10	cm
Tondach Fidelio - Opečni dvojni zareznik			Povprečna razdalja med špirovci	90	cm
Masa/kos	3,9	kg/kos	Teža/m <sup>2</sup>	0,046	kN/m <sup>2</sup>
Kos/m <sup>2</sup>	11	kos/m <sup>2</sup>	<b>Notranja obloga</b>		
Teža/m <sup>2</sup>	0,421	kN/m <sup>2</sup>	Mavčno kartonasta plošča (d = 1,5 cm)		
<b>Sekundarna kritina (folija)</b>			Teža/m <sup>2</sup>	0,128	kN/m <sup>2</sup>
Teža/m <sup>2</sup>	0,0009	kN/m <sup>2</sup>	<b>Celotna teža opeke, sekundarne kritine, letev, izolacije, notranjega opaža/m<sup>2</sup></b>		
<b>Letve</b>			$\Sigma$ Teža/m <sup>2</sup>	0,61	kN/m <sup>2</sup>
h (višina)	3	cm			
b (širina)	4	cm			
Razd. med letvami	39	cm			
Teža/m <sup>2</sup>	0,014	kN/m <sup>2</sup>			

## 4.2 Spremenljivi vplivi (Q)

Spremenljiva obtežba je tista, katere sprememba velikosti s časom ni niti zanemarljiva niti monotona. Pri lesenih konstrukcijah spremenljive vplive predstavljajo dolgotrajne obtežbe (skladiščni prostori), srednje – dolge obtežbe (sneg), kratkotrajne obtežbe (veter, snež, vzdrževanje) in trenutne obtežbe. Povzeto po SIST EN 1990.

### 4.2.1 Koristna obtežba strehe na račun vzdrževanja

Streha obravnavanega objekta po opisu uporabe najbolj odgovarja kategoriji H (preglednica 6.9 SIST EN 1991-1-1), zato znaša enakomerno razporejena koristna obtežba glede na vodoravno projekcijo površine strehe  $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$ , koncentrirana sila pa  $Q_k = 1 \text{ kN}$ . Enakomerno razporejeno koristno obtežbo je treba upoštevati neodvisno od naklona strehe na površini  $10\text{m}^2$ .

### 4.2.2 Obtežba snega

Standard SIST EN 1991-1-3, po katerem je povzeto celotno poglavje, v skladu z nacionalnim dodatkom podaja različne enačbe za izračun obtežbe snega na tleh v odvisnosti od nadmorske višine A. Obravnavan objekt se nahaja v Ljubljani, na nadmorski višini 298 metrov. Karakteristično obtežbo snega na tleh  $s_k$  za cono A2, v kateri se nahaja, izračunamo z enačbo

$$s_k = 1,293 \left[ 1 + \left( \frac{A}{728} \right)^2 \right] = 1,293 \left[ 1 + \left( \frac{298}{728} \right)^2 \right] = 1,51 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (4.1)$$

kjer je A nadmorska višina objekta v metrih.

Pri projektiranju je treba upoštevati, da je na strehi mogočih več porazdelitev snega. Na porazdelitev snega vplivajo lastnosti strehe in drugi dejavniki, kot so:

- a) oblika strehe
- b) toplotne lastnosti strehe
- c) hrapavost površine strehe
- d) količina toplote, generirane pod streho
- e) sosednje stavbe
- f) teren v okolici stavbe
- g) krajevne podnebne razmere, zlasti prevetrenost, temperaturne spremembe in verjetnost padavin (tako dežja kot snega)

Potrebno je upoštevati dve osnovni porazdelitvi obtežbe:

- obtežba nenakopičenega snega na strehi
- obtežba nakopičenega snega na strehi

Standard za izračun obtežbe snega na strehi  $s$  za trajna/začasna projektna stanja podaja izraz

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad (4.2)$$

kjer je  $\mu_i$  oblikovni koeficient obtežbe snega,  $C_e$  koeficient izpostavljenosti,  $C_t$  toplotni koeficient,  $s_k$  pa karakteristična obtežba snega na tleh, izračunana z izrazom (4.1).

Streha obravnavanega objekta se nahaja na običajnem terenu oziroma površini, kjer veter ne prenaša snega na objektih, ker so zaščiteni zaradi terena, drugih objektov ali dreves, poleg tega je streha izolirana in ni steklena, zato se v skladu s preglednico 5.1 ter točko 5.2(8) v SIST EN 1991-1-3 upošteva vrednost koeficienta izpostavljenosti  $C_e = 1,0$  ter vrednost toplotnega koeficienta  $C_t = 1,0$ .

Standard za izračun vrednosti oblikovnega koeficienta obtežbe snega  $\mu_1$  za enokapnice ter dvokapnice podaja izraz

$$\mu_1 = \begin{cases} 0,8, & 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \\ \frac{0,8(60 - \alpha)}{30}, & 30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ \\ 0, & \alpha \geq 60^\circ \end{cases}, \quad (4.3)$$

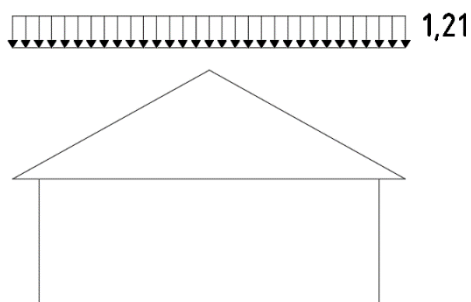
kjer je  $\alpha$  naklon strehe.

Če so na strehi nameščeni snegobrani, oblikovni koeficient ne sme biti manjši od 0,8.

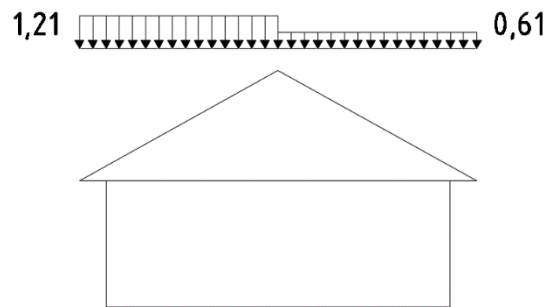
Naklon vseh strešin obravnavanega objekta znaša  $29^\circ$ . Obtežba snega, izračunana z izrazom (4.2), ki deluje navpično in se nanaša na vodoravno projekcijo strešne površine, torej znaša

$$s = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 = 1,21 \frac{kN}{m^2} \text{ (nenakopičen sneg, dvokapnica)}.$$

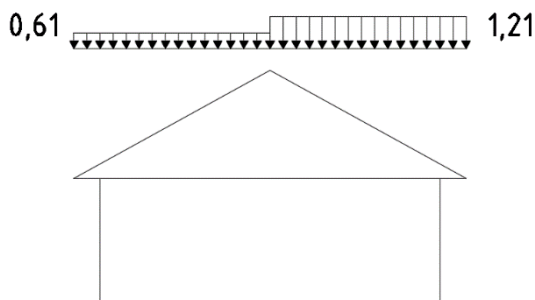
V skladu s standardom je na dvokapnem delu strehe potrebno upoštevati tako razpored nenakopičenega kot nakopičenega snega, na enokapnem delu strehe pa sta razporeda za obe situaciji enaka. Različni razporedi in velikosti obtežbe snega na dvokapnem in enokapnem delu strehe so prikazani na sliki 4.1, sliki 4.2, sliki 4.3 in sliki 4.4.



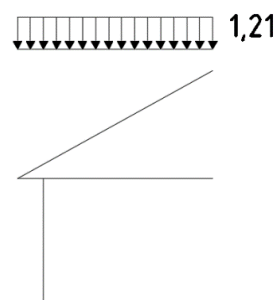
Slika 4.1: Prikaz nenakopičenega snega na dvokapnem delu strehe



Slika 4.2: Prikaz nakopičenega snega (levi del) na dvokapnem delu strehe



Slika 4.3: Prikaz nakopičenega snega (desni del) na dvokapnem delu strehe



Slika 4.4: Prikaz nakopičenega oz. nenakopičenega snega na enokapnem delu strehe

### 4.2.3 Obtežba vetra

Vplivi vetra se spreminjajo s časom in delujejo neposredno kot tlak na zunanje površine ploskev konstrukcije. Zaradi prepustnosti ovoja delujejo posredno tudi na notranje površine. Pri odprtih konstrukcijah delujejo neposredno tudi na notranje površine. Tlak deluje na površine ploskev kot rezultirajoča sila pravokotno na ploskev ali posamezni sestavni del ovoja. Če veter piha preko velikih površin konstrukcije, je lahko pomembna tudi trenjska sila, ki deluje tangencialno na ploskev.

Vpliv vetra je predstavljen s poenostavljeno skupino tlakov ali sil, katerih učinki so enakovredni skrajnim učinkom turbulentnega vetra. Vplivi vetra, izračunani v nadaljevanju, so določeni z osnovnimi vrednostmi hitrosti ali tokov vetra in so karakteristične vrednosti, določene za srednjo povratno dobo 50 let.

#### 4.2.3.1 Osnovna hitrost vetra

Izraz za izračun osnovne hitrost vetra  $v_b$  se glasi

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (4.4)$$

kjer je  $v_b$  osnovna hitrost vetra, določena kot funkcija smeri vetra in letnega časa 10 metrov nad terenom 2. kategorije,  $v_{b,0}$  temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra,  $c_{dir}$  smerni faktor,  $c_{season}$  pa faktor letnega časa.

V skladu s standardom SIST EN 1991-1-4, po katerem je tudi povzeto celotno poglavje, in nacionalnim dodatkom za obravnavan objekt znašata tako smerni faktor kot tudi faktor letnega časa 1,0. Objekt se nahaja v Ljubljani, na nadmorski višini pod 800 metrov, zato znaša temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra  $20 \frac{m}{s}$  (Pr. 1-23. Beg, Pogačnik, 2009). Osnovna hitrost vetra  $v_b$ , izračunana z izrazom (6.4), tako znaša

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 20 = 20 \frac{m}{s}$$

#### 4.2.3.2 Srednja hitrost vetra

Izraz za izračun srednje hitrosti vetra na določeni višini nad tlemi se glasi

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad (4.5)$$

kjer je  $c_r(z)$  faktor hrapavosti,  $c_0(z)$  faktor hribovitosti ter  $v_b$  osnovna hitrost vetra.

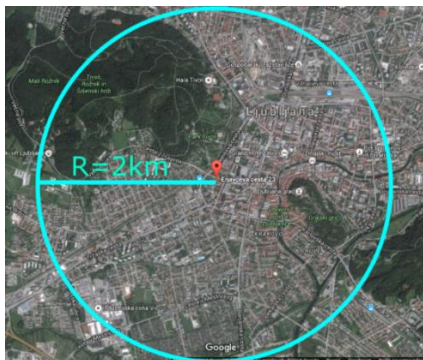
Vrednost faktorja hribovitosti  $c_0(z)$  v skladu s točko A.3(4) znaša 1,0, saj se objekt nahaja v dolini. Faktor hrapavosti upošteva spremenljivost srednje hitrosti vetra na kraju konstrukcije zaradi višine nad tlemi in hrapavosti tal na prijetni strani konstrukcije v smeri vetra. Izraz za njegovo določitev se glasi

$$c_r(z) = \begin{cases} 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right), & z_{min} \leq z \leq z_{max} \\ 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \cdot \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right), & z \leq z_{min} \end{cases} \quad (4.6)$$

kjer je  $z$  višina nad tlemi,  $z_0$  hrapavostna dolžina,  $z_{min}$  minimalna višina,  $z_{0,II}$  višina 0,05 metra,  $z_{max}$  pa višina 200 metrov.

Zgornji izraz velja ob predpostavki, da je privetna razdalja z enakomerno hrapavostjo terena dovolj velika za zadostno umiritev profila. Brez zadnje predpostavke bi se obravnavan objekt, ki je praktično lociran v središču Ljubljane, na preglednici 4.1 uvrstil v kategorijo terena 4 (področje, kjer je najmanj 15% površine pokrite s stavbami s povprečno višino več kot 15 metrov).

1. postopek točke A.2(1) pravi, da se mora v privetni smeri uporabiti gladkejšo kategorijo terena, če znaša razdalja od objekta do gladkejše kategorije (v našem primeru kategorije 3, ki predstavlja spremembo terena), manj kot 1 km. V nadaljnjem računu je obravnavan objekt uvrščen v kategorijo terena 3, za katerega preglednica 4.1 podaja vrednost  $z_0$  0,3 metra ter  $z_{min}$  5 metrov.



Slika 4.5: Različne kategorije terena v okolici objekta

Srednja hitrost vetra  $v_m(z)$  za obravnavan objekt torej znaša

$$v_m(z) = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} \cdot \ln\left(\frac{22,28}{0,3}\right) \cdot 1 \cdot 20 = 18,56 \frac{m}{s}$$

#### 4.2.3.3 Tlak pri največji hitrosti pri sunkih vetra

Tlak pri največji hitrosti pri sunkih vetra  $q_p(z)$  na višini  $z$  je izračunan z upoštevanjem srednje hitrosti in kratkotrajne spremembe hitrosti vetra po izrazu

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (4.7)$$

kjer je  $\rho$  gostota zraka (priporočena vrednost  $1,25 \frac{kg}{m^3}$ ),  $v_m(z)$  srednja hitrost vetra, izračunana z izrazom (4.5),  $c_e(z)$  faktor izpostavljenosti,  $I_v(z)$  pa intenziteta turbulence, izračunana z izrazom (6.4)

Intenziteta turbulence je izračunana z izrazom

$$I_v(z) = \frac{v_b \cdot k_{t,I}}{v_m(z)} 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \quad (4.8)$$

kjer je  $k_{t,I}$  turbulenčni faktor, katerega priporočena vrednost je 1.

Tlak pri največji hitrosti pri sunkih vetra  $q_p(z)$  za obravnavan objekt torej znaša

$$q_p(z) = \left[1 + 7 \cdot \frac{20 \cdot 1}{18,56} 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07}\right] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,56^2 = 565,09 Pa.$$

#### 4.2.3.4 Tlak vetra na ploskve

Tlak vetra  $w_e$  na zunanje ploskve se izračuna z izrazom

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (4.9)$$

kjer je  $q_p(z_e)$  največji tlak pri sunkih vetra,  $z_e$  referenčna višina za zunanji tlak,  $c_{pe}$  pa koeficient zunanjega tlaka.

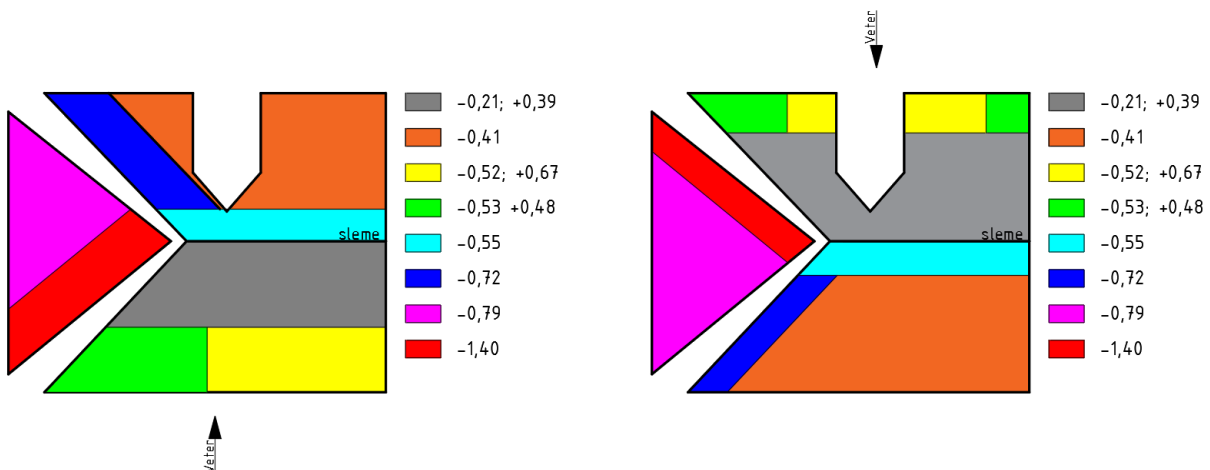
Koeficienti zunanjega tlaka določajo učinek vetra na zunanje ploskve stavbe ter se delijo na celotne in lokalne. Lokalni koeficienti določajo tlak za površine velikosti  $1 \text{ m}^2$  in se uporabljajo za projektiranje majhnih elementov in pritrditev, celotni koeficienti pa določajo tlak za površine, velike  $10 \text{ m}^2$ , lahko pa se uporabljajo tudi za površine večje od  $10 \text{ m}^2$ . Za površine velikosti med  $1 \text{ m}^2$  in  $10 \text{ m}^2$  standard podaja izraz

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \log_{10} A \quad (4.10)$$

kjer je  $c_{pe}$  koeficient zunanjega tlaka za obtežene površine  $A$ , velike med  $1 \text{ m}^2$  in  $10 \text{ m}^2$ ,  $c_{pe,1}$  lokalni koeficient,  $c_{pe,10}$  pa celotni koeficient.

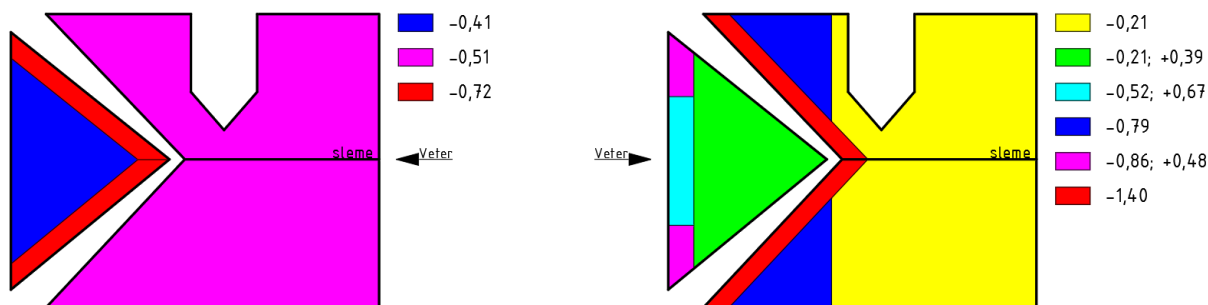
Standard za nekaj osnovnih oblik streh podaja koeficiente  $c_{pe,1}$  in  $c_{pe,10}$ , v odvisnosti od smeri vetra, naklona strehe in področja, v katerem se obravnavan del strehe nahaja. Pri projektiranju je potrebno upoštevati, da veter na konstrukcijo lahko deluje iz severne, južne, vzhodne ali zahodne strani. Koeficienti so podani za smeri vetra vzporedno s slemenom in pravokotno na sleme, njihove vrednosti pa določene za najbolj neugodne smeri  $\pm 45^\circ$  glede na smer vetra, s čimer je okoli konstrukcije zajeto celotno območje. Področjem, ki so najbolj izpostavljena vplivom vetra, pripadajo v absolutnem smislu večji faktorji  $c_{pe,1}$  ter  $c_{pe,10}$ , saj je od njih linearno odvisen tlak vetra na zunanje ploskve  $w_e$ . Pri dvokapnih strehah so to območja okoli kapu.

Tako streho nad stopniščnim, kot tudi streho nad glavnim delom objekta najbolje opiše nekakšna kombinacija dvokapnice ter štirikapnice, zato je nekaj koeficientov  $c_{pe}$  iz tabel v standardu odčitanih za dvokapnico, nekaj pa za štirikapnico. Na mestih, kjer se je pojavila dilema o izbiri koeficientov, so koeficienti izbrani na način, da smo z računom vedno na varni strani. Na spodnjih slikah so za ostrešje glavnega dela objekta prikazani koeficienti  $c_{pe}$ . Negativne vrednosti predstavljajo srk, ki je usmerjen od ploskve, pozitivne vrednosti pa tlak, ki je usmerjen proti ploskvi.



Slika 4.6: Koeficienti  $c_{pe}$  za glavni del strehe ob delovanju vetra z juga (levo) in severa (desno)

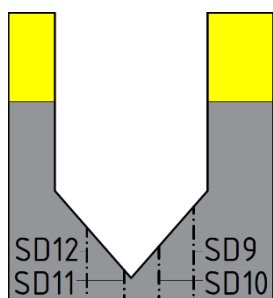




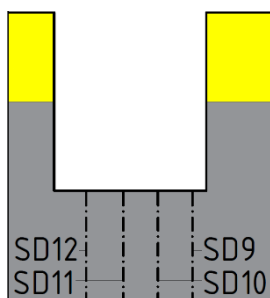
Slika 4.7: Koeficienti  $c_{pe}$  za glavni del strehe ob delovanju vetra z vzhoda (levo) in zahoda (desno)

Pri določanju področij na glavnem delu strehe je upoštevano, da sta obravnavan objekt in sosednji objekt (na vzhodni strani), s katerim se stika, enake višine. Veter tako na oba objekta deluje, kot da bi imela skupno streho. Širina objekta pravokotno na smer vetra (pri smeri vetra z juga in severa) tako predstavlja širina obeh objektov, zato se geometrija področij nekoliko spremeni. Prav tako pride do sprememb pri vetru z vzhoda, kjer nekaj vplivov vetra odpade na sosednji objekt, na obravnavanem objektu pa se pojavijo le tri različna področja. Ker se v naslednjih poglavjih elementi ostrešja stopniščnega dela stavbe niso izkazali za kritične, koeficienti  $c_{pe}$  za ta del objekta niso prikazani.

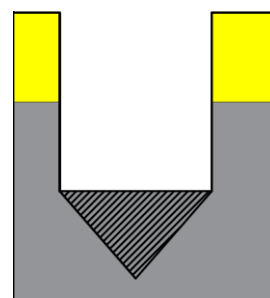
Strehi stopniščnega in glavnega dela sta pri računu notranjih statičnih količin (v nadaljevanju NSK) v izogib prevelikemu številu kombinacij spremenljivih vplivov obravnavani ločeno, saj razen dveh žlotnikov streho stopniščnega dela v celoti podpirajo nosilni zidovi stopniščnega jedra. Vpliv ostrešja stopniščnega dela na ostrešje glavnega dela je upoštevan z nadomestnimi (daljšimi) dolžinami špirovcev SD9, SD10, SD11 in SD12, na katere poleg obtežbe z glavnega dela deluje tudi del obtežbe s stopniščnega dela stavbe. Omenjeni špirovci, namesto da se stikajo v žlotniku, nalegajo na vmesno lego LVD1. Slednja nato obremenitve z nadomestnih špirovcev prenaša v ostale nosilne elemente ostrešja in nosilne zidove objekta. Upoštevanje dodatne obtežbe s stopniščnega dela je prikazano na sliki 4.8, sliki 4.9 in sliki 4.10.



Slika 4.8: Dejanske dolžine špirovcev SD9, SD10, SD11 in SD12



Slika 4.9: Nadomestne dolžine špirovcev SD9, SD10, SD11 in SD12



Slika 4.10: Dodatna površina, ki odpade na nadomestne špirovce

### 4.3 Varnostni faktorji in obtežne kombinacije

V skladu s standardom SIST EN 1990:2004 je potrebno z metodo delnih faktorjev preveriti, ali so v katerem koli od ustreznih projektnih stanj presežena mejna stanja, kadar se v projektnih modelih upoštevajo projektne vrednosti vplivov ali njihovih učinkov in odpornosti. Projektne vrednosti so dobljene z uporabo karakterističnih ali drugih reprezentativnih vrednosti v kombinaciji z delnimi in drugimi faktorji.

#### 4.3.1 Projektne vrednosti vplivov

Projektna vrednost vpliva  $F_d$  je določena z izrazom

$$F_d = \gamma_f \cdot F_{rep} \quad (4.11)$$

kjer je  $F_{rep}$  ustrezna reprezentativna vrednost vpliva,  $\gamma_f$  pa delni faktor, ki upošteva možnost neugodnih odklonov vpliva od reprezentativnih vrednosti.

Ustrezna reprezentativna vrednost vpliva  $F_{rep}$  je določena z izrazom

$$F_{rep} = \psi F_k \quad (4.12)$$

kjer je  $F_k$  karakteristična vrednost vpliva,  $\psi$  pa faktor, ki je enak 1,  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  ali  $\psi_2$ .

#### 4.3.2 Projektne vrednosti učinkov vplivov

Projektne vrednosti učinkov vplivov  $E_d$  so za določeni obtežni primer izražene v obliki

$$E_d = \gamma_{S,d} E \{ \gamma_{f,i} \cdot F_{rep,i} ; a_d \} \quad i \geq 1 \quad (4.13)$$

kjer je  $E$  učinek vpliva,  $a_d$  projektne vrednosti geometrijskih podatkov (nazivne vrednosti iz načrtov),  $\gamma_{S,d}$  pa delni faktor, ki upošteva negotovost pri modeliranju učinkov vplivov in v nekaterih primerih tudi vplivov.

#### 4.3.3 Projektne vrednosti lastnosti materiala

Standard SIST EN 1995-1-1 za razliko od SIST EN 1990 podaja izraz za izračun projektne vrednosti lastnosti materiala  $X_d$  v obliki

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (4.14)$$

kjer je  $X_k$  karakteristična vrednost lastnosti za trdnost,  $\gamma_M$  delni faktor za lastnosti materiala,  $k_{mod}$  pa modifikacijski faktor, s katerim se upoštevata vpliv trajanja obtežbe in vsebnost vlage.

Projektne lastnosti togosti elementov  $E_d$  in  $G_d$  so izračunane z izrazoma

$$E_d = \frac{E_{mean}}{\gamma_M} \quad (4.15)$$

$$G_d = \frac{G_{mean}}{\gamma_M} \quad (4.16)$$

kjer je  $E_{mean}$  srednja vrednost modula elastičnosti,  $G_{mean}$  pa srednja vrednost strižnega modula.

Za masivni les pravokotnega prečnega prereza z gostoto  $\rho_k \leq 700 \text{ kg/m}^3$  ter največjo dimenzijo prečnega prereza  $\leq 150 \text{ mm}$  se lahko karakteristične vrednosti  $f_{m,k}$  in  $f_{t,0,k}$  povečajo s faktorjem  $k_h$

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{150}{h} \right)^{0,2}, 1,3 \right\} \quad (4.17)$$

kjer je  $h$  višina upogibnega elementa ali širina nateznega elementa, v mm.

Konstrukcija obravnavanega ostrešja je izdelana iz masivnega lesa, nahaja pa se v 1. razredu uporabnosti. Obtežba snega je upoštevana kot srednjetrojna, obtežba vetra pa kot kratkotrajna obtežba. Za masivni les pri osnovnih kombinacijah znaša vrednost faktorja  $\gamma_M = 1,3$ ; pri nezgodnih kombinacijah pa  $\gamma_M = 1,0$ . Vrednosti modifikacijskega faktorja  $k_{mod}$  za masivni les v 1. razredu uporabnosti se razlikujejo za različne razrede trajanja obtežbe in so podane v preglednici 4.2.

Preglednica 4.2: Vrednosti faktorja  $k_{mod}$  (SIST EN 1995-1-1:2005)

Material	Razred uporabnosti	Razred trajanja obtežbe				
		Stalni vpliv	Dolgotrajni vpliv	Srednje trajni vpliv	Kratkotrajni vpliv	Trenutni vpliv
Masivni les	1	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1

Standard SIST EN 1995-1-1:2005 v točki 3.1.3(2) uvede pomembno zahtevo in sicer da pri obtežnih kombinacijah, sestavljenih iz vplivov, ki pripadajo različnim razredom trajanja obtežbe, vedno uporabimo vrednost  $k_{mod}$  za vpliv z najkrajšim trajanjem.

Karakteristične ter projektne vrednosti lastnosti masivnega lesa C30 so podane v preglednici 3.1.

#### 4.3.4 Kombinacije vplivov

Za vplive, za katere se ocenjuje, da se bodo pojavili sočasno, je potrebno za vsak kritični obtežni primer s kombiniranjem vrednosti vplivov določiti projektne vrednosti učinkov vplivov  $E_d$ . Vsaka kombinacija vključuje en prevladujoči vpliv. Povzeto po SIST EN 1990:2004.

##### 4.3.4.1 Kombinacije vplivov v mejnih stanjih nosilnosti (MSN)

Mejna stanja nosilnosti so povezana s porušitvijo ali podobnimi oblikami odpovedi konstrukcije. Prekoračitev mejnih stanj nosilnosti skoraj vedno pomeni odpoved konstrukcije in kasnejšo odstranitev ali rekonstrukcijo (Beg, Pogačnik, 2009).

Osnovna kombinacija vplivov za stalna in začasna projektna stanja se glasi

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (4.18)$$

kjer so  $G_{k,j}$  vsi stalni vplivi,  $Q_{k,1}$  prevladujoč spremenljiv vpliv,  $Q_{k,i}$  vsi ostali spremenljivi vplivi,  $P$  odločilna reprezentativna vrednost vpliva prednapetja,  $\gamma_{G,j}$  delni faktor za stalne vplive,  $\gamma_P$  delni faktor za vplive prednapetja,  $\gamma_{Q,1}$  delni faktor za prevladujoč spremenljiv vpliv,  $\gamma_{Q,i}$  delni faktor za vse ostale spremenljive vplive,  $\psi_{0,i}$  pa faktor za kombinacijsko vrednost spremenljivega vpliva.

Preglednica 4.3: Delni varnostni faktorji za osnovne kombinacije vplivov v MSN (SIST EN 1990:2004)

	Stalni vplivi	Spremenljivi vplivi	
		Prevladujoč	Preostali
Ugoden vpliv $\gamma_{F,inf}$	1,00*	0	0
Neugoden vpliv $\gamma_{F,sup}$	1,35*	1,5	1,5

\*Za račun globalnega ravnotežja konstrukcij se lahko izjemoma uporabi  $\gamma_{G,inf}=0,9$  ter  $\gamma_{G,sup}=1,10$

#### 4.3.4.2 Kombinacije vplivov v mejnih stanjih uporabnosti (MSU)

Mejna stanja uporabnosti označujejo prekomerni pomiki, nihanja, razpoke, itd. ter se pojavijo ob normalni uporabi konstrukcije. Konstrukcijo je po odstranitvi vplivov, ki so povzročili prekoračitev MSU, običajno možno ponovno normalno uporabljati. (Beg, Pogačnik, 2009). V splošnem je potrebno MSU kontrolirati pri spodnjih kombinacijah vplivov.

Karakteristična kombinacija

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (4.19)$$

Pogosta kombinacija

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (4.20)$$

Navidezno stalna kombinacija

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (4.21)$$

kjer je  $\psi_{1,1}$  faktor za pogosto vrednost prevladujočega spremenljivega vpliva,  $\psi_{2,i}$  pa faktor za navidezno stalno vrednost ostalih (4.20) oziroma vseh (6.4) spremenljivih vplivov.

Preglednica 4.4: Priporočene vrednosti faktorjev  $\psi$  za stavbe (SIST EN 1990:2004)

Vpliv	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Koristna obtežba na strehi	0	0	0
Obtežba snega (kraji < 1000 m.n.m.)	0,5	0,2	0
Obtežba vetra	0,6	0,2	0

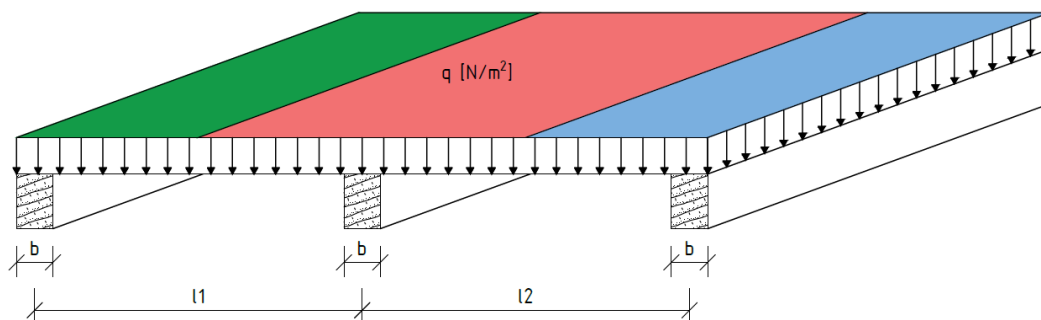
## 5. RAČUNSKI MODELI KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV

Za statično analizo konstrukcije ostrešja je bil izbran program SAP2000, ki je primarno namenjen gradbenim inženirjem projektantom, saj omogoča analizo tako dvodimenzionalnih, kot tudi tridimenzionalnih konstrukcijskih sistemov. Poleg tega omogoča načrtovanje, modeliranje, optimizacijo in analizo najrazličnejših konstrukcij v modelirnem okolju, ki močno poenostavi delo inženirja. Program je razvit v ameriškem podjetju Computers and Structures, Inc. (CSI) (Computers and Structures, 2016). Račun NSK je potekal tako, da se je v program za analizo konstrukcij na špirovce najprej vnesla obtežba brez varnostnih faktorjev. Na podlagi izračunanih NSK se je obtežba nato smiselno faktorirala za primer dolgotrajne, srednjetrjne ter kratkotrajne obtežne situacije. Elementi, ki pripadajo isti skupini (špirovcem, legam, elementom vešal, ...), imajo dimenzije prečnega prereza in lastnosti materialov v veliki večini enake kot ostali elementi v skupini. V tem poglavju so prikazani samo tisti elementi, ki so se znotraj posamezne skupine v naslednjih poglavjih izkazali za merodajne. To so tisti elementi, v katerih se pojavijo največje obremenitve, oziroma tisti elementi, pri katerih sta varnost proti porušitvi in stopnja uporabnosti najmanjša.

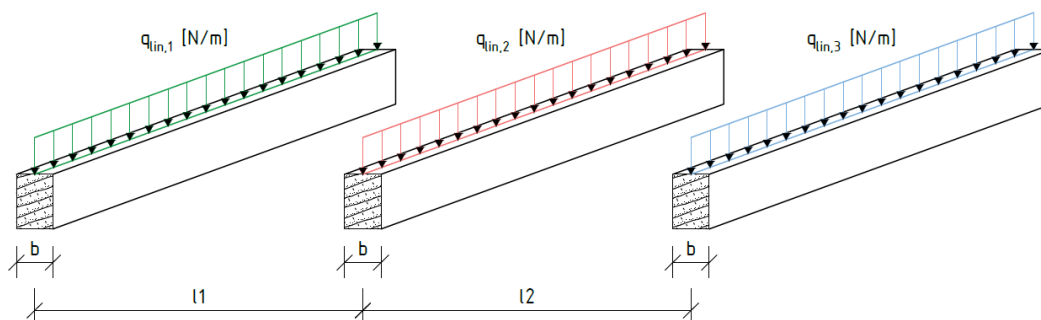
Računski modeli konstrukcijskih elementov ostrešja in upoštevanje stalnih ter spremenljivih vplivov, ki so obravnavani v tem poglavju, so izbrani na podlagi priporočil priročnika za projektiranje gradbenih konstrukcij po Evrokod standardih (Beg, Pogačnik, 2009). Vsi stiki medsebojnih konstrukcijskih elementov ostrešja so modelirani kot členkasti. Lastno težo elementov zajame program, koristna obtežba in obtežba vetra in snega, ki v splošnem delujeta enakomerno po površini, pa sta pretvorjeni v enakovredno linijsko obtežbo, ki deluje vzdolž špirovca, ter se preko vseh ostalih elementov ostrešja prenese v nosilne zidove stavbe.

Enakomerno linijsko obtežbo, ki odpade na posamezen špirovec, izračunamo tako, da pomnožimo enakomerno površinsko obtežbo s sodelujočo širino, ki pripada posameznemu špirovcu.

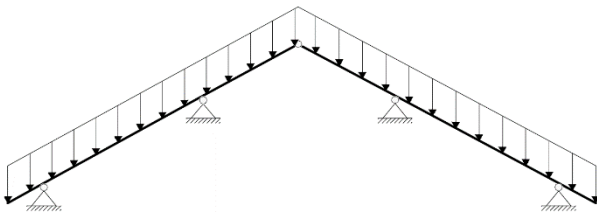
$$q_{lin,1} = q \cdot \left(\frac{b}{2} + \frac{l_1}{2}\right); \quad q_{lin,2} = q \cdot \left(\frac{l_1}{2} + \frac{l_2}{2}\right); \quad q_{lin,3} = q \cdot \left(\frac{l_2}{2} + \frac{b}{2}\right) \quad (5.1)$$



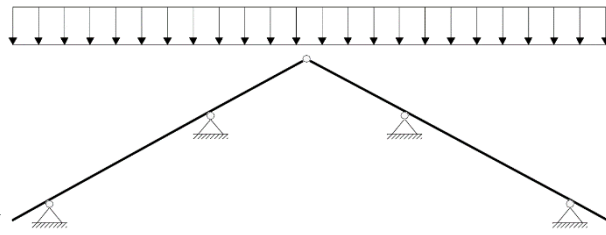
Slika 5.1: Enakomerna površinska obtežba, ki deluje na špirovce



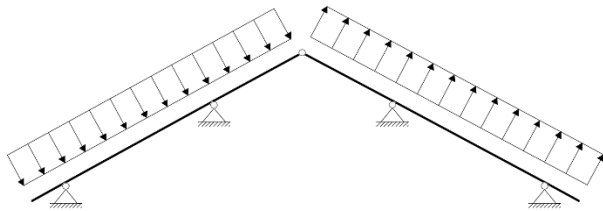
Slika 5.2: Enakomerne linijske obtežbe, ki odpadejo na posamezen špirovec



Slika 5.3: Prikaz delovanja stalne obtežbe špirovca



Slika 5.4: Prikaz delovanja obtežbe snega na špirovec



Slika 5.5: Prikaz delovanja obtežbe vetra na špirovec

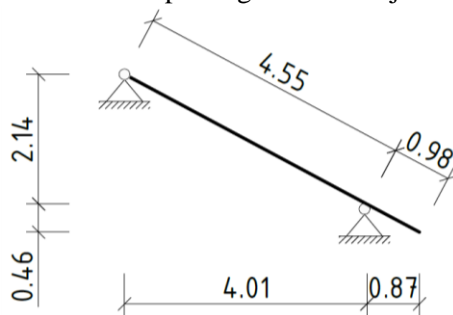
Ker koristna obtežba na račun vzdrževanja strehe nikoli ne predstavlja prevladujočega spremenljivega vpliva, je le ta vedno izvzeta iz računa.

## 5.1 Špirovec

Na ostrejšju glavnega dela stavbe je bil izračun NSK špirovcev izveden tako na ravninskem modelu (špirovci na dvokapnem delu), kot tudi na prostorskem modelu (ostali elementi). Ločeno od glavnega dela stavbe so bili obravnavani tudi špirovci na stopniščnem delu stavbe, ki pa se v nadaljevanju niso izkazali za merodajne. Za vse špirovce je upoštevan enak oslavljen prerez zaradi zaseka nad podporo. Na ostrejšju glavnega dela stavbe razmak med špirovci ni povsod enak, prav tako pa tudi obtežba vetra ter snega na vse špirovce ne povzročata enakih učinkov vplivov. Poleg tega je na glavnem delu stavbe tudi greben, v katerega se stikujejo špirovci. Pri računu notranjih statičnih količin so se prav slednji v največji meri izkazali za najbolj obremenjene.

### 5.1.1 Špirovec SL16

Špirovec SL16 je bil izbran kot eden od merodajnih špirovcev zaradi največjega momenta v polju med vmesno ter kapno lego. Prikazan je na sliki 5.6.



Slika 5.6: Model špirovca SL16

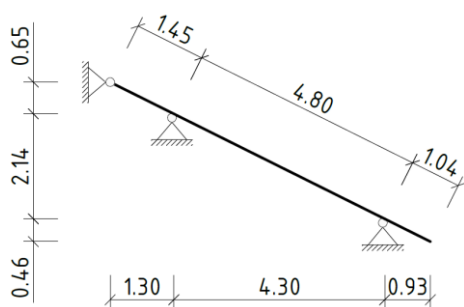
Izmed naštetih obtežnih kombinacij v preglednici 5.1 se je za najbolj neugodno izkazala kratkotrajna obtežna kombinacija "K5". Poleg stalne obtežbe momente v polju povzročata še prevladujoča spremenljiva obtežba nenakopičenega snega in obtežba vetra iz smeri J-S in sicer s kombinacijo tlakov na privetrni strani.

Preglednica 5.1: Kombinacije obtežb s pripadajočimi faktorji za MSN

Kombinacija	g	qs	qw	Trajanje obtežbe
K1	1,35	/	/	Dolgotrajna "P"
K2	1,35	1,5		Srednjetrojna "M"
K3	1,35	/	1,5	Kratkotrajna "S"
K4	1,35	$0,5 \cdot 1,5$	1,5	Kratkotrajna "S"
K5	1,35	1,5	$0,6 \cdot 1,5$	Kratkotrajna "S"

### 5.1.2 Špirovec SC7

Špirovec SC7 je bil izbran kot eden od merodajnih špirovcev zaradi največje natezne osne sile v kombinaciji z upogibnim momentom, ki se pojavita nad vmesno podporo. Prikazan je na sliki 5.7.

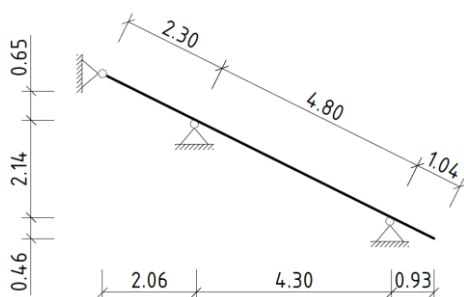


Slika 5.7: Model špirovca SC7

Za razliko od špirovca SL16 se je v tem primeru za merodajno obtežno kombinacijo izkazala srednjetrojna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe ter spremenljive obtežbe nenakopičenega snega.

### 5.1.3 Špirovec SC9

Špirovec SC9 je bil izbran kot eden od merodajnih špirovcev zaradi največje tlačne osne sile v kombinaciji z upogibnim momentom, ki se pojavita nad vmesno podporo. Prikazan je na sliki 5.8.

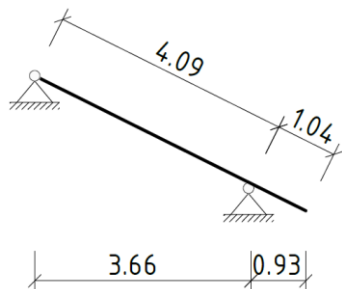


Slika 5.8: Model špirovca SC9

Tako kot pri špirovcu SC7 se je tudi v tem primeru za merodajno obtežno kombinacijo izkazala srednjetrojna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe ter spremenljive obtežbe nenakopičenega snega.

### 5.1.4 Špirovec SC12

Špirovec SC12 je bil izbran kot eden od merodajnih špirovcev zaradi največjega upogibnega momenta v kombinaciji s tlačno osno silo, ki se pojavita v polju med elementom GV2 ter kapno lego LKC1. Prikazan je na sliki 5.9.

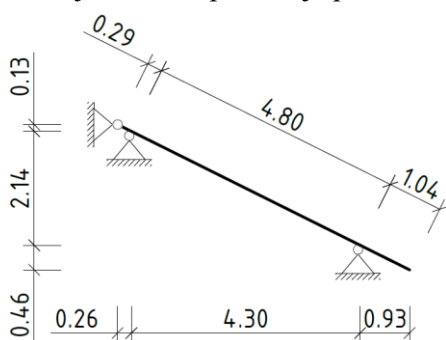


Slika 5.9: Model špirovca SC12

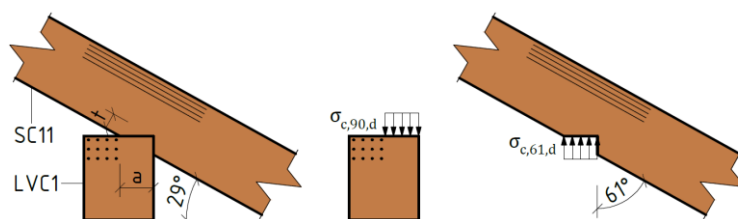
Tako kot pri špirovcu SC7 ter SC9 se je tudi v tem primeru za merodajno obtežno kombinacijo izkazala srednjetrjna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nenakopičenega snega.

### 5.1.5 Špirovec SC11

Špirovec SC11 je bil izbran kot eden od merodajnih špirovcev zaradi največje prečne sile, ki se pojavi nad vmesno podporo. Na istem mestu se v vmesni legi LVC1 pojavi tudi največja reakcija v vertikalni smeri, ki je merodajna za kontrolo kontaktnih napetosti na mestu zaseka. Višina zaseka  $t$  znaša 3,5 cm, dolžina kontaktne ploskve  $a$  pa 7,2 cm. Geometrija zaseka je enaka za vse špirovce na obravnavanem ostrešju. Model špirovca je prikazan na sliki 5.10, stik z vmesno lego LVC1 pa na sliki 5.11.



Slika 5.10: Model špirovca SC11



Slika 5.11: Zasek med elementoma SC11 ter LVC1

Za merodajno obtežno kombinacijo v obeh primerih se je izkazala srednjetrjna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nakopičenega snega na severni strani objekta.

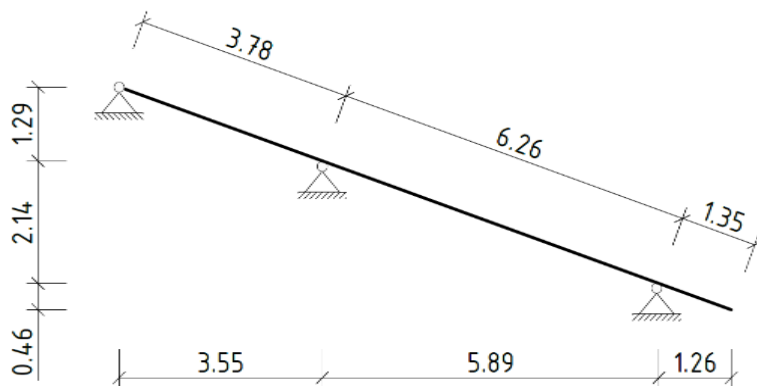
## 5.2 Greben

Tako na ostrešju glavnega dela stavbe, kot tudi na ostrešju stopnišnega dela stavbe, je prisoten greben. V grebenska špirovca, ki greben formirata, se stikajo ostali, medsebojno vzporedni špirovci, ki potekajo v smeri od slemena proti kapni legi. Račun NSK obeh grebenov je bil narejen na 3D modelu. Ker sta grebenska špirovca GV1 in GV2 (glavni del) ter GM1 in GM2 (stopnišni del) enakih dimenzij, je bilo moč iz rezultatov izračuna NSK kmalu ugotoviti, da slednja ne bosta merodajna pri kontrolah v naslednjih poglavjih. Vse kontrole so bile tako izvedene na grebenskih špirovcih glavnega dela stavbe in sicer na elementu GM2, v katerem se zaradi nesimetričnosti ostrešja pojavijo večje obremenitve kot v elementu GM1.



### 5.2.1 Greben GV2

Element GV2 se v slemenu stika z elementom GV1, podprt pa je z vmesno lego LVL1, kapno lego LKL1 in vsemi špirovci, ki se stikajo vanj. Dimenzije prečnega prereza in oslabitev nad podporo sta enaki kot pri ostalih špirovcih. Element je obremenjen z osno silo, momentoma  $M_y$  in  $M_z$  ter prečnima silama  $V_y$  in  $V_z$ . Prikazan je na sliki 5.12.

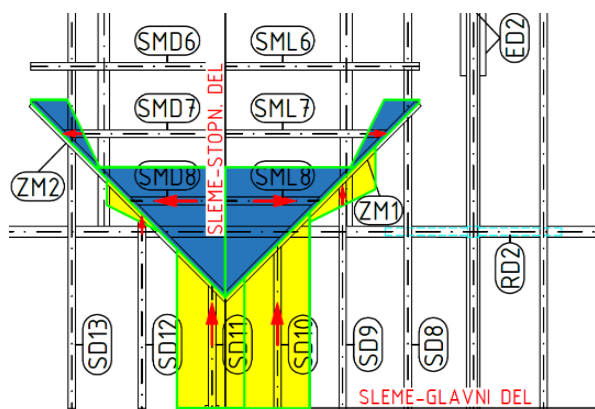


Slika 5.12: Model grebena GV2

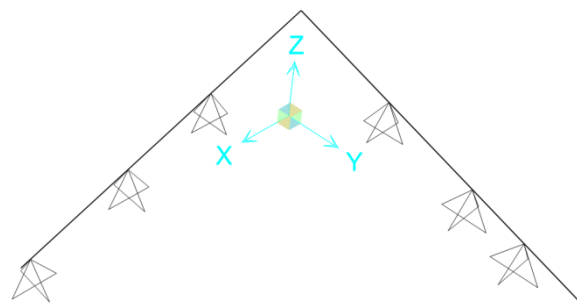
Merodajna obtežna kombinacija tako glede normalnih, kot tudi glede strižnih napetosti, je srednjetrojna kombinacija, ki povzroča največji upogibni moment  $M_y$  v kombinaciji z natezno osno silo nad spodnjo podporo in največjo prečno silo  $V_y$  nad zgornjo podporo in je sestavljena iz stalne obtežbe ter spremenljive obtežbe nakopičenega snega na južni strani objekta.

### 5.3 Žlotnik

Žlotnik se nahaja na presečišču strešine glavnega in stopnišnega dela stavbe, v tako imenovani žloti oziroma globeli. Na tem mestu špirovcem, ki so nad žloto, spodnji konec podpira žlotnik. Špirovci s svojo lastno težo in koristno obtežbo povzročajo točkovne sile na žlotnik, ki je podprt z vmesno lego, kapno lego nad stopniščem in špirovcem SD8 oziroma SD13. Na sliki 5.13 so prikazana vplivna območja, ki so bila upoštevana pri določitvi obtežbe obeh žlotnikov, na sliki 5.14 pa 3D model, na katerem je bil zaradi nesimetrije opravljen izračun NSK.



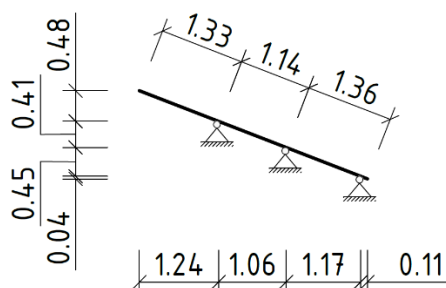
Slika 5.13: Vplivna območja pri določitvi obtežb  
Žlotnikov ZM1 ter ZM2



Slika 5.14: 3D model obeh žlotnikov, uporabljen za račun NSK

### 5.3.1 Žlotnik ZM1

Špirovci z glavnega dela stavbe se v žloto stikajo tako, da na vsakega od žlotnikov povzročajo drugačne NSK. Iz rezultatov računa je bilo razbrati, da je za nadaljnje kontrole merodajen žlotnik ZM1. Prikazan je na sliki 5.15.



Slika 5.15: Model žlotnika ZM1

Obtežna kombinacija, merodajna tako za kontrolo normalnih, kot tudi strižnih napetosti v prerezu, je srednjetrjna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nenakopičenega snega. Kombinacija povzroča največji upogibni moment  $M_y$  v kombinaciji s tlačno osno silo in upogibnim momentom  $M_z$  na mestu, kjer se obravnavan žlotnik stika z vmesno lego LVD1 in največjo prečno silo  $V_z$  na istem mestu

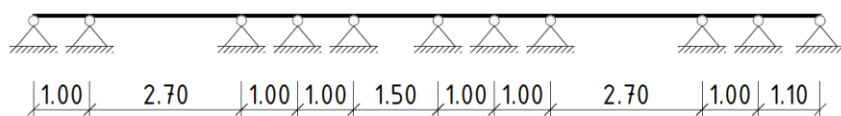
## 5.4 Lega

Lega je element, preko katerega se lastna in koristna obtežba s špirovcev prenaša na sohe in ročice, ki jo podpirajo, oziroma na nosilne zidove objekta. V glavnem delu objekta trapezna in trikotno vešalo podpirajo dve vmesni legi LVL1 in LVL2 v vzdolžni in LVC1 v prečni smeri, pod grebenom. Poleg vmesnih leg je na objektu nad vsakim zunanjim zidom tudi kapna lega, katero zid podpira v vertikalni smeri, v horizontalni smeri pa jo podpirajo pol-škarje, ki so z drugim koncem pritrjene na opirač.

Ker ostrešje ni simetrično, se večje obremenitve kot v legi LVL1 pojavijo v legi LVL2, zato je za kontrolo napetosti merodajna slednja. Posebej je narejena kontrola napetosti v legi LVC1. Za kontrolo napetosti kapnih leg je merodajna kapna lega LKC1.

### 5.4.1 Vmesna lega LVL1

Obravnavan element podpirajo tri trapezna in eno trikotno vešalo ter pripadajoče ročice, poleg tega pa je element na vzhodni strani podprt še z zunanjim zidom. Element je sestavljen iz treh krajših elementov, ki so med seboj stikovani nad podporami, v bližini ničelnih momentnih točk. Prikazan je na sliki 5.16.

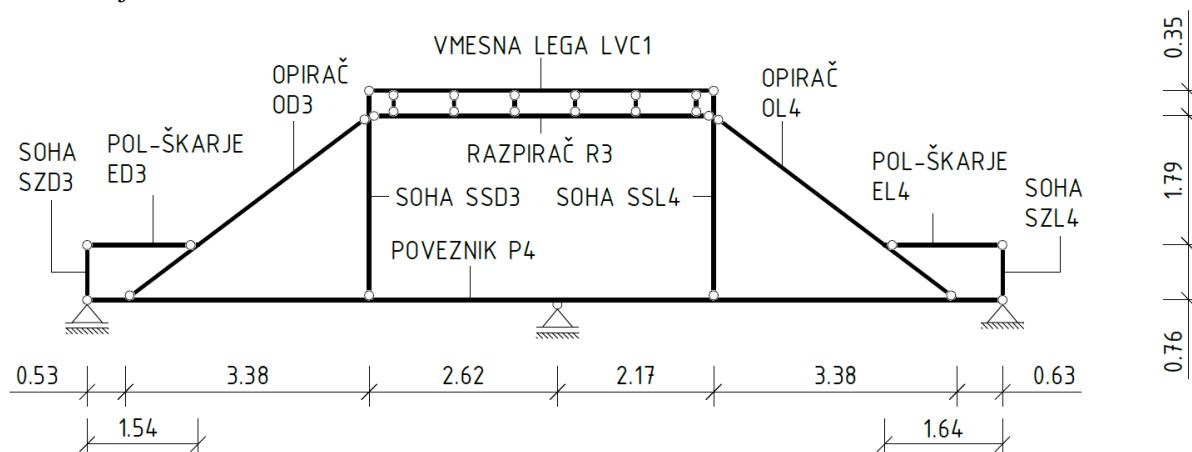


Slika 5.16: Model vmesne lege LVL1

Za merodajno obtežno kombinacijo, ki služi za kontrolo tako normalnih kot tudi strižnih napetosti v prerezu, se je izkazala srednjetrjna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nakopičenega snega na južni strani objekta. Kombinacija povzroča največji upogibni moment  $M_z$  v kombinaciji s tlačno osno silo in upogibnim momentom  $M_z$  na mestu, kjer se obravnavan element stika z ročico RL6, ter največjo prečno silo  $V_z$  na mestu stika z ročico RL4.

### 5.4.2 Vmesna lega LVC1

Vmesna lega LVC1, ki podpira špirovce z zahodne strani objekta (grebena), je bila obravnavana ločeno od ostalih dveh vmesnih leg, saj je že na prvi pogled eden od bolj obremenjenih elementov. Podprta je s trapeznim vešalom TRAV3 ter krajšimi sohami, ki so na spodnji strani povezane z razpirračem R3. Prikazana je na sliki 5.17.

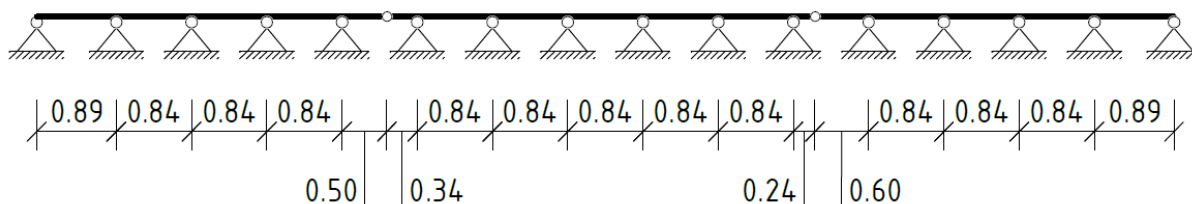


Slika 5.17: Model trapeznega vešala TRAV3

Za kontrolo normalnih napetosti v prerezu se je za merodajno obtežno kombinacijo izkazala srednjetrajna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nakopičenega snega na južni strani objekta. Za kontrolo strižnih napetosti v prerezu se je za merodajno obtežno kombinacijo izkazala srednjetrajna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nenakopičenega snega. Prva od kombinacij povzroča največji upogibni moment  $M_y$  v kombinaciji s tlačno osno silo in upogibnim momentom  $M_z$  približno na sredini razpona, druga pa največjo prečno silo  $V_z$  na stiku s soho SSL4.

### 5.4.3 Kapna lega LKC1

Na kapno lego LKC1 se s spodnjim koncem stikajo špirovci z grebena. V vertikalni smeri je lega po celotni dolžini podprta z nosilnim zunanjim zidom na zahodni strani objekta. Na krajiščih je lega stikovana s kapnima legama LKL1 in LKD5, vmes pa še z dvojimi pol-škarjami ED4 in EL5. Ker je lega v vertikalni smeri podprta z nosilnim zidom, je v računskem modelu na vsakem stiku s špirovcem pod kapno lego členkasta podpora, ki preprečuje vertikalne pomike. Prikazana je na sliki 5.18.



Slika 5.18: Model kapne lege LKC1

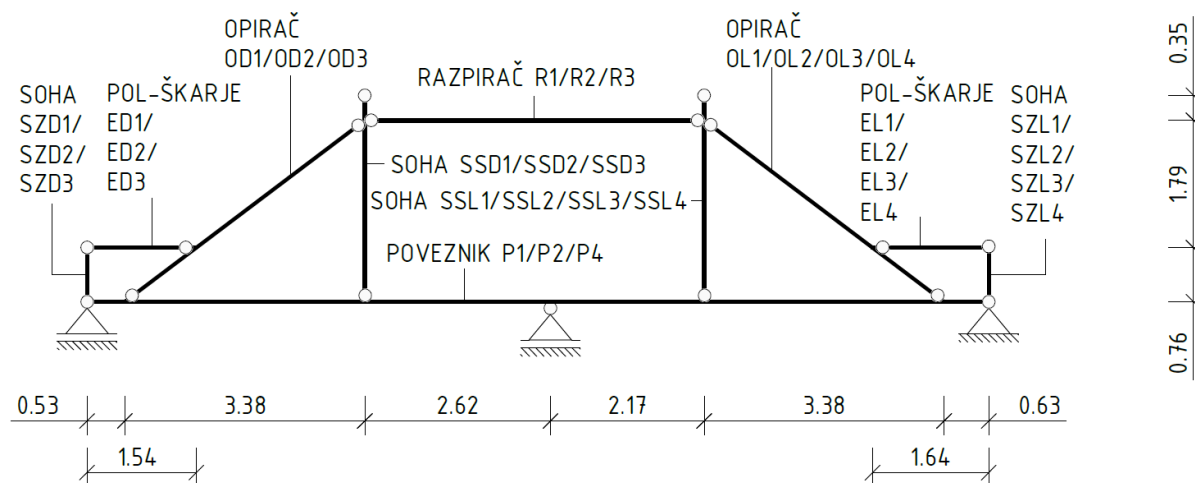
Enako kot pri vmesni legi LVL1 se je tudi v tem primeru za merodajno obtežno kombinacijo, ki služi za kontrolo tako normalnih kot tudi strižnih napetosti v prerezu, izkazala srednjetrajna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nakopičenega snega na južni strani objekta. Kombinacija povzroča največji upogibni moment  $M_z$  na mestu, kjer se obravnavan element stika s špirovcem SC13, in največjo prečno silo  $V_y$  na mestu stika s pol-škarjami EL5.

## 5.5 Poveznik

Poveznik je element, preko katerega se obtežba s soh in opiračev prenaša v nosilne zidove objekta.

Prisoten je v glavnem delu stavbe in sicer v sklopu treh trapeznih in enega trikotnega vešala. Poveznike P1, P2 in P4 podpirata po en nosilni zunanji zid na vsaki strani in nosilni zid približno na sredini razpetine, medtem ko je poveznik P3 podprt le z notranjim in zunanjim zidom na južni strani.

Vsi povezniki so enakih dimenzij. Za kontrolo normalnih napetosti se je kot merodajen izkazal poveznik P4, za kontrolo strižnih napetosti pa poveznik P2. Oba poveznika sta prikazana na sliki 5.19.



Slika 5.19: Model trapeznega vešala

### 5.5.1 Poveznika P4 in P2

Za merodajno obtežno kombinacijo, ki služi za kontrolo tako normalnih kot tudi strižnih napetosti v prerezu, se je izkazala srednjetrajna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nenakopičenega snega. Kombinacija v elementu P4 povzroča največji upogibni moment  $M_z$  v kombinaciji s tlačno osno silo in upogibnim momentom  $M_y$  na mestu sredinske podpore, v elementu P2 pa največjo prečno silo  $V_z$  nad podporo na južni strani objekta.

## 5.6 Soha

Soha je edini pokončni element v sklopu trapeznega in trikotnega vešala, ki služi za prenos obtežbe z vmesnih in kapnih leg v opirač ter razpirač oziroma v poveznik. Na obravnavanem ostrešju so prisotne tri različne sohe, vse pa imajo enake dimenzije prečnega prereza. Notranje (daljše) sohe povezujejo vmesno lego s poveznikom, zunanje (krajše) sohe pa s poveznikom povezujejo kapno lego. Tretji tip sohe predstavljajo povezave med razpiračema R3 in R4 v trapeznem vešalu TRAV3. Za kontrolo normalnih napetosti se je kot merodajna izkazala soha SSL1, za kontrolo strižnih napetosti pa soha SSL4. Obe sohi sta prikazani na sliki 5.19.

### 5.6.1 Sohi SSL1 in SSL4

Za merodajno obtežno kombinacijo, ki služi za kontrolo normalnih napetosti, se je izkazala srednjetrojna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nenakopičenega snega. Kombinacija v elementu SSL1 povzroča največji upogibni moment  $M_z$  v kombinaciji s tlačno osno silo in upogibnim momentom  $M_y$  na mestu stika z ročico RL1. Za merodajno obtežno kombinacijo pri kontroli strižnih napetosti pa se je izkazala srednjetrojna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nenakopičenega snega na južni strani objekta. Kombinacija v elementu SSL4 povzroča največjo prečno silo  $V_y$  na mestu stika s pol-škarjami EL5.

## 5.7 Opirac

Opirac je poševni element v sklopu trapeznega in trikotnega vešala, ki služi za prenos obtežbe s sohi in pol-škarj v poveznik. Vsi opiraci na obravnavanem ostrešju imajo enake dimenzije prečnega prereza, nekateri se med seboj za malenkost razlikujejo le v dolžini. Tako za kontrolo normalnih, kot tudi za kontrolo strižnih napetosti v prerezu, se je kot merodajen izkazal opirac OD3. Prikazan je na sliki 5.17.

### 5.7.1 Opirac OD3

Za merodajno obtežno kombinacijo, ki služi tako za kontrolo normalnih kot tudi strižnih napetosti, se je izkazala srednjetrojna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nakopičenega snega na severni strani objekta. Kombinacija v elementu OD3 povzroča največji upogibni moment  $M_y$  v kombinaciji s tlačno osno silo na mestu stika s pol-škarjami ED3 in največjo prečno silo  $V_z$  na istem mestu.

## 5.8 Razpirac

Razpirac je element v sklopu trapeznega vešala, ki med seboj razpira vmesni sohi. Vsi razpiraci na obravnavanem ostrešju so enakih dimenzij. Za kontrolo normalnih in strižnih napetosti v prerezu se je kot daleč najbolj merodajen izmed vseh izkazal razpirac R3. Prikazan je na sliki 5.17.

### 5.8.1 Razpirac R3

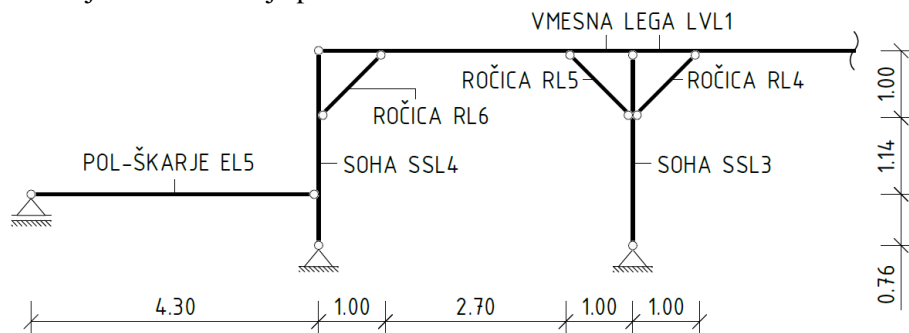
Za merodajno obtežno kombinacijo, ki služi za kontrolo normalnih napetosti, se je izkazala srednjetrojna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nakopičenega snega na južni strani objekta. Za kontrolo strižnih napetosti se je kot merodajna izkazala srednjetrojna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nakopičenega snega na severni strani objekta. Prva kombinacija v elementu R3 povzroča največji upogibni moment  $M_y$  v kombinaciji s tlačno osno silo približno na polovici razpona, druga kombinacija pa povzroča največjo prečno silo  $V_z$  na stiku z vmesno soho SSL4.

## 5.9 Ročica

Ročica je element, katerega primarna naloga je prevzem horizontalnih sil, ki delujejo na celotno konstrukcijo, zaradi same pozicije pa prevzema tudi vertikalno obtežbo z vmesne lege. Vse ročice na obravnavanem ostrežju so enakih dimenzij. Za kontrolo normalnih in strižnih napetosti (slednje so sicer zanemarljivo majhne) se je kot merodajna izkazala ročica RL5.

### 5.9.1 Ročica RL5

Merodajna ročica RL5 je prikazana na sliki 5.20.



Slika 5.20: Model vešala TRIV 1 in TRAV 3 v pogledu z južne strani objekta

Za merodajno obtežno kombinacijo, ki služi tako za kontrolo normalnih kot tudi strižnih napetosti, se je izkazala srednjetrjna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nakopičenega snega na južni strani objekta. Kombinacija v elementu RL5 povzroča največjo tlačno osno silo, ki je vzdolž elementa konstantna, in največjo prečno silo  $V_z$  na stiku z vmesno soho SSL3.

## 5.10 Pol-škarje

Pol-škarje so element v sklopu vešala, ki služijo za prevzem horizontalne obtežbe s kapne lege v opirač oziroma vmesno soho. Na objektu sta prisotna dva različna tipa pol-škarij in sicer prvi tip, ki povezuje vzdolžne kapne lege z opiračem v vešalu, in drugi tip, ki povezuje kapno lego pod grebenom z vmesnima sohami na trapeznem vešalu TRAV3. Drugi tip ima dimenzije prečnega prereza enkrat manjše od prvega, zato se je slednji pri kontroli tako normalnih kot tudi strižnih napetosti izkazal za merodajnega.

### 5.10.1 Pol-škarje EL5

Zaradi nesimetrije so se pri drugem tipu pol-škarij večje obremenitve kot v elementu ED4 pojavile v elementu EL5, zato je bil slednji merodajen za kontrolo napetosti. Prikazan je na sliki 5.20.

Za merodajno obtežno kombinacijo, ki služi tako za kontrolo normalnih kot tudi strižnih napetosti, se je izkazala srednjetrjna obtežna kombinacija, sestavljena iz stalne obtežbe in spremenljive obtežbe nakopičenega snega na južni strani objekta. Kombinacija v elementu EL5 povzroča največjo tlačno osno silo, ki je vzdolž elementa konstantna, in največjo prečno silo  $V_z$  na stiku z vmesno soho SSL4.

## 6. KONTROLA NOSILNOSTI IN UPORABNOSTI

V tem poglavju je obravnavana kontrola nosilnosti in uporabnosti vseh elementov obravnavanega ostrešja, na katerih je bil izveden izračun NSK. Upoštevana so pravila standarda SIST EN 1995-1-1:2005, SIST EN 338:2004 ter priročnika za projektiranje gradbenih konstrukcij po Evrokod standardih (Beg, Pogačnik, 2009).

### 6.1 Splošni izrazi za kontrolo napetosti elementov v mejnem stanju nosilnosti

#### 6.1.1 Centrični nateg v smeri vlaken

Izpolnjen mora biti pogoj

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1 \quad (6.1)$$

pri katerem je

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_{netto}} \quad (6.2)$$

kjer so:  $\sigma_{t,0,d}$  projektna natezna napetost v smeri vlaken,  $f_{t,0,d}$  projektna natezna trdnost v smeri vlaken,  $N_d$  projektna natezna osna sila ter  $A_{netto}$  prerez elementa brez oslabitev.

#### 6.1.2 Centrični tlak v smeri vlaken

##### 6.1.2.1 Centrični tlak v smeri vlaken brez upoštevanja uklona

Izpolnjen mora biti pogoj

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1, \quad (6.3)$$

pri katerem je

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{netto}} = \frac{N_d}{A} \quad (6.4)$$

kjer so:  $\sigma_{c,0,d}$  projektna tlačna napetost v smeri vlaken,  $f_{c,0,d}$  projektna tlačna trdnost v smeri vlaken,  $N_d$  projektna tlačna osna sila ter  $A_{netto}$  prerez, ki ima oslabitve tesno zapolnjene z materialom večje togosti od lesa.

##### 6.1.2.2 Centrični tlak v smeri vlaken z upoštevanjem uklona

V primeru, ko sta presežena pogoja relativne vitkosti elementa  $\lambda_{rel,y} > 0,3$  in/ali  $\lambda_{rel,z} > 0,3$ , je potrebno pri izrazu za kontrolo tlačnih napetosti v smeri vlaken upoštevati uklon.

Izpolnjena morata biti pogoja

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1 \text{ in} \quad (6.5)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1. \quad (6.6)$$

Uklonska korekcijska faktorja  $k_{c,y}$  in  $k_{c,z}$  sta določena z izrazoma

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \text{ in} \quad (6.7)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}. \quad (6.8)$$

Faktorja  $k_y$  in  $k_z$  sta določena z izrazoma

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) \text{ in} \quad (6.9)$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad (6.10)$$

kjer je  $\beta_c$  pomožni faktor, ki za masivni les znaša 0,2.

Relativni vitkosti  $\lambda_{rel,y}$  ter  $\lambda_{rel,z}$  sta določeni z izrazoma

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \text{ in} \quad (6.11)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}. \quad (6.12)$$

Vitkosti  $\lambda_y$  in  $\lambda_z$  sta določeni z izrazoma

$$\lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_y} \text{ in} \quad (6.13)$$

$$\lambda_z = \frac{l_{0,z}}{i_z} \quad (6.14)$$

kjer so:  $l_{0,y}$  uklonska dolžina pri uklonu okoli y osi,  $i_y$  vztrajnostni polmer okoli y osi,  $l_{0,z}$  uklonska dolžina pri uklonu okoli z osi,  $i_z$  vztrajnostni polmer okoli z osi,  $f_{c,0,k}$  karakteristična tlačna trdnost v smeri vlaken in  $E_{0,05}$  karakteristična vrednost modula elastičnosti pri 5% fraktili v smeri vlaken.

### 6.1.3 Tlak pravokotno na vlakna

Izpolnjen mora biti pogoj

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} f_{c,90,d}} \leq 1, \quad (6.15)$$

pri katerem je

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_d}{A} \quad (6.16)$$

kjer so:  $k_{c,90}$  koeficient, ki zajame lego obtežbe, možnost razpokanja lesa in nivo tlačnega deformiranja;  $F_d$  projektna tlačna sila,  $A$  kontaktna površina in  $f_{c,90,d}$  projektna tlačna trdnost pravokotno na vlakna.



#### 6.1.4 Tlak pod poljubnim kotom glede na smer vlaken

Izpolnjen mora biti pogoj

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} \leq 1, \quad (6.17)$$

pri katerem je

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} f_{c,0,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (6.18)$$

kjer so:  $\sigma_{c,\alpha,d}$  projektna tlačna napetost pod poljubnim kotom glede na smer vlaken,  $f_{c,\alpha,d}$  projektna tlačna trdnost pod poljubnim kotom glede na smer vlaken in  $\alpha$  kot med smerjo vlaken in smerjo napetosti, v [°].

#### 6.1.5 Upogib

##### 6.1.5.1 Upogib brez nevarnosti bočne zvrnitve

Izpolnjena morata biti pogoja

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \text{ in} \quad (6.19)$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \quad (6.20)$$

kjer sta projektni upogibni napetosti  $\sigma_{m,y,d}$  in  $\sigma_{m,z,d}$  določeni z izrazoma

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{I_y} z \text{ in} \quad (6.21)$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{I_z} y, \quad (6.22)$$

pri tem je  $k_m$  faktor, ki za prereze pravokotnih oblik znaša 0,7;  $f_{m,y,d}$  projektna upogibna trdnost za upogib okoli y osi;  $f_{m,z,d}$  projektna upogibna trdnost pri upogibu okoli z osi;  $M_{y,d}$  projektna vrednost upogibnega momenta okoli y osi;  $I_y$  vztrajnostni moment okoli y osi; z razdalja med robom in težiščem prereza (v z smeri);  $M_{z,d}$  projektna vrednost upogibnega momenta okoli z osi,  $I_z$  vztrajnostni moment okoli z osi; y razdalja med robom in težiščem prereza (v y smeri).

##### 6.1.5.2 Upogib z nevarnostjo bočne zvrnitve

V primeru, ko je presežen pogoj relativne vitkosti elementa pri upogibu  $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ , mora biti v splošnem izpolnjen pogoj

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \leq 1, \quad (6.23)$$

pri katerem je

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d}}{I_y} z \text{ ali } \sigma_{m,d} = \frac{M_{z,d}}{I_z} y. \quad (6.24)$$

Faktor  $k_{crit}$  je določen z izrazi

$$k_{crit} = \begin{cases} 1, & \lambda_{rel,m} \leq 0 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m}, & 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,40, \\ 1/\lambda_{rel,m}^2, & 1,40 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (6.25)$$

relativna vitkost elementa pri upogibu  $\lambda_{rel,m}$  pa z izrazom

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (6.26)$$

Kritična upogibna napetost  $\sigma_{m,crit}$  za elemente s pravokotnim prečnim prerezom, narejene iz lesa iglavcev, je določena z izrazom

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05}, \quad (6.27)$$

kjer so  $f_{m,d}$  projektna upogibna trdnost,  $\sigma_{m,d}$  projektna upogibna napetost,  $f_{m,k}$  karakteristična upogibna trdnost,  $b$  širina nosilca,  $h$  višina nosilca in  $l_{ef}$  efektivna dolžina, ki je odvisna od statičnega sistema nosilca in vrste obtežbe.

#### 6.1.5.3 Upogib v kombinaciji z natezno osno silo

Za bočno podprte elemente v primeru dvoosnega upogiba v kombinaciji z natezno osno silo morata biti izpolnjena pogoja

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \text{ in} \quad (6.28)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1. \quad (6.29)$$

Za bočno podprte elemente v primeru enoosnega upogiba v kombinaciji z natezno osno silo mora biti izpolnjen pogoj

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1. \quad (6.30)$$

Vse projektne napetosti ter faktorji so določeni z izrazi iz poglavja 6.1.1, 6.1.5.1 in 6.1.5.2.

#### 6.1.5.4 Upogib v kombinaciji s tlačno osno silo

##### 6.1.5.4.1 Upogib v kombinaciji s tlačno osno silo brez upoštevanje uklona

Za bočno podprte elemente, ob izpolnjenem pogoju relativne vitkosti elementa  $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$  in  $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$  (uklona ni potrebno upoštevati), morata biti v primeru dvoosnega upogiba v kombinaciji s tlačno osno silo izpolnjena pogoja

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \text{ in} \quad (6.31)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1. \quad (6.32)$$

Za bočno podprte elemente, ob izpolnjenem pogoju relativne vitkosti elementa  $\lambda_{rel} \leq 0,3$  (uklona ni potrebno upoštevati), mora biti v primeru enoosnega upogiba v kombinaciji s tlačno osno silo izpolnjen pogoj

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1. \quad (6.33)$$

Vse projektne napetosti in faktorji so določeni z izrazi iz poglavja 6.1.2.1, 6.1.5.1 in 6.1.5.2

#### 6.1.5.4.2 Upogib v kombinaciji s tlačno osno silo z upoštevanjem uklona

Za bočno podprte elemente, ob izpolnjenem pogoju relativne vitkosti elementa  $\lambda_{rel,y} > 0,3$  in  $\lambda_{rel,z} > 0,3$  (uklon je potrebno upoštevati), morata biti v primeru dvoosnega upogiba v kombinaciji s tlačno osno silo izpolnjena pogoja

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \text{ in} \quad (6.34)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1. \quad (6.35)$$

Za bočno podprte elemente, ob izpolnjenem pogoju relativne vitkosti elementa  $\lambda_{rel} > 0,3$  (uklon je potrebno upoštevati), mora biti v primeru enoosnega upogiba v kombinaciji s tlačno osno silo izpolnjen pogoj

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1. \quad (6.36)$$

Vse projektne napetosti in faktorji so določeni z izrazi iz poglavja 6.1.2.2, 6.1.5.1 in 6.1.5.2

#### 6.1.5.4.3 Upogib v kombinaciji s tlačno osno silo z upoštevanjem uklona ter bočne zvrnitve

Za nosilce, ki so obremenjeni s tlačno osno silo in z upogibnim momentom  $M_y$  okoli močne osi, mora biti izpolnjen pogoj

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}}\right)^2 \leq 1. \quad (6.37)$$

Vse projektne napetosti in faktorji so določeni z izrazi iz poglavja 6.1.2.2, 6.1.5.1 in 6.1.5.2

### 6.1.6 Strig

#### 6.1.6.1 Strig zaradi prečne sile

V splošnem mora biti izpolnjen pogoj

$$\frac{\max \tau_d}{f_{v,d}} \leq 1. \quad (6.38)$$

pri katerem je za elemente s pravokotnim prečnim prerezom

$$\max \tau_d = \frac{3 V_d}{2 b h}. \quad (6.39)$$

kjer je  $\max \tau_d$  največja projektna strižna napetost v prerezu,  $f_{v,d}$  projektna strižna trdnost,  $V_d$  projektna strižna sila,  $b$  širina prečnega prereza in  $h$  višina prečnega prereza.

## 6.2 Splošni izrazi za kontrolo uporabnosti konstrukcije

Poleg mejnih stanj nosilnosti je v skladu s standardom potrebno preveriti tudi mejna stanja uporabnosti, pri katerih kontroliramo, ali konstrukcija zadosti kriterijem uporabnosti glede na deformacije in pomike ter vibracije.

### 6.2.1 Mejno stanje pomikov

V začetnem času mora biti glede pomikov izpolnjen pogoj

$$w_{inst} \leq w_{inst,lim}, \quad (6.40)$$

v končnem času pa pogoj

$$w_{fin} \leq w_{fin,lim}. \quad (6.41)$$

Izračun začetnih pomikov  $w_{inst}$  je podan z izrazom

$$w_{inst} = \sum w_{inst}(G_{k,j}) + w_{inst}(Q_{k,1}) + \sum w_{inst}(\psi_{0,i} Q_{k,i}). \quad (6.42)$$

Izračun končnih pomikov  $w_{fin}$  je podan z izrazom

$$w_{fin} = \sum (1 + k_{def})w_{inst}(G_{k,j}) + (1 + \psi_{2,1} k_{def})w_{inst}(Q_{k,1}) + \sum (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def})w_{inst}(Q_{k,i}), \quad (6.43)$$

kjer so  $w_{inst}(G_{k,j})$  začetni pomik zaradi stalnih vplivov  $G$ ,  $w_{inst}(Q_{k,1})$  začetni pomik zaradi prevladujočega spremenljivega vpliva  $Q_1$ ,  $w_{inst}(Q_{k,i})$  začetni pomik zaradi spremljajočih spremenljivih vplivov  $Q_i$  ( $i > 1$ ),  $k_{def}$  končni koeficient lezenja (preglednica 6.1),  $\psi_{2,1}$  faktor za navidezno stalno vrednost prevladujočega spremenljivega vpliva (preglednica 4.4) ter  $\psi_{2,i}$  faktor za navidezno stalno vrednost spremljajočih spremenljivih vplivov (preglednica 4.4),

Preglednica 6.1: Končni koeficienti lezenja  $k_{def}$  za masivni les (EN 1995-1-1: Pr. :3.2)

Material	Razred uporabe		
	1	2	3
Masivni les	0,60	0,80	2,00

Osnovne vrednosti mejnih pomikov  $w_{inst,lim}$  ter  $w_{net,fin,lim}$  so podane v spodnji preglednici.

Preglednica 6.2: Osnovne vrednosti mejnih pomikov (EN 1995-1-1: Pr. :7.2)

Vrsta nosilca	$w_{inst,lim}$	$w_{net,fin,lim}$
Nosilci na dveh podporah	$l/500$ do $l/300$	$l/350$ do $l/250$
Konzolni nosilci	$l/250$ do $l/150$	$l/175$ do $l/125$

### 6.3 Povzetek in komentar rezultatov

Iz opravljenih kontrol napetosti v mejnih stanjih nosilnosti je razvidno, da je večji del ostrešja z ozirom na današnje predpise projektiran in izveden varno. Predvsem tisti elementi, ki so bili med adaptacijami zamenjani, se v kontrolah izkažejo za najbolj obremenjene in obenem zelo dobro izkoriščene. Ti elementi so špirovci, grebeni in žlotniki. Pri kontroli napetosti najbolj obremenjenega špirovca in grebena se praktično izkaže, da je projektna odpornost enaka projektni obremenitvi, kar pomeni popolno izkoriščenost kritičnega prereza v mejnih stanjih nosilnosti. Iz opravljenih kontrol v žlotniku je sicer razbrati, da ta v mejnih stanjih ne zagotavlja ustrezne nosilnosti, a je 10 procentno prekoračitev dovoljene obremenitve v elementu povsem na mestu pripisati konzervativnim pristopom pri določitvi obtežb, ki odpadejo na žlotnik, in sklicevanju na dimenzije žlotnika, ki so bile odčitane iz starih načrtov. Vsi elementi v sklopu vešal, ki so med drugim izdelani iz kvalitetnejšega lesa C40, v veliki večini izpolnjujejo pogoje v mejnih stanjih nosilnosti. Element, ki pri računu napetosti ne izkazuje zahtevane varnosti proti poružitvi, je vmesna lega LVC1. Največja obremenitev, ki se pojavi v elementu, je za približno četrtno večja od odpornosti elementa, kar je tekom računa vodilo v ponovne izmere na objektu in ponoven pregled obstoječe dokumentacije. Iz slednje je bilo razvidno, da so bile v projektni dokumentaciji predvidene ročice, ki so z opiranjem na soho podpirale obravnavan element. Očitno le te niso bile nameščene ali pa so bile odstranjene. Prav tako je bilo iz starejše literature in priporočil za gradnjo lesenih ostrešij razbrati, da mora biti na sredini razpetine, ki jo premošča obravnavana vmesna lega, dodatni steber, ki jo podpira. Kljub temu, da element v računu ne izkazuje zahtevane varnosti proti poružitvi, je ogled na terenu pokazal, da na njem ni znakov preobremenitve - po vsej verjetnosti zato, ker večji del obtežbe prevzame greben. Iz rezultatov kontrole napetosti nekoliko izstopa tudi kapna lega LKC1, v kateri se pojavijo neobičajno veliki momenti. Na tem mestu je potrebno omeniti, da v računskem modelu nosilni zid pod kapno lego zagotavlja podporo slednje le v vertikalni smeri, ne pa tudi v horizontalni. Potrebno pa se je zavedati, da v realni situaciji delno podpiranje v horizontalni smeri zagotavlja trenje med elementom in zidom, ki zaradi celotne stalne ter koristne obtežbe nikakor ni zanemarljivo.

Kontrole pomikov v mejnih stanjih uporabnosti večje število elementov ostrešja opredelijo kot neuporabne. V računu so sicer za kontrolo kriterija uporabnosti uporabljeni največji dovoljeni pomiki iz priporočil standarda, v splošnem pa so največji dovoljeni pomiki predmet dogovora z investitorjem. Največje odstopanje od dovoljenih pomikov se pričakovano pojavi v vmesni legi LVC1, ki velja tudi za najbolj obremenjen element v mejnih stanjih nosilnosti. Večja odstopanja se pojavijo tudi pri razpiraču R3, ki vmesno lego LVC1 posredno podpira, in špirovcu SL16. Razen špirovcev, kjer bi lahko preveliki povesi povzročili oteženo odvodnjavanje, zamete snega in poškodbe na krhkih oblogah, v katere so obloženi, omejitve pomikov izhajajo zgolj iz vizualnih zahtev, saj bi preveliki pomiki pri uporabnikih objekta vzbudili nezaupanje v konstrukcijo. Ostrešje tako tudi ob prekoračenih pomikih nosilnih elementov povsem normalno opravlja svojo funkcijo. Ker je naklon obravnavanega ostrešja dokaj velik, izračunani pomiki špirovcev ne ovirajo odvodnjavanja ali povzročajo zametov snega, prav tako pa ne vplivajo na obloge, saj so bile le te na objektu nameščene naknadno, ko je bil večji del pomikov že izvršen.

## 7. ZAKLJUČEK

Z opravljeno statično analizo ostrešja, ki se skupaj z objektom, katerega prekriva, uvršča v register nepremične kulturne dediščine, so pridobljene pomembne ugotovitve glede nosilnosti in uporabnosti elementov ostrešja z ozirom na današnje predpise.

Cilj diplomske naloge -izdelati posnetek obstoječega stanja in preveriti nosilnost ter uporabnost ostrešja ob upoštevanju Evrokod standardov - je dosežen. Teza, da večina elementov ostrešja izpolnjuje pogoje v mejnih stanjih nosilnosti, se izkaže za pravilno. Kljub temu, da je bila konstrukcija projektirana pred več kot 120 leti, je moč z gotovostjo trditi, da so bili za njeno projektiranje očitno uporabljeni pravilni pristopi. Razlog po vsej verjetnosti tiči v uporabi enostavnih priporočil, ki so bazirala na izkustvenih metodah in so bila napram današnjim tridimenzionalnim modelom pogosto zelo konzervativna.

Pri izdelavi posnetka obstoječega stanja objekta se je izkazalo, da je bilo tako v fazi gradnje kot najverjetneje tudi med vzdrževanjem objekta narejenih nemalo napak, saj je na izdelanem posnetku na več mestih zaznati odstopanja od projektne dokumentacije, ki je služila za izvedbo ostrešja. Tako je bilo zaznati elemente z manjšimi dimenzijami prečnih prerezov, elemente, ki so neustrezno pozicionirani, in celo odstranjene oziroma nenameščene elemente, ki so bili sicer predvideni. Rezultati statične analize kljub zgoraj opisanim odstopanjem veliko večino elementov v mejnih stanjih nosilnosti opredelijo kot varne. Z upoštevanjem tistih elementov, ki so bili odstranjeni oziroma nenameščeni, pa je ugotovljeno, da praktično vsi elementi v mejnih stanjih nosilnosti izkazujejo zadostno stopnjo varnosti.

Kontrole pomikov v mejnih stanjih uporabnosti z upoštevanjem omejitev iz standarda sicer večino elementov opredelijo kot neuporabne, a kriterij uporabnosti pri lesenih konstrukcijah v praksi pogosto določa investitor, saj je prav on tisti, ki poda zahtevo glede največjih dovoljenih pomikov. Glede na to, da investitor ni podal posebnih vizualnih zahtev glede največjih dovoljenih pomikov, in ob upoštevanju, da povse špirovca na zamete snega, oteženo odvodnjavanje in obloge ne povzročajo pomembnih vplivov, se večina elementov ostrešja izkaže za uporabne.

V tej diplomski nalogi je bil poudarek na statični analizi elementov historične lesene konstrukcije. Motiv za nadaljnje študije zagotovo predstavlja detajlnejšo analizo, ki bi vključevala kontrolo na mestu vseh stikov, vsekakor pa tudi analizo, ki bi vključevala propadanje elementov in stikov ter s tem različne kombinacije obremenitev na nosilne zidove objekta.

## **VIRI**

Beg, D. (ur.), Pogačnik, A. (ur.). 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po Evrokod standardih. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 1077 str.

Bosiljkov, V., Antolinc, D., Čepon F., et. al. 2016. Izdelava posnetka objekta in strokovnega mnenja o stanju objekta Akademija za likovno umetnost in oblikovanje Univerze v Ljubljani, Erjavčeva ul. 23 v Ljubljani. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 29 str.

Bosiljkov, V. 2013. Strehe in strešne konstrukcije. Prosojnice s predavanj za študij pri predmetu Stavbarstvo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 42 str.

Dremelj, S. 2016. Analiza obstoječega dvojno vezanega kozolca po Evrokod standardih. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Dremelj): 82 str.

Gojković, M., Stevanović B., Komnenović, M., et al. 1986. Drvene konstrukcije – rešeni primeri iz teorije i prakse. Beograd, Univerziteteta u Beogradu, Gradjevinski fakultet: 598 str.

Ilić, S. 1987: Klasični drveni krovovi. Beograd, IRO "Građevinska knjiga": 535 str.

Lopatič, J. 2012. Lesene konstrukcije B-UNI. Študijsko gradivo pri predmetu Lesene konstrukcije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 128 str.

Žarnić, R., Bosiljkov, V., Bokan Bosiljkov, V. 2014. Gradiva – vaje. Delovno gradivo za študij pri predmetu Gradiva. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 146 str.

## **STANDARDI**

SIST EN 338:2004. Konstrukcijski les – Trdnostni razredi. CEN, Brusel; SIST, Ljubljana.

SIST EN 1990:2004. Evrokod – Osnove projektiranja konstrukcij.

SIST EN 1991-1-1:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Prostorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb.

SIST EN 1991-1-3:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-3. del: Splošni vplivi – Obtežba snega.

SIST EN 1991-1-4:2005. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-4. del: Splošni vplivi – Vplivi vetra.

SIST EN 1995-1-1:2005. Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe

## OSTALI VIRI

CREATON "UNO". The classic trussing and sub – coverage sheet.

<https://www.creaton.com/productrange/roof-accessories/universal-accessory/roofing-underlayment/creaton-uno> (pridobljeno 26.5.2016)

Grobovšek, B. Gradbeno tehnične karakteristike poševnih streh.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT64.htm> (pridobljeno 26.5.2016)

Knauf Ljubljana d.o.o. 2007. Suhomontažni sistemi KNAUF, Izdaja 09/05.

[http://www.topdom.si/files/www.topdom.si/01\\_ponudba/katalogi/knauf\\_-\\_katalog.pdf](http://www.topdom.si/files/www.topdom.si/01_ponudba/katalogi/knauf_-_katalog.pdf) (pridobljeno 26.5.2016)

Mestna Občina Ljubljana. 2016. O Ljubljani. 2016.

<http://www.ljubljana.si/si/ljubljana> (pridobljeno 26.5.2016)

Sprehod po poti kulturne dediščine šolstva v Ljubljani. 2016.

<http://www.ssolski-muzej.si/sprehod/ljubljana/vrtaca/zgodovina.htm> (pridobljeno 6.9.2016)

TONDACH Slovenija d.o.o. Tehnični detajli Fidelio.

<http://www.tondach.si/Izdelki/Streha/Pregled-vseh-modelov/TONDACH-R-Fidelio> (pridobljeno 26.5.2016)

Trdnostni razredi – karakteristične projektne vrednosti.

[http://www.fgg.uni-lj.si/kmlk/Drago/LK/2014\\_2015/Trdnostni\\_razredi\\_2008.pdf](http://www.fgg.uni-lj.si/kmlk/Drago/LK/2014_2015/Trdnostni_razredi_2008.pdf) (pridobljeno 25.5.2016)



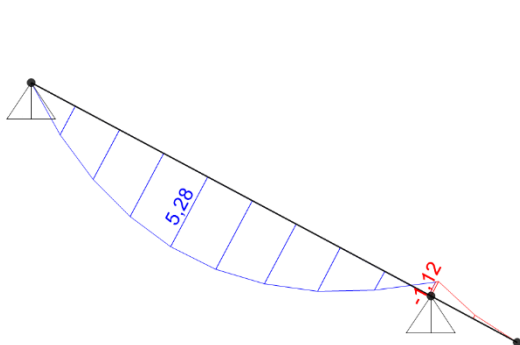
## **SEZNAM PRILOG**

PRILOGA A1: NOTRANJE STATIČNE KOLIČINE IN KONTROLE NAPETOSTI V MSN.....	A1-1
PRILOGA A2: KONTROLA MEJNEGA STANJA POMIKOV .....	A2-1
PRILOGA B1: TLORIS OSTREŠJA	
PRILOGA B2: PREREZ A-A	

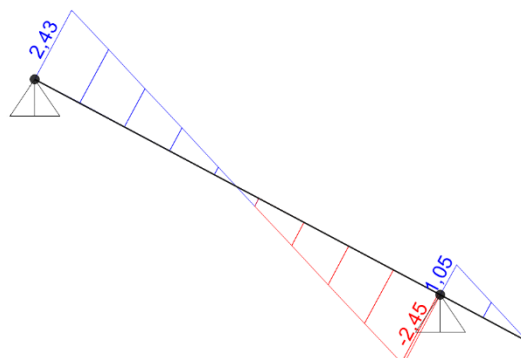
»Ta stran je namenoma prazna.«

## PRILOGA A1: NOTRANJE STATIČNE KOLIČINE IN KONTROLE NAPETOSTI V MSN

### 1 Špirovec SL16



Slika A1.1: Potek projektne upogibnih momentov  $M_y$  pri obtežni kombinaciji K5

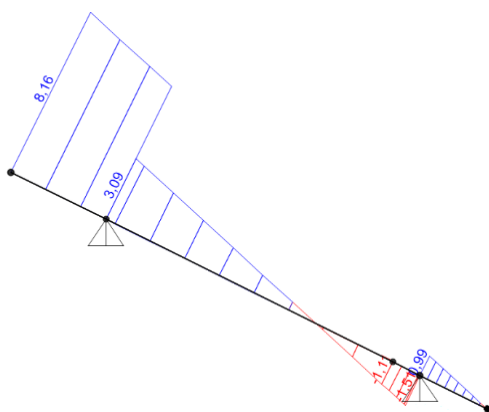


Slika A1.2: Potek projektne osnih sil pri obtežni kombinaciji K5

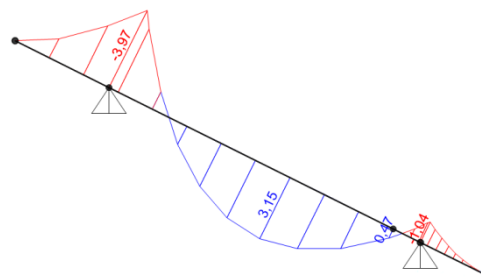
Preglednica A1.1: Kontrola normalnih napetosti v špirovcu SL16

RAČUN NAPETOSTI Enoosni upogib z natezno osno silo (polni prerez)							
NSK			Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	N [kN]	$M_y$ [kNm]	b	10	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
g	0,02	1,28	h	15	cm	$\sigma_{t,0,d}$ P	0,00 kN/cm <sup>2</sup>
$q_s$	0,03	1,99	A	150	cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ P	0,46 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{w,j-s 2}$	0,00	0,66	$I_y$	2812,50	cm <sup>4</sup>	Kontrola	0,33 <1
			zt	7,5	cm	Trajanje obtežbe 'M'	
			$\gamma_G$	1,35	1	$\sigma_{t,0,d}$ M	0,00 kN/cm <sup>2</sup>
			$\gamma_Q$	1,5	0	$\sigma_{m,y,d}$ M	1,26 kN/cm <sup>2</sup>
			$\psi_{0,s}$	0,5		Kontrola	0,68 <1
			$\psi_{0,w}$	0,6		Trajanje obtežbe 'S'	
			$f_{m,d}$ P	1,385	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{t,0,d}$ S	0,00 kN/cm <sup>2</sup>
			$f_{t,0,d}$ P	0,831	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ S	1,42 kN/cm <sup>2</sup>
			$f_{m,d}$ M	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,68 <1
			$f_{t,0,d}$ M	1,108	kN/cm <sup>2</sup>		
			$f_{m,d}$ S	2,077	kN/cm <sup>2</sup>		
			$f_{t,0,d}$ S	1,246	kN/cm <sup>2</sup>		

### 2 Špirovec SC7



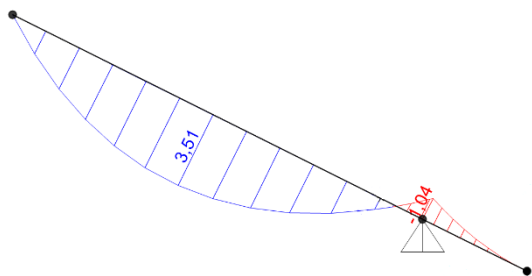
Slika A1.3: Potek projektne osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji



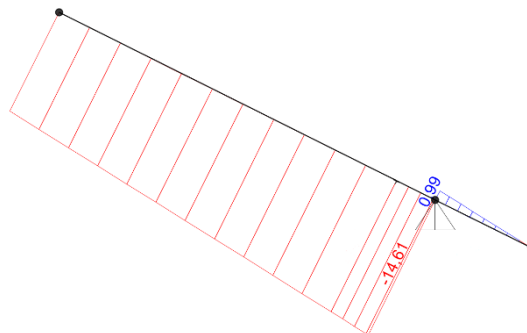
Slika A1.4: Potek projektne upogibnih momentov  $M_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji



#### 4 Špirovec SC12



Slika A1.7: Potek projektних upogibnih momentov  $M_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji

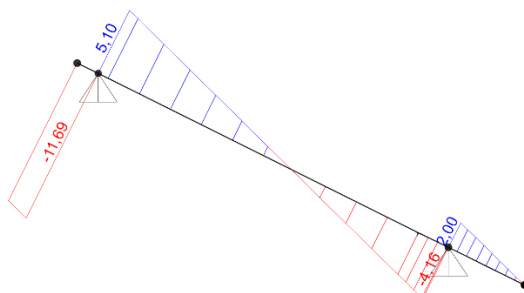


Slika A1.8: Potek projektnih osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji

Preglednica A1.4: Kontrola normalnih napetosti v špirovcu SC12

RAČUN NAPETOSTI Enoosni upogib s tlačno osno silo (polni prerez)							
NSK			Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$E_{0,05}$	800	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'P'	
g	-3,43	0,94	$f_{c,0,k}$	2,30	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ P	-0,03 kN/cm <sup>2</sup>
$q_s$	-5,21	1,49	$f_{m,k}$	3,00	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ P	0,34 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{w,z-v2}$	1,18	0,32	$f_{m,d}$ P	1,39	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,24 <1
<b>Podatki</b>			$f_{c,0,d}$ P	1,06	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
b	10	cm	$f_{m,d}$ M	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ M	-0,08 kN/cm <sup>2</sup>
h	15	cm	$f_{c,0,d}$ M	1,415	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ M	0,93 kN/cm <sup>2</sup>
A	150	cm <sup>2</sup>	$f_{m,d}$ S	2,077	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,63 <1
$I_y$	2812,50	cm <sup>4</sup>	$f_{c,0,d}$ S	1,592	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'S'	
$I_z$	1250,00	cm <sup>4</sup>	<b>Uklon, Bočna zvrnitev</b>			$\sigma_{c,0,d}$ S	-0,08 kN/cm <sup>2</sup>
zt	7,5	cm	$i_z$	2,89	cm	$\sigma_{m,y,d}$ S	1,01 kN/cm <sup>2</sup>
$l_{0,z}$	408	cm	$\lambda_z$	141,34		Kontrola	0,54 <1
$l_{ef}$	408	cm	$\sigma_{c,crit,z}$	0,40	kN/cm <sup>2</sup>		
$\gamma_G$	1,35	1	$\lambda_{rel,z}$	2,41			
$\gamma_Q$	1,5	0	$k_z$	3,62			
$\psi_{0,s}$	0,5		$k_{c,z}$	0,16			
$\psi_{0,w}$	0,6		$\sigma_{m,crit}$	3081,48			
			$\lambda_{rel,m}$	0,03			
			$k_{crit}$	1,00			

## 5 Špirovec SC11



Slika A1.9: Potek projektnih prečnih sil Vz pri merodajni obtežni kombinaciji

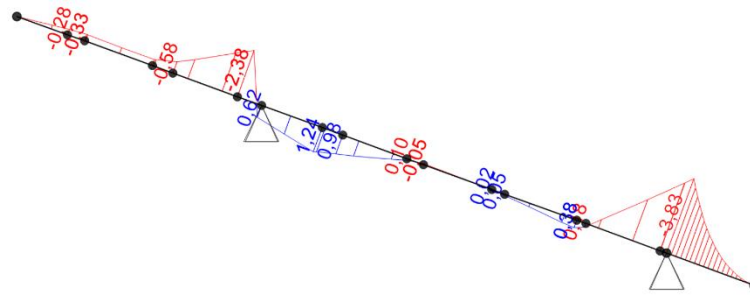
Preglednica A1.5: Kontrola strižnih napetosti v špirovcu SC11

RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (netto prerez)						
NSK		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	Vz [kN]	b	10	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
		$h_{netto}$	11,5	cm	$\tau_d P$	-0,05 kN/cm <sup>2</sup>
g	-3,1	$A_{netto}$	115	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,40 <1
$q_{s,s}$	-5,01	$A_{netto}^*$	76,67	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
$q_{w,z-v 2}$	-1,31	$\gamma_G$	1,35	1	$\tau_d M$	-0,15 kN/cm <sup>2</sup>
		$\gamma_Q$	1,5	0	Kontrola	0,82 <1
		$\psi_{0,s}$	0,5		Trajanje obtežbe 'S'	
		$\psi_{0,w}$	0,6		$\tau_d S$	-0,17 kN/cm <sup>2</sup>
		$f_{v,d} P$	0,138	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,81 <1
		$f_{v,d} M$	0,185	kN/cm <sup>2</sup>		
		$f_{v,d} S$	0,208	kN/cm <sup>2</sup>		

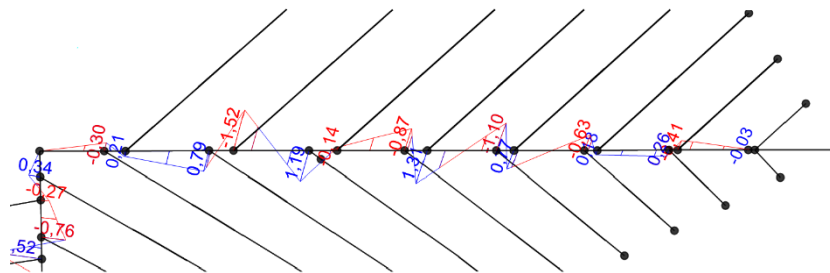
Preglednica A1.6: Kontrola kontaktnih napetosti v špirovcu SC11

RAČUN NAPETOSTI Kontaktne napetosti						
Reakcije		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	$F_{c,61,d}/F_{c,90,d}$ [kN]	LES C30			ŠPIROVEC SC11	
		$f_{c,0,d} P$	1,062	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'P'	
g	-3,1	$f_{c,90,d} P$	0,125	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,61,d} P$	-0,06 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{s,s}$	-5,01	$f_{c,0,d} M$	1,415	kN/cm <sup>2</sup>	$f_{c,61,d} P$	0,16 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{w,z-v 2}$	-1,31	$f_{c,90,d} M$	0,166	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,37 <1
		$f_{c,0,d} S$	1,592	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
$\alpha_{SC11}$	61	$f_{c,90,d} S$	0,187	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,61,d} M$	-0,16 kN/cm <sup>2</sup>
$b_s$	10	LES C40			$f_{c,61,d} M$	0,21 kN/cm <sup>2</sup>
t	3,5	$f_{c,0,d} P$	1,200	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,78 <1
a	7,2	$f_{c,90,d} P$	0,134	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'S'	
$A_{kontakt}$	72,000	$f_{c,0,d} M$	1,600	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,61,d} S$	-0,18 kN/cm <sup>2</sup>
$k_{c,90}$	1	$f_{c,90,d} M$	0,178	kN/cm <sup>2</sup>	$f_{c,61,d} S$	0,24 kN/cm <sup>2</sup>
$\gamma_G$	1,35	$f_{c,0,d} S$	1,800	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,76 <1
$\gamma_Q$	1,5	$f_{c,90,d} S$	0,201	kN/cm <sup>2</sup>	LEGA LVC1	
$\psi_{0,s}$	0,5				Trajanje obtežbe 'P'	
$\psi_{0,w}$	0,6				$\sigma_{c,90,d} P$	-0,06 kN/cm <sup>2</sup>
					Kontrola	0,43 <1
					Trajanje obtežbe 'M'	
					$\sigma_{c,90,d} M$	-0,16 kN/cm <sup>2</sup>
					Kontrola	0,91 <1
					Trajanje obtežbe 'S'	
					$\sigma_{c,90,d} S$	-0,18 kN/cm <sup>2</sup>
					Kontrola	0,89 <1

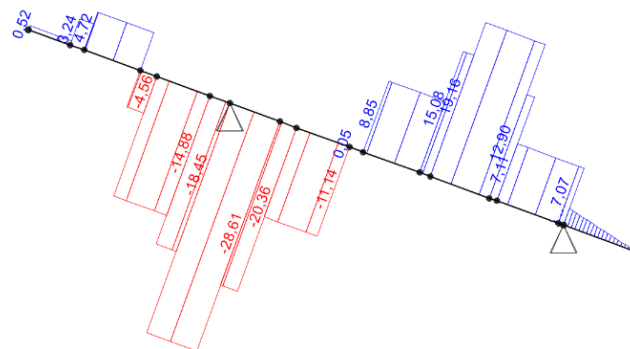
## 6 Greben GV2



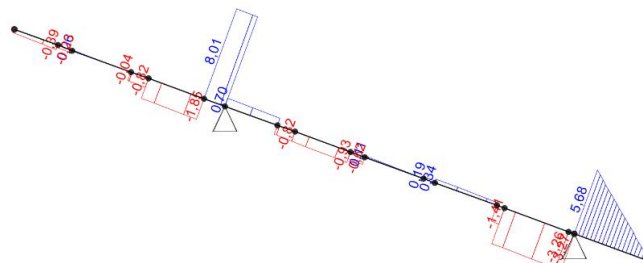
Slika A1.10: Potek projektних upogibnih momentov  $M_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.11: Potek projektnih upog. momentov  $M_z$  pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.12: Potek projektnih osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.13: Potek projektnih prečnih sil  $V_z$  pri merodajni obtežni kombinaciji

Preglednica A1.7: Kontrola normalnih napetosti v grebenu GV2

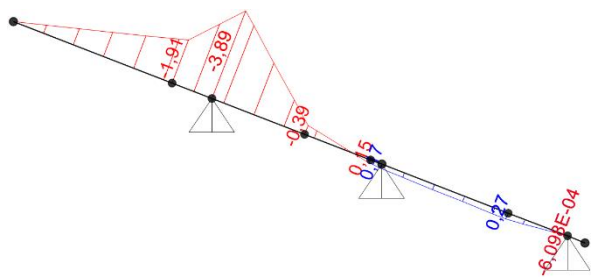
RAČUN NAPETOSTI Dvoosni upogib z natežno osno silo (netto prerez)									
NSK			Podatki			Račun			
Vrsta obtežbe	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	b	10	cm	Trajanje obtežbe 'P'		
				h	15	cm	$\sigma_{t,0,d}$ P	0,02	kN/cm <sup>2</sup>
g	1,85	-1,19	0,00	$h_{netto}$	11,5	cm	$\sigma_{m,y,d}$ P	-0,73	kN/cm <sup>2</sup>
$q_{s,j}$	3,05	-1,48	0,00	$A_{netto}$	115	cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,z,d}$ P	0,00	kN/cm <sup>2</sup>
$q_w$	Ugodno			$I_{y,netto}$	1267,40	cm <sup>4</sup>	Kontrola	0,55	<1
				$z_{t,netto}$	5,75	cm	Kontrola	0,39	<1
				$I_{z,netto}$	958,3	cm <sup>4</sup>	Trajanje obtežbe 'M'		
				$y_t$	5	cm	$\sigma_{t,0,d}$ M	0,06	kN/cm <sup>2</sup>
				$\gamma_G$	1,35	1	$\sigma_{m,y,d}$ M	-1,74	kN/cm <sup>2</sup>
				$\gamma_Q$	1,5	0	$\sigma_{m,z,d}$ M	0,00	kN/cm <sup>2</sup>
				$\psi_{0,s}$	0,5		Kontrola	1,00	<1
				$\psi_{0,w}$	0,6		Kontrola	0,71	<1
				$f_{m,d}$ P	1,39	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'S'		
				$f_{i,0,d}$ P	0,83	kN/cm <sup>2</sup>	Kratkotrajna obtežna situacija ni merodajna		
				$f_{m,d}$ M	1,846	kN/cm <sup>2</sup>			
				$f_{t,0,d}$ M	1,108	kN/cm <sup>2</sup>			
				$f_{m,d}$ S	2,077	kN/cm <sup>2</sup>			
				$f_{i,0,d}$ S	1,246	kN/cm <sup>2</sup>			

Preglednica A1.8: Kontrola strižnih napetosti v grebenu GV2

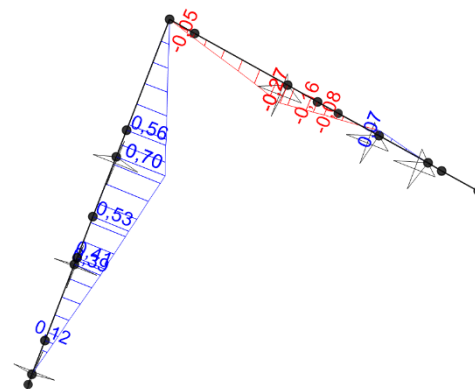
RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (netto prerez)						
NSK		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	Vz [kN]	b	10	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
		$h_{netto}$	11,5	cm	$\tau_d$ P	0,04 kN/cm <sup>2</sup>
g	2,15	$A_{netto}$	115	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,27 <1
$q_{s,j}$	3,4	$A_{netto}^*$	76,67	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
$q_{w,z-v 2}$	0,74	$\gamma_G$	1,35	1	$\tau_d$ M	0,10 kN/cm <sup>2</sup>
		$\gamma_Q$	1,5	0	Kontrola	0,56 <1
		$\psi_{0,s}$	0,5		Trajanje obtežbe 'S'	
		$\psi_{0,w}$	0,6		$\tau_d$ S	0,11 kN/cm <sup>2</sup>
		$f_{v,d}$ P	0,138	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,54 <1
		$f_{v,d}$ M	0,185	kN/cm <sup>2</sup>		
		$f_{v,d}$ S	0,208	kN/cm <sup>2</sup>		



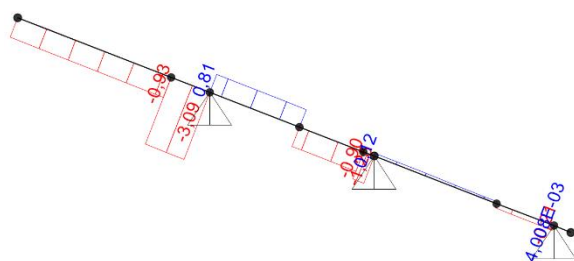
## 7 Žlotnik ZM1



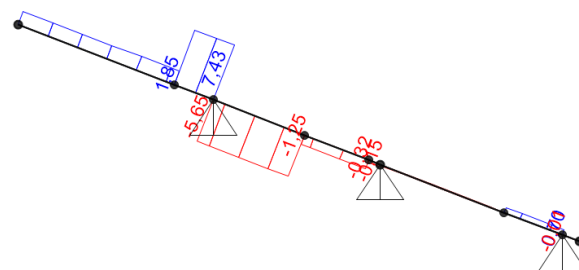
Slika A1.14: Potek projektних upogibnih momentov  $M_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.15: Potek projektnih upogibnih momentov  $M_z$  pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.16: Potek projektnih osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.17: Potek projektnih prečnih sil  $V_z$  pri merodajni obtežni kombinaciji

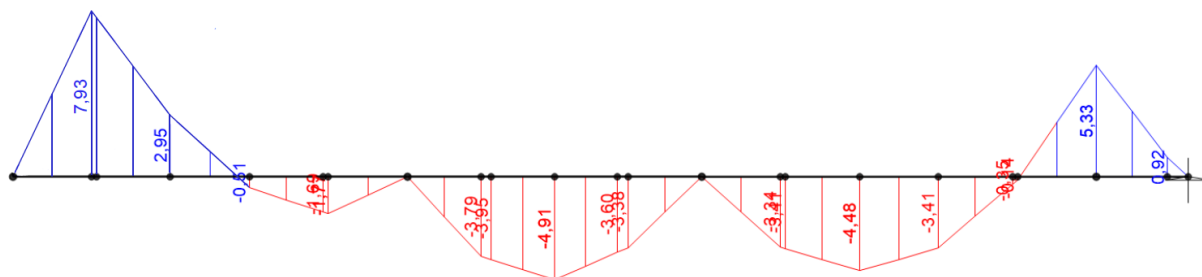
Preglednica A1.9: Kontrola normalnih napetosti v žlotniku ZM1

RAČUN NAPETOSTI Dvoosni upogib s tlačno osno silo (netto prerez)									
NSK				Podatki			Račun		
Vrsta obtežbe	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	$E_{0,05}$	800	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'P'		
				$f_{c,0,k}$	2,30	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ P	-0,01	kN/cm <sup>2</sup>
g	-0,79	-1,01	0,18	$f_{m,d}$ P	1,39	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ P	-0,62	kN/cm <sup>2</sup>
q <sub>s</sub>	-1,34	-1,69	0,30	$f_{c,0,d}$ P	1,06	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,z,d}$ P	0,15	kN/cm <sup>2</sup>
q <sub>w,s-j 2</sub>	-0,26	-0,33	0,07	$f_{m,d}$ M	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,53	<1
<b>Podatki</b>				$f_{c,0,d}$ M	1,415	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,43	<1
b	10		cm	$f_{m,d}$ S	2,077	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'		
h <sub>netto</sub>	11,5		cm	$f_{c,0,d}$ S	1,592	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ M	-0,03	kN/cm <sup>2</sup>
A <sub>netto</sub>	115		cm <sup>2</sup>	<b>Uklon</b>			$\sigma_{m,y,d}$ M	-1,77	kN/cm <sup>2</sup>
I <sub>y,netto</sub>	1267,40		cm <sup>4</sup>	i <sub>z</sub>	2,89	cm	$\sigma_{m,z,d}$ M	0,36	kN/cm <sup>2</sup>
z <sub>t,netto</sub>	5,75		cm	i <sub>y</sub>	3,32	cm	Kontrola	1,12	>1
I <sub>z,netto</sub>	958,33		cm <sup>4</sup>	λ <sub>z</sub>	46,07		Kontrola	0,89	<1
yt	5		cm	λ <sub>y</sub>	40,06		Trajanje obtežbe 'S'		
l <sub>0,y</sub>	133		cm	σ <sub>crit,z</sub>	3,72	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ S	-0,03	kN/cm <sup>2</sup>
l <sub>0,z</sub>	133		cm	σ <sub>crit,y</sub>	4,92	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ S	-1,90	kN/cm <sup>2</sup>
γ <sub>G</sub>	1,35		1	λ <sub>rel,z</sub>	0,79		$\sigma_{m,z,d}$ S	0,39	kN/cm <sup>2</sup>
γ <sub>Q</sub>	1,5		0	λ <sub>rel,y</sub>	0,68		Kontrola	1,07	>1
ψ <sub>0,s</sub>	0,5			k <sub>z</sub>	0,86		Kontrola	0,85	<1
ψ <sub>0,w</sub>	0,6			k <sub>y</sub>	0,77				
				k <sub>c,z</sub>	0,83				
				k <sub>c,y</sub>	0,88				

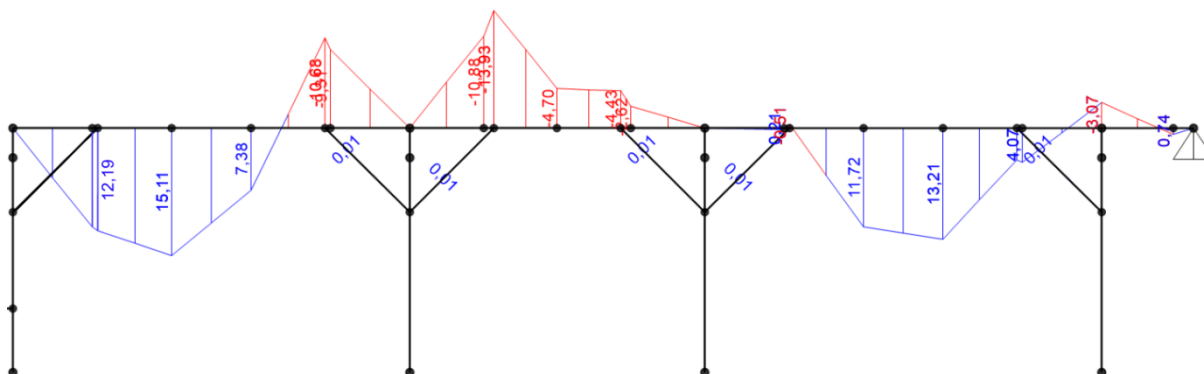
Preglednica A1.10: Kontrola strižnih napetosti v žlotniku ZM1

RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (netto prerez)									
NSK		Podatki			Račun				
Vrsta obtežbe	Vz [kN]	b	10	cm	Trajanje obtežbe 'P'				
		h <sub>netto</sub>	11,5	cm	τ <sub>d</sub> P	0,03	kN/cm <sup>2</sup>		
g	1,9	A <sub>netto</sub>	115	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,24	<1		
q <sub>s</sub>	3,24	A <sub>netto</sub> *	76,67	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'				
q <sub>w,s-j 2</sub>	0,6	γ <sub>G</sub>	1,35	1	τ <sub>d</sub> M	0,10	kN/cm <sup>2</sup>		
		γ <sub>Q</sub>	1,5	0	Kontrola	0,52	<1		
		ψ <sub>0,s</sub>	0,5		Trajanje obtežbe 'S'				
		ψ <sub>0,w</sub>	0,6		τ <sub>d</sub> S	0,10	kN/cm <sup>2</sup>		
		f <sub>v,d</sub> P	0,138	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,50	<1		
		f <sub>v,d</sub> M	0,185	kN/cm <sup>2</sup>					
		f <sub>v,d</sub> S	0,208	kN/cm <sup>2</sup>					

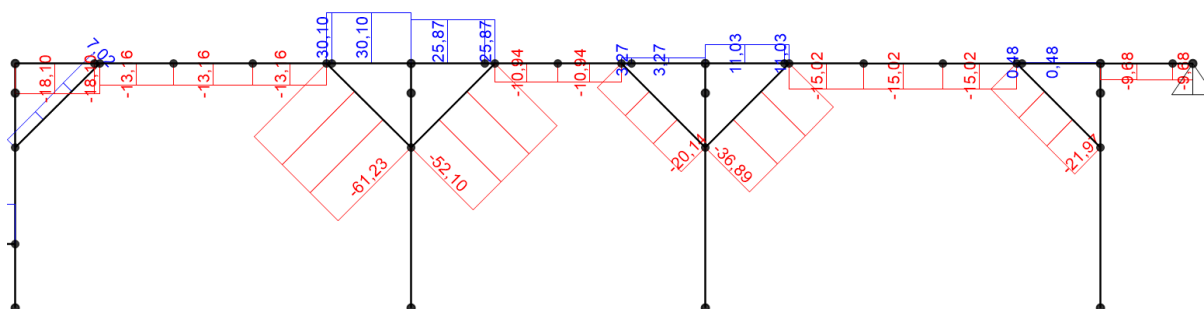
## 8 Vmesna lega LVL1



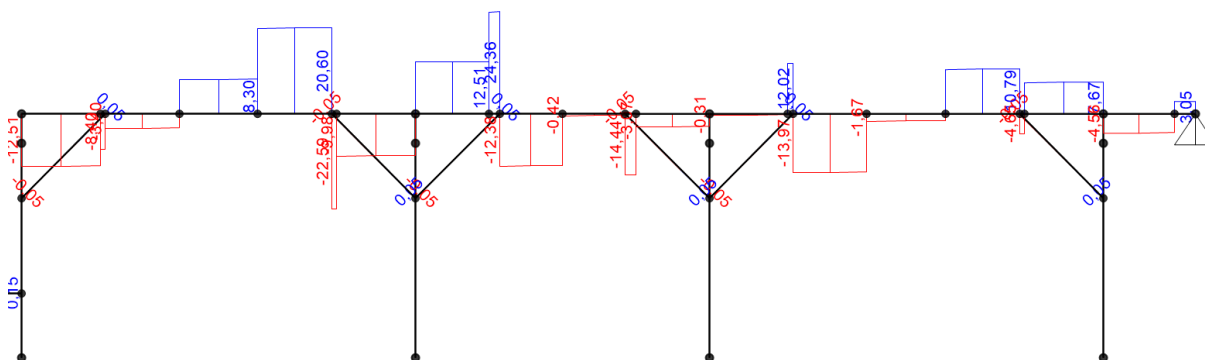
Slika A1.18: Potek projektних upogibnih momentov  $M_z$  pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.19: Potek projektnih upogibnih momentov  $M_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.20: Potek projektnih osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.21: Potek projektnih prečnih sil  $V_z$  pri merodajni obtežni kombinaciji

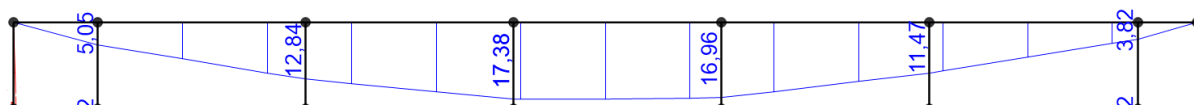
Preglednica A1.11: Kontrola normalnih napetosti v vmesni legi LVL1

RAČUN NAPETOSTI Dvoosni upogib s tlačno osno silo (polni prerez)									
NSK			Podatki			Račun			
Vrsta obtežbe	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	$E_{0,05}$	940	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'P'		
g	-4,92	3,04	1,89	$f_{c,0,k}$	2,600	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ P	-0,02	kN/cm <sup>2</sup>
$q_{s,j}$	-7,64	4,94	3,58	$f_{m,d}$ P	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ P	0,51	kN/cm <sup>2</sup>
$q_w$	Ugodno			$f_{c,0,d}$ P	1,200	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,z,d}$ P	0,45	kN/cm <sup>2</sup>
				$f_{m,d}$ M	2,462	kN/cm <sup>2</sup>	kontrola	0,47	<1
				$f_{c,0,d}$ M	1,600	kN/cm <sup>2</sup>	kontrola	0,47	<1
b	15	cm		$f_{m,d}$ S	2,769	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'		
h	18	cm		$f_{c,0,d}$ S	1,800	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ M	-0,07	kN/cm <sup>2</sup>
A	270	cm <sup>2</sup>		Uklon			$\sigma_{m,y,d}$ M	1,42	kN/cm <sup>2</sup>
Iy	7290,00	cm <sup>4</sup>		$i_z$	4,33	cm	$\sigma_{m,z,d}$ M	1,17	kN/cm <sup>2</sup>
zt	9	cm		$i_y$	5,20	cm	kontrola	0,96	<1
Iz	5062,50	cm <sup>4</sup>		$\lambda_z$	62,35		kontrola	0,94	<1
yt	7,5	cm		$\lambda_y$	51,96		Trajanje obtežbe 'S'		
$l_{0,y}$	270	cm		$\sigma_{crit,z}$	2,39	kN/cm <sup>2</sup>	Kratkotrajna obtežna situacija ni merodajna		
$l_{0,z}$	270	cm		$\sigma_{crit,y}$	3,44	kN/cm <sup>2</sup>			
$\gamma_G$	1,35	1		$\lambda_{rel,z}$	1,04				
$\gamma_Q$	1,5	0		$\lambda_{rel,y}$	0,87				
$\psi_{0,s}$	0,5			$k_z$	1,12				
$\psi_{0,w}$	0,6			$k_y$	0,94				
				$k_{c,z}$	0,66				
				$k_{c,y}$	0,78				

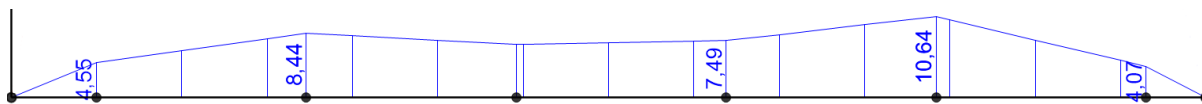
Preglednica A1.12: Kontrola strižnih napetosti v vmesni legi LVL1

RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (polni prerez)									
NSK		Podatki			Račun				
Vrsta obtežbe	Vz [kN]	b	15	cm	Trajanje obtežbe 'P'				
g	6,54	h	18	cm	$\tau_d$ P	0,05	kN/cm <sup>2</sup>		
$q_{s,j}$	10,35	A	270	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,28	<1		
$q_{w,j-s.2}$	3,02	A*	180,00	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'				
		$\gamma_G$	1,35	1	$\tau_d$ M	0,14	kN/cm <sup>2</sup>		
		$\gamma_Q$	1,5	0	Kontrola	0,58	<1		
		$\psi_{0,s}$	0,5		Trajanje obtežbe 'S'				
		$\psi_{0,w}$	0,6		$\tau_d$ S	0,15	kN/cm <sup>2</sup>		
		$f_{v,d}$ P	0,175	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,57	<1		
		$f_{v,d}$ M	0,234	kN/cm <sup>2</sup>					
		$f_{v,d}$ S	0,263	kN/cm <sup>2</sup>					

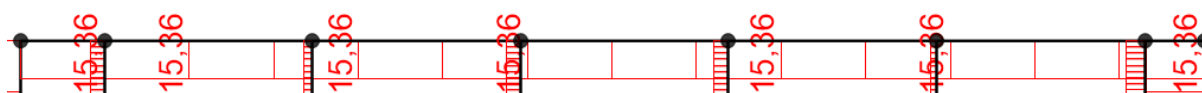
## 9 Vmesna lega LVC1



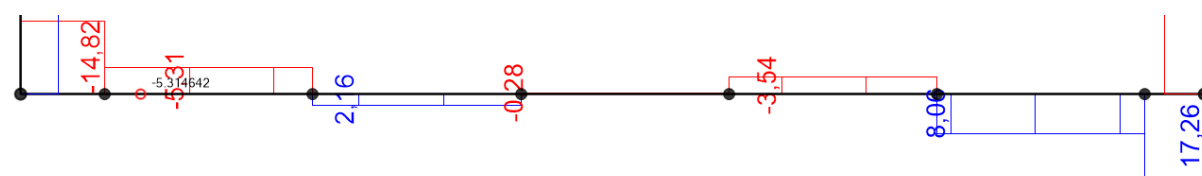
Slika A1.22: Potek projektних upogibnih momentov  $M_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.23: Potek projektnih upogibnih momentov  $M_z$  pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.24: Potek projektnih osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.25: Potek projektnih prečnih sil  $V_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji

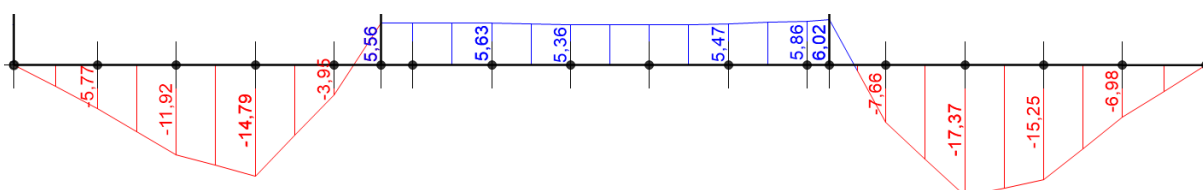
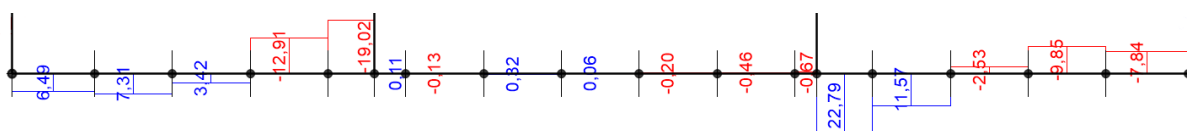
Preglednica A1.13: Kontrola normalnih napetosti v vmesni legi LVC1

RAČUN NAPETOSTI Dvoosni upogib s tlačno osno silo (polni prerez)						
NSK			Podatki		Račun	
Vrsta obtežbe	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$E_{0,05}$	940 kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'P'
g	-4,72	5,00	1,69	$f_{c,0,k}$	2,600 kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ P -0,02 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{s,j}$	-5,99	7,09	3,12	$f_{m,d}$ P	1,846 kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ P 0,83 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{w,z-v,2}$	3,78	1,28	2,11	$f_{c,0,d}$ P	1,200 kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,z,d}$ P 0,41 kN/cm <sup>2</sup>
				$f_{m,d}$ M	2,462 kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola 0,66 <1
				$f_{c,0,d}$ M	1,600 kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola 0,61 <1
				$f_{m,d}$ S	2,769 kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'
b	15	cm		$f_{c,0,d}$ S	1,800 kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ M -0,06 kN/cm <sup>2</sup>
h	18	cm				$\sigma_{m,y,d}$ M 2,15 kN/cm <sup>2</sup>
A	270	cm <sup>2</sup>		Uklon		
$I_y$	7290,00	cm <sup>4</sup>	$i_z$	4,33	cm	$\sigma_{m,z,d}$ M 1,03 kN/cm <sup>2</sup>
zt	9	cm	$i_y$	5,20	cm	Kontrola 1,26 >1
$I_z$	5062,50	cm <sup>4</sup>	$\lambda_z$	110,39		Kontrola 1,17 >1
yt	7,5	cm	$\lambda_y$	91,99		Trajanje obtežbe 'S'
$l_{0,y}$	478	cm	$\sigma_{crit,z}$	0,76	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ S -0,04 kN/cm <sup>2</sup>
$l_{0,z}$	478	cm	$\sigma_{crit,y}$	1,10	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ S 2,29 kN/cm <sup>2</sup>
$\gamma_G$	1,35	1	$\lambda_{rel,z}$	1,85		$\sigma_{m,z,d}$ S 1,31 kN/cm <sup>2</sup>
$\gamma_Q$	1,5	0	$\lambda_{rel,y}$	1,54		Kontrola 1,23 >1
$\psi_{0,s}$	0,5		$k_z$	2,36		Kontrola 1,15 >1
$\psi_{0,w}$	0,6		$k_y$	1,81		
			$k_{c,z}$	0,26		
			$k_{c,y}$	0,36		

Preglednica A1.14: Kontrola strižnih napetosti v vmesni legi LVC1

RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (polni prerez)						
NSK		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	$V_y$	$b$	15	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
	[kN]	$h$	18	cm	$\tau_{d P}$	0,03 kN/cm <sup>2</sup>
$g$	4,44	$A$	270	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,19 <1
$q_s$	7,55	$A^*$	180,00	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
$q_{w,z-v 2}$	1,44	$\gamma_G$	1,35	1	$\tau_{d M}$	0,10 kN/cm <sup>2</sup>
		$\gamma_Q$	1,5	0	Kontrola	0,41 <1
		$\psi_{0,s}$	0,5		Trajanje obtežbe 'S'	
		$\psi_{0,w}$	0,6		$\tau_{d S}$	0,10 kN/cm <sup>2</sup>
		$f_{v,d P}$	0,175	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,39 <1
		$f_{v,d M}$	0,234	kN/cm <sup>2</sup>		
		$f_{v,d S}$	0,263	kN/cm <sup>2</sup>		

## 10 Kapna lega LKC1

Slika A1.26: Potek projektnih upogibnih momentov  $M_z$  pri merodajni obtežni kombinacijiSlika A1.27: Potek projektnih prečnih sil  $V_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji.

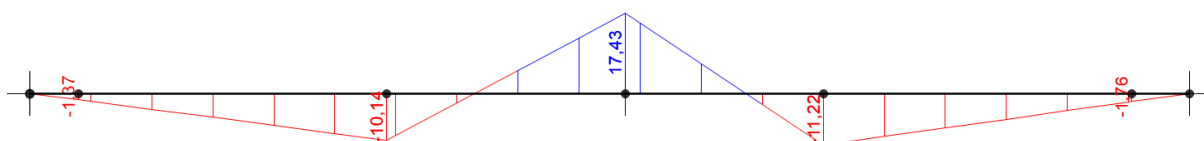
Preglednica A1.15: Kontrola normalnih napetosti v kapni legi LKC1

RAČUN NAPETOSTI Čisti enoosni upogib (polni prerez)							
NSK		Podatki			Račun		
Vrsta obtežbe	$N$	$M_z$	$b$	16	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
	[kN]		[kNm]	$h$	16	cm	$\sigma_{t,0,d P}$
$g$	0,00	-4,88	$A$	256	cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d P}$	-0,97 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{s,j}$	0,00	-7,19	$I_y$	5461,33	cm <sup>4</sup>	Kontrola	0,52 <1
$q_w$	Ugodno		$z_t$	8	cm	Trajanje obtežbe 'M'	
		$\gamma_G$	1,35	1	$\sigma_{t,0,d M}$	0,00 kN/cm <sup>2</sup>	
		$\gamma_Q$	1,5	0	$\sigma_{m,y,d M}$	-2,54 kN/cm <sup>2</sup>	
		$\psi_{0,s}$	0,5		Kontrola	1,03 >1	
		$\psi_{0,w}$	0,6		Trajanje obtežbe 'S'		
		$f_{m,d P}$	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	Kratkotrajna obtežna situacija ni merodajna		
		$f_{t,0,d P}$	1,108	kN/cm <sup>2</sup>			
		$f_{m,d M}$	2,462	kN/cm <sup>2</sup>			
		$f_{t,0,d M}$	1,477	kN/cm <sup>2</sup>			
		$f_{m,d S}$	2,769	kN/cm <sup>2</sup>			
		$f_{t,0,d S}$	1,662	kN/cm <sup>2</sup>			

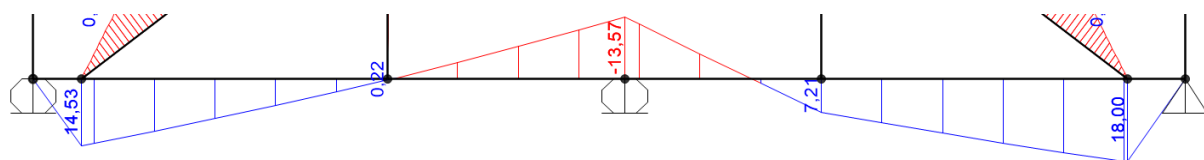
Preglednica A1.16: Kontrola strižnih napetosti v kapni legi LKC1

RACUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (polni prerez)						
NSK		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	Vy [kN]	b	16	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
		h	16	cm	$\tau_d P$	0,05 kN/cm <sup>2</sup>
g	6,38	A	256	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,29 <1
q <sub>s,j</sub>	9,45	A*	170,67	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
q <sub>w,j-s 2</sub>	0,23	$\gamma_G$	1,35	1	$\tau_d M$	0,13 kN/cm <sup>2</sup>
		$\gamma_Q$	1,5	0	Kontrola	0,57 <1
		$\Psi_{0,s}$	0,5		Trajanje obtežbe 'S'	
		$\Psi_{0,w}$	0,6		$\tau_d S$	0,13 kN/cm <sup>2</sup>
		f <sub>v,d P</sub>	0,175	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,51 <1
		f <sub>v,d M</sub>	0,234	kN/cm <sup>2</sup>		
		f <sub>v,d S</sub>	0,263	kN/cm <sup>2</sup>		

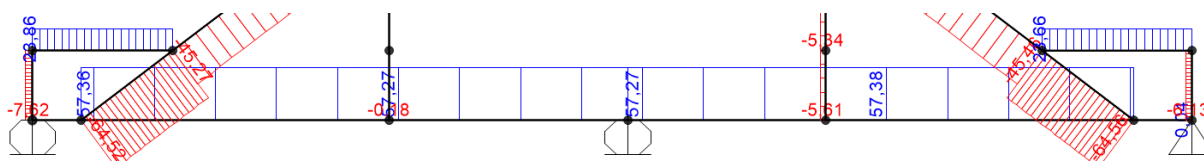
## 11 Poveznika P4 in P2



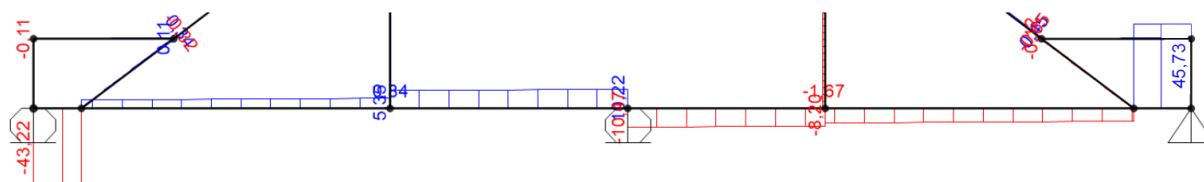
Slika A1.28: Potek projektnih upogibnih momentov  $M_z$  vzdolž elementa P4 pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.29: Potek projektnih upogibnih momentov  $M_y$  vzdolž elementa P4 pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.30: Potek projektnih osnih sil vzdolž elementa P4 pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.31: Potek projektnih prečnih sil  $V_z$  vzdolž elementa P2 pri merodajni obtežni kombinaciji

Preglednica A1.17: Kontrola normalnih napetosti v povezniku P4

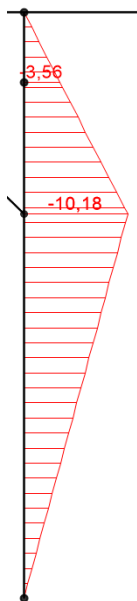
RAČUN NAPETOSTI Dvoosni upogib z natezno osno silo (polni prerez)									
NSK				Podatki			Račun		
Vrsta obtežbe	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	b	18	cm	Trajanje obtežbe 'P'		
				h	24	cm	$\sigma_{t,0,d}$ P	0,05	kN/cm <sup>2</sup>
g	17,54	-4,41	4,87	A	432	cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ P	-0,34	kN/cm <sup>2</sup>
q <sub>s</sub>	22,40	-5,04	7,24	Iy	20736,00	cm <sup>4</sup>	$\sigma_{m,z,d}$ P	0,51	kN/cm <sup>2</sup>
q <sub>w,j-s 2</sub>	-7,67	1,70	1,27	zt,	12	cm	Kontrola	0,43	<1
				Iz	11664	cm <sup>4</sup>	Kontrola	0,45	<1
				yt	9	cm	Trajanje obtežbe 'M'		
				$\gamma_G$	1,35	1	$\sigma_{t,0,d}$ M	0,13	kN/cm <sup>2</sup>
				$\gamma_Q$	1,5	0	$\sigma_{m,y,d}$ M	-0,78	kN/cm <sup>2</sup>
				$\psi_{0,s}$	0,5		$\sigma_{m,z,d}$ M	1,35	kN/cm <sup>2</sup>
				$\psi_{0,w}$	0,6		Kontrola	0,79	<1
				f <sub>m,d</sub> P	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,86	<1
				f <sub>t,0,d</sub> P	1,108	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'S'		
				f <sub>m,d</sub> M	2,462	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{t,0,d}$ S	0,12	kN/cm <sup>2</sup>
				f <sub>t,0,d</sub> M	1,477	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ S	-0,69	kN/cm <sup>2</sup>
				f <sub>m,d</sub> S	2,769	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,z,d}$ S	1,43	kN/cm <sup>2</sup>
				f <sub>t,0,d</sub> S	1,662	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,68	<1
							Kontrola	0,76	<1

Preglednica A1.18: Kontrola strižnih napetosti v povezniku P2

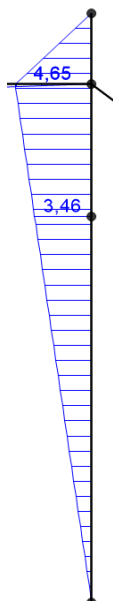
RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (polni prerez)							
NSK		Podatki			Račun		
Vrsta obtežbe	Vz [kN]	b	18	cm	Trajanje obtežbe 'P'		
		h	24	cm	$\tau_d$ P	0,06	kN/cm <sup>2</sup>
g	13,81	A	432	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,37	<1
q <sub>s</sub>	18,05	A*	288,00	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'		
q <sub>w,s-j 2</sub>	0,35	$\gamma_G$	1,35	1	$\tau_d$ M	0,16	kN/cm <sup>2</sup>
		$\gamma_Q$	1,5	0	Kontrola	0,68	<1
		$\psi_{0,s}$	0,5		Trajanje obtežbe 'S'		
		$\psi_{0,w}$	0,6		$\tau_d$ S	0,16	kN/cm <sup>2</sup>
		f <sub>v,d</sub> P	0,175	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,61	<1
		f <sub>v,d</sub> M	0,234	kN/cm <sup>2</sup>			
		f <sub>v,d</sub> S	0,263	kN/cm <sup>2</sup>			



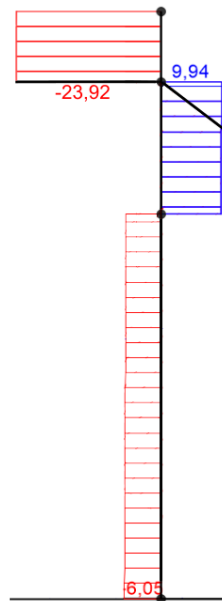
## 12 Sohi SSL1 in SSL4



Slika A1.32: Potek projektних upogibnih momentov  $M_z$  pri merodajni obtežni kombinaciji vzdolž SSL1



Slika A1.33: Potek projektnih upogibnih momentov  $M_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji vzdolž SSL1



Slika A1.34: Potek projektnih osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji vzdolž SSL1



Slika A1.35: Potek projektnih prečnih sil  $V_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji vzdolž SSL4

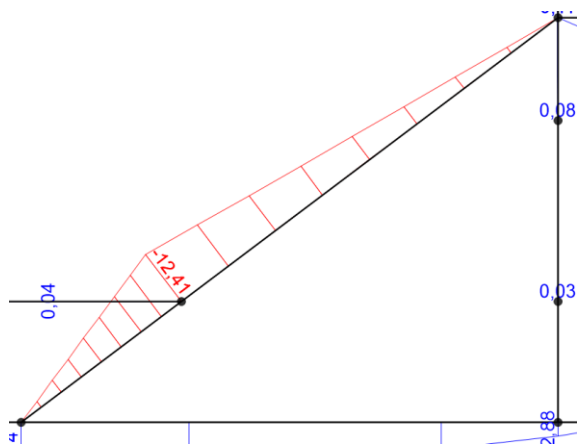
Preglednica A1.19: Kontrola normalnih napetosti v sohi SSL1

RAČUN NAPETOSTI Dvoosni upogib s tlačno osno silo (polni prerez)									
NSK				Podatki			Račun		
Vrsta obtežbe	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$E_{0,05}$	940	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'P'		
				$f_{c,0,k}$	2,600	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ P	0,00	kN/cm <sup>2</sup>
g	-0,03	1,04	-2,68	$f_{m,d}$ P	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ P	0,25	kN/cm <sup>2</sup>
$q_s$	-3,82	1,37	-4,38	$f_{c,0,d}$ P	1,200	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,z,d}$ P	-0,64	kN/cm <sup>2</sup>
$q_{w,j-s 2}$	-4,29	-0,67	-1,52	$f_{m,d}$ M	2,462	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,38	<1
<b>Podatki</b>				$f_{c,0,d}$ M	1,600	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,44	<1
b	15	cm		$f_{m,d}$ S	2,769	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'		
h	15	cm		$f_{c,0,d}$ S	1,800	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ M	-0,03	kN/cm <sup>2</sup>
A	225	cm <sup>2</sup>		<b>Uklon</b>			$\sigma_{m,y,d}$ M	0,61	kN/cm <sup>2</sup>
$I_y$	4218,75	cm <sup>4</sup>		$i_z$	4,33	cm	$\sigma_{m,z,d}$ M	-1,81	kN/cm <sup>2</sup>
z <sub>t</sub>	7,5	cm		$i_y$	4,33	cm	Kontrola	0,79	<1
$I_z$	4218,75	cm <sup>4</sup>		$\lambda_z$	43,88		Kontrola	0,93	<1
y <sub>t</sub>	7,5	cm		$\lambda_y$	58,89		Trajanje obtežbe 'S'		
$l_{0,y}$	255	cm		$\sigma_{crit,z}$	4,82	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ S	-0,04	kN/cm <sup>2</sup>
$l_{0,z}$	190	cm		$\sigma_{crit,y}$	2,68	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ S	0,51	kN/cm <sup>2</sup>
$\gamma_G$	1,35	1		$\lambda_{rel,z}$	0,73		$\sigma_{m,z,d}$ S	-2,05	kN/cm <sup>2</sup>
$\gamma_Q$	1,5	0		$\lambda_{rel,y}$	0,99		Kontrola	0,74	<1
$\psi_{0,s}$	0,5			$k_z$	0,81		Kontrola	0,90	<1
$\psi_{0,w}$	0,6			$k_y$	1,05				
				$k_{c,z}$	0,86				
				$k_{c,y}$	0,70				

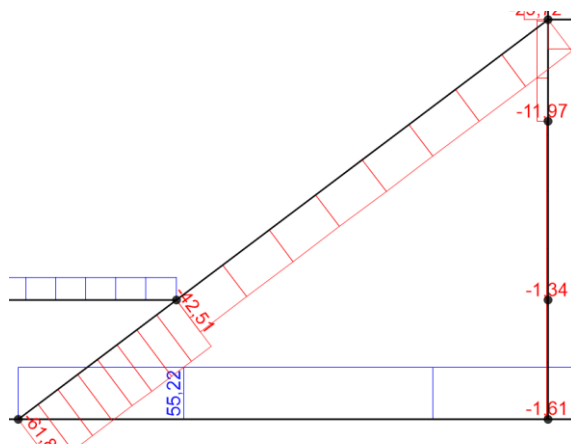
Preglednica A1.20: Kontrola strižnih napetosti v sohi SSL4

RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (polni prerez)						
NSK		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	Vy [kN]	b	15	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
		h	15	cm	$\tau_d P$	-0,04 kN/cm <sup>2</sup>
g	-4,48	A	225	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,23 <1
q <sub>s</sub>	-6,66	A*	150,00	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
q <sub>w,j-s 2</sub>	-1,96	$\gamma_G$	1,35	1	$\tau_d M$	-0,11 kN/cm <sup>2</sup>
		$\gamma_Q$	1,5	0	Kontrola	0,46 <1
		$\Psi_{0,s}$	0,5		Trajanje obtežbe 'S'	
		$\Psi_{0,w}$	0,6		$\tau_d S$	-0,12 kN/cm <sup>2</sup>
		f <sub>v,d P</sub>	0,175	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,45 <1
		f <sub>v,d M</sub>	0,234	kN/cm <sup>2</sup>		
		f <sub>v,d S</sub>	0,263	kN/cm <sup>2</sup>		

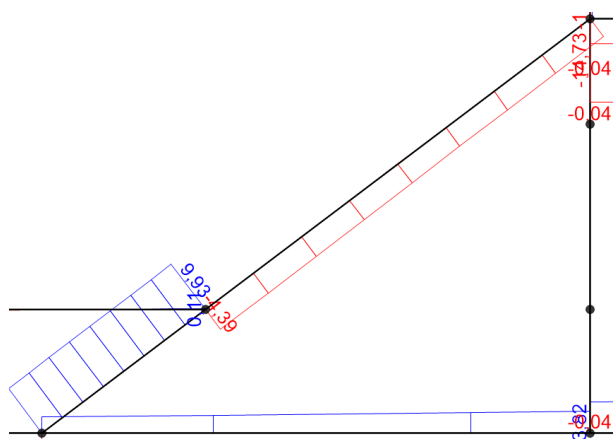
13 Opirač OD3



Slika A1.36: Potek projektних upogibnih momentov My pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.37: Potek projektnih osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.38: Potek projektnih prečnih sil Vz pri merodajni obtežni kombinaciji

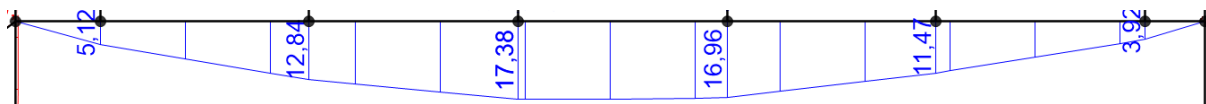
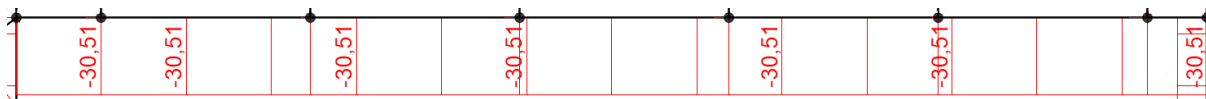
Preglednica A1.21: Kontrola normalnih napetosti v opiraču OD3

RAČUN NAPETOSTI Enoosni upogib s tlačno osno silo (polni prerez)							
NSK			Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	N [kN]	My [kNm]	$E_{0,05}$	940	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'P'	
g	-20,07	-3,23	$f_{c,0,k}$	2,600	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ P	-0,10 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{s,s}$	-23,14	-5,29	$f_{m,k}$	4,00	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ P	-0,54 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{w,z-v 2}$	0,21	-0,98	$f_{m,d}$ P	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,34 <1
<b>Podatki</b>			$f_{c,0,d}$ P	1,200	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
b	15	cm	$f_{m,d}$ M	2,462	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d}$ M	-0,23 kN/cm <sup>2</sup>
h	18	cm	$f_{c,0,d}$ M	1,600	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d}$ M	-1,52 kN/cm <sup>2</sup>
A	270	cm <sup>2</sup>	$f_{m,d}$ S	2,769	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,82 <1
Iy	7290,00	cm <sup>4</sup>	$f_{c,0,d}$ S	1,800	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'S'	
Iz	5062,50	cm <sup>4</sup>	<b>Uklon, Bočna zvrnitev</b>			$\sigma_{c,0,d}$ S	-0,23 kN/cm <sup>2</sup>
zt	9	cm	$i_z$	4,33	cm	$\sigma_{m,y,d}$ S	-1,63 kN/cm <sup>2</sup>
$l_{0,z}$	423	cm	$\lambda_z$	97,69		Kontrola	0,73 <1
$l_{ef}$	423	cm	$\sigma_{c,crit,z}$	0,97	kN/cm <sup>2</sup>		
$\gamma_G$	1,35	1	$\lambda_{rel,z}$	1,64			
$\gamma_Q$	1,5	0	$k_z$	1,97			
$\psi_{0,s}$	0,5		$k_{c,z}$	0,33			
$\psi_{0,w}$	0,6		$\sigma_{m,crit}$	6788,89			
			$\lambda_{rel,m}$	0,02			
			$k_{crit}$	1,00			

Preglednica A1.22: Kontrola strižnih napetosti v opiraču OD3

RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (polni prerez)						
NSK		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	Vz [kN]	b	15	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
g	2,7	h	18	cm	$\tau_d$ P	0,02 kN/cm <sup>2</sup>
$q_{s,s}$	4,19	A	270	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,12 <1
$q_{w,z-v 2}$	0,78	A*	180,00	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
		$\gamma_G$	1,35	1	$\tau_d$ M	0,06 kN/cm <sup>2</sup>
		$\gamma_Q$	1,5	0	Kontrola	0,24 <1
		$\psi_{0,s}$	0,5		Trajanje obtežbe 'S'	
		$\psi_{0,w}$	0,6		$\tau_d$ S	0,06 kN/cm <sup>2</sup>
		$f_{v,d}$ P	0,175	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,22 <1
		$f_{v,d}$ M	0,234	kN/cm <sup>2</sup>		
		$f_{v,d}$ S	0,263	kN/cm <sup>2</sup>		

## 14 Razpirač R3

Slika A1.39: Potek projektnih upogibnih momentov  $M_y$  pri merodajni obtežni kombinaciji

Slika A1.40: Potek projektnih osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji

Slika A1.41: Potek projektnih prečnih sil  $V_z$  pri merodajni obtežni kombinaciji

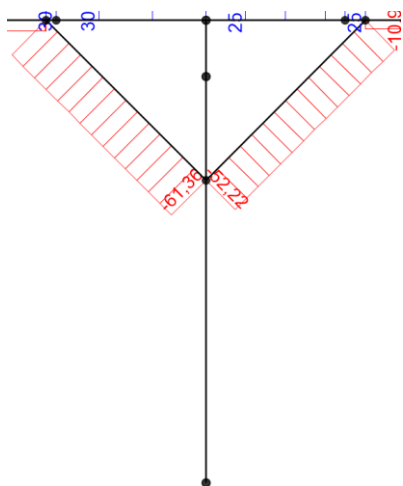
Preglednica A1.23: Kontrola normalnih napetosti v razpiraču R3

RAČUN NAPETOSTI Enoosni upogib s tlačno osno silo (polni prerez)								
NSK			Podatki			Račun		
Vrsta obtežbe	N	$M_y$	$E_{0,05}$	940	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'P'		
	[kN]	[kNm]	$f_{c,0,k}$	2,600	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d} P$	-0,05	kN/cm <sup>2</sup>
g	-10,62	5	$f_{m,k}$	4,00	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d} P$	0,83	kN/cm <sup>2</sup>
$q_{s,i}$	-10,78	7,08	$f_{m,d} P$	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,37	<1
$q_{w,z-v 2}$	1,17	1,28	$f_{c,0,d} P$	1,200	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'		
Podatki			$f_{m,d} M$	2,462	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{c,0,d} M$	-0,11	kN/cm <sup>2</sup>
b	15	cm	$f_{c,0,d} M$	1,600	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d} M$	2,14	kN/cm <sup>2</sup>
h	18	cm	$f_{m,d} S$	2,769	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	1,03	>1
A	270	cm <sup>2</sup>	$f_{c,0,d} S$	1,800	kN/cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'S'		
$I_y$	7290,00	cm <sup>4</sup>	Uklon, Bočna zvrnitev			$\sigma_{c,0,d} S$	-0,11	kN/cm <sup>2</sup>
$I_z$	5062,50	cm <sup>4</sup>	$i_z$	4,33	cm	$\sigma_{m,y,d} S$	2,29	kN/cm <sup>2</sup>
zt	9	cm	$\lambda_z$	110,39		Kontrola	0,91	<1
$l_{0,z}$	478	cm	$\sigma_{c,crit,z}$	0,76	kN/cm <sup>2</sup>			
$l_{ef}$	478	cm	$\lambda_{rel,z}$	1,85				
$\gamma_G$	1,35	1	$k_z$	2,36				
$\gamma_Q$	1,5	0	$k_{c,z}$	0,26				
$\psi_{0,s}$	0,5		$\sigma_{m,crit}$	6788,89				
$\psi_{0,w}$	0,6		$\lambda_{rel,m}$	0,02				
			$k_{crit}$	1,00				

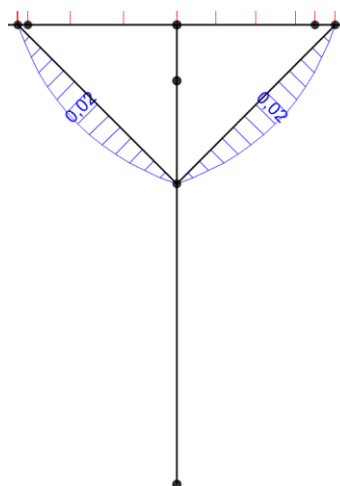
Preglednica A1.24: Kontrola strižnih napetosti v razpiraču R3

RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (polni prerez)								
NSK		Podatki			Račun			
Vrsta obtežbe	$V_z$	b	15	cm	Trajanje obtežbe 'P'			
	[kN]	h	18	cm	$\tau_d P$	0,04	kN/cm <sup>2</sup>	
g	4,7	A	270	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,20	<1	
$q_{s,s}$	6,93	A*	180,00	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'			
$q_{w,z-v 2}$	1,63	$\gamma_G$	1,35	1	$\tau_d M$	0,09	kN/cm <sup>2</sup>	
		$\gamma_Q$	1,5	0	Kontrola	0,40	<1	
		$\psi_{0,s}$	0,5		Trajanje obtežbe 'S'			
		$\psi_{0,w}$	0,6		$\tau_d S$	0,10	kN/cm <sup>2</sup>	
		$f_{v,d} P$	0,175	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,38	<1	
		$f_{v,d} M$	0,234	kN/cm <sup>2</sup>				
		$f_{v,d} S$	0,263	kN/cm <sup>2</sup>				

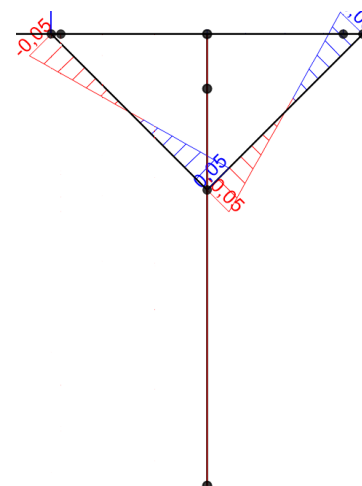
### 15 Ročica RL5



Slika A1.42: Potek projektних osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.43: Potek projektnih upogibnih momentov My pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.44: Potek projektnih prečnih sil Vz pri merodajni obtežni kombinaciji

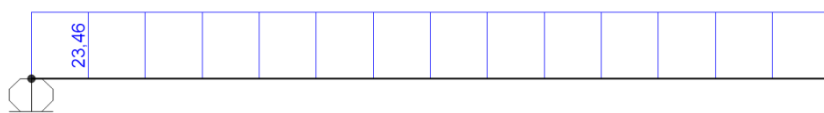
Preglednica A1.25: Kontrola normalnih napetosti v ročici RL5

RAČUN NAPETOSTI Enoosni upogib s tlačno osno silo (polni prerez)							
NSK		Podatki			Račun		
Vrsta obtežbe	N [kN]	My [kNm]	$E_{0,05}$	800	Trajanje obtežbe 'P'		
g	-16,80	0,01	$f_{c,0,k}$	2,300	$\sigma_{c,0,d}$ P	-0,15 kN/ m <sup>2</sup>	
$q_{s,i}$	-25,79	0,00	$f_{m,k}$	3,000	$\sigma_{m,y,d}$ P	0,00 kN/ cm <sup>2</sup>	
$q_{w,i-s,2}$	-7,44	0,00	$f_{m,d}$ P	1,385	Kontrola	0,16 <1	
<b>Podatki</b>			$f_{c,0,d}$ P	1,062	Trajanje obtežbe 'M'		
b	10	cm	$f_{m,d}$ M	1,846	$\sigma_{c,0,d}$ M	-0,41 kN/cm <sup>2</sup>	
h	15	cm	$f_{c,0,d}$ M	1,415	$\sigma_{m,y,d}$ M	0,00 kN/cm <sup>2</sup>	
A	150	cm <sup>2</sup>	$f_{m,d}$ S	2,077	Kontrola	0,31 <1	
$I_y$	2812,50	cm <sup>4</sup>	$f_{c,0,d}$ S	1,592	Trajanje obtežbe 'S'		
zt	7,5	cm <sup>4</sup>	<b>Uklon</b>			$\sigma_{c,0,d}$ S	-0,45 kN/cm <sup>2</sup>
$l_{0,y}$	141	cm	$i_y$	4,33	$\sigma_{m,y,d}$ S	0,00 kN/cm <sup>2</sup>	
$\gamma_G$	1,35	1	$\lambda_y$	32,56	Kontrola	0,31 <1	
$\gamma_Q$	1,5	0	$\sigma_{c,crit,y}$	7,45	kN/cm <sup>2</sup>		
$\psi_{0,s}$	0,5		$\lambda_{rel,y}$	0,56			
$\psi_{0,w}$	0,6		$k_y$	0,68			
			$k_{c,y}$	0,93			

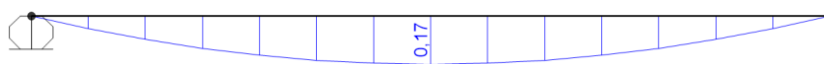
Preglednica A1.26: Kontrola strižnih napetosti v ročici RL5

RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (polni prerez)						
NSK		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	Vz [kN]	b	10	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
g	0,04	h	15	cm	$\tau_d$ P	0,00 kN/cm <sup>2</sup>
$q_s$	0	A	150	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,00 <1
$q_w$	0	A*	100,00	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
		$\gamma_G$	1,35	1	Srednjetrajna obtežna situacija ni merodajna	
		$\gamma_Q$	1,5	0	Trajanje obtežbe 'S'	
		$\psi_{0,s}$	0,5		Kratkotrajna obtežna situacija ni merodajna	
		$\psi_{0,w}$	0,6			
		$f_{v,d}$ P	0,138	kN/cm <sup>2</sup>		
		$f_{v,d}$ M	0,185	kN/cm <sup>2</sup>		
		$f_{v,d}$ S	0,208	kN/cm <sup>2</sup>		

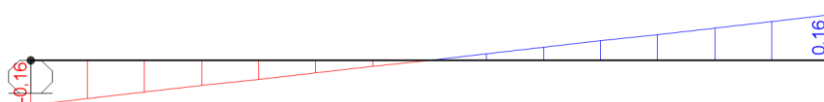
## 16 Pol-škarje EL5



Slika A1.45: Potek projektne osnih sil pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.46: Potek projektne upogibnih momentov My pri merodajni obtežni kombinaciji



Slika A1.47: Potek projektne prečnih sil Vz pri merodajni obtežni kombinaciji

Preglednica A1.27: Kontrola normalnih napetosti v pol-škarjah EL5

RAČUN NAPETOSTI Enoosni upogib z natezno osno silo (polni prerez)						
NSK		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	N [kN]	My [kNm]	b	8	cm	Trajanje obtežbe 'P'
g	6,53	0,13	h	14	cm	$\sigma_{t,0,d} P$ 0,08 kN/cm <sup>2</sup>
q <sub>s,j</sub>	9,77	0,00	A	112	cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d} P$ 0,07 kN/cm <sup>2</sup>
q <sub>w,j-s,2</sub>	3,15	0,00	I <sub>y</sub>	1829,33	cm <sup>4</sup>	Kontrola 0,14 <1
			zt	7	cm	Trajanje obtežbe 'M'
			$\gamma_G$	1,35	1	$\sigma_{t,0,d} M$ 0,21 kN/cm <sup>2</sup>
			$\gamma_Q$	1,5	0	$\sigma_{m,y,d} M$ 0,07 kN/cm <sup>2</sup>
			$\psi_{0,s}$	0,5		Kontrola 0,23 <1
			$\psi_{0,w}$	0,6		Trajanje obtežbe 'S'
			f <sub>m,d</sub> P	1,385	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{t,0,d} S$ 0,23 kN/cm <sup>2</sup>
			f <sub>t,0,d</sub> P	0,831	kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{m,y,d} S$ 0,07 kN/cm <sup>2</sup>
			f <sub>m,d</sub> M	1,846	kN/cm <sup>2</sup>	Kontrola 0,22 <1
			f <sub>t,0,d</sub> M	1,108	kN/cm <sup>2</sup>	
			f <sub>m,d</sub> S	2,077	kN/cm <sup>2</sup>	
			f <sub>t,0,d</sub> S	1,246	kN/cm <sup>2</sup>	

Preglednica A1.28: Kontrola strižnih napetosti v pol-škarjah EL5

RAČUN NAPETOSTI Strig zaradi prečne sile (polni prerez)						
NSK		Podatki			Račun	
Vrsta obtežbe	Vz [kN]	b	8	cm	Trajanje obtežbe 'P'	
g	0,12	h	14	cm	$\tau_d P$	0,00 kN/cm <sup>2</sup>
q <sub>s</sub>	0	A	112	cm <sup>2</sup>	Kontrola	0,02 <1
q <sub>w</sub>	0	A*	74,67	cm <sup>2</sup>	Trajanje obtežbe 'M'	
		$\gamma_G$	1,35	1	Srednjetrjna obtežna situacija ni merodajna	
		$\gamma_Q$	1,5	0	Trajanje obtežbe 'S'	
		$\psi_{0,s}$	0,5		Kratkotrajna obtežna situacija ni merodajna	
		$\psi_{0,w}$	0,6			
		f <sub>v,d</sub> P	0,138	kN/cm <sup>2</sup>		
		f <sub>v,d</sub> M	0,185	kN/cm <sup>2</sup>		
		f <sub>v,d</sub> S	0,208	kN/cm <sup>2</sup>		

**PRILOGA A2: KONTROLA MEJNEGA STANJA POMIKOV**

Preglednica A2.1: Podatki za kontrolo pomikov v MSU

<b>MSU-kontrola pomikov</b>											
<b>Podatki</b>											
Faktorji		Element	Dolžina [cm]	Obtežba Q <sub>k,1</sub>	Obtežba Q <sub>k,2</sub>	w <sub>inst</sub> (G <sub>k,j</sub> ) [cm]		w <sub>inst</sub> (Q <sub>k,1</sub> ) [cm]		w <sub>inst</sub> (Q <sub>k,2</sub> ) [cm]	
ψ <sub>0,s</sub>	0,5	SL16	455	q <sub>s</sub>	q <sub>w,z-v 2</sub>	0,82		1,26		0,416	
ψ <sub>2,s</sub>	0	GV2	135	q <sub>s</sub>	/	0,38		0,65		Ugodno	
ψ <sub>0,w</sub>	0,6	ZM1	133	q <sub>s</sub>	q <sub>w,s-j 2</sub>	0,14	0,05	0,23	0,08	0,05	0,02
ψ <sub>2,w</sub>	0	LVL1	470	q <sub>s,j</sub>	q <sub>w,j-s 2</sub>	0,64	0,09	0,94	0,29	0,233	0,319
k <sub>def</sub>	0,6	LVC1	478	q <sub>s,j</sub>	q <sub>w,z-v 2</sub>	1,18	0,78	1,66	1,39	0,319	0,69
		P4	618	q <sub>s,j</sub>	q <sub>w,s-j 2</sub>	0,51	0,48	0,74	0,77	0,10	0,33
		OD3	423	q <sub>s</sub>	q <sub>w,z-v 2</sub>	0,39		0,73		0,55	
		R3	478	q <sub>s</sub>	q <sub>w,z-v 2</sub>	1,18		1,63		0,32	
		EL5	167	/	/	0,10		0		0	

Preglednica A2.2: Kontrola pomikov v MSU

<b>MSU-kontrola pomikov</b>					
<b>Račun</b>					
Element	w <sub>inst</sub> [cm]	w <sub>inst,lim</sub> [cm]	w <sub>net,fin</sub> [cm]	w <sub>net,fin,lim</sub> [cm]	Kriterij uporabnosti
SL16	2,32	1,52	2,81	1,82	NI UPORABNO
GV2	1,03	0,90	1,26	1,08	NI UPORABNO
ZM1	0,42	0,89	0,51	1,06	UPORABNO
LVL1	1,86	1,57	2,24	1,88	NI UPORABNO
LVC1	4,03	1,59	4,87	1,91	NI UPORABNO
P4	1,94	2,06	2,36	2,47	UPORABNO
OD3	1,45	1,41	1,68	1,69	NI UPORABNO
R3	2,99	1,59	3,70	1,91	NI UPORABNO
EL5	0,10	0,56	0,15	0,67	UPORABNO

»Ta stran je namenoma prazna.«



## **PRILOGA B1: TLORIS OSTREŠJA**

»Ta stran je namenoma prazna.«

**PRILOGA B2: PREREZ A-A**

»Ta stran je namenoma prazna.«