

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*



Visokošolski strokovni študij
gradbeništva, Konstrukcijska smer

Kandidat:

Mihael Mlakar

NOV MONTAŽNI AB STREŠNI ELEMENT

Diplomska naloga št.: 400

Mentor:

izr. prof. dr. Tatjana Isaković

Ljubljana, 2010

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MIHAEL MLAKAR** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**Nov montažni AB strešni element**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela elektronske separatorke FGG.

Ljubljana, 30. 09. 2010

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji konstrukcijske smeri:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**UDK:** 624.012.45(043.2)**Avtor:** Mihael Mlakar**Mentor:** izr. prof. dr. Tatjana Isaković**Naslov:** Nov montažni AB strešni nosilec**Obseg in oprema:** 133 str., 10 pregl., 139 sl., 4 pril.**Ključne besede:** AB nosilci, žagasti nosilci, obtežbe na streho, ...**Izvleček:**

Diplomsko delo obravnava idejno zasnovo novega AB montažnega strešnega nosilca za konstruiranje šedastih streh. Sestavljeno je iz treh delov. V prvem delu diplomske naloge so predstavljene splošne zahteve, ki jih je potrebno upoštevati pri gradnji gospodarskih objektov. Predstavljena je tudi šed oblika strešnih sistemov in montažni način gradnje. Za oba primera so izpostavljene nekatere prednosti in slabosti ter konstrukcijski problemi, ki se pojavljajo pri šedastih strehah. V drugem sklopu se predstavi nekatere nove oblike montažnih šed strešnih sistemov. V tem delu izpostavimo prednosti in slabosti obstoječega dvokapnega sistema v primerjavi z novim šed nosilcem. Postavimo cilje in določimo pogoje glede statične zasnove in zagotavljanja mikroklimatskih razmer, ki jim mora novi montažni AB strešni element za konstruiranje šed streh zadostiti. V tretjem delu je obdelan izbrani novi montažni element za konstruiranje žagastih streh. Predstavljene so idejne rešitve, ki zadostujejo zadanim pogojem iz stališča zagotavljanja dnevne svetlobe v prostoru, toplotne izolativnosti, odvodnjavanja meteorne vode ter montaže na konstrukcijo. V zadnjem delu tega sklopa je predstavljen statični izračun in izračun armature za nov montažni AB strešni element dolžine 10m. Podatki so podani za konkretno lokacijo, na kateri naj bi se nov montažni AB strešni element uporabil.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 624.012.45(043.2)
Author: Mihael Mlakar
Supervisor: Assoc.Prof.PhD. Tatjana Isaković
Title: New prefabricated reinforced concrete roof element
Notes: 133 p., 10 tab., 139 fig., 4 ann.
Key words: reinforced concrete, shed roof, prefabricated element, ...

Abstract:

The diploma work focuses on the concept of a new prefabricated reinforced concrete roof element for shed roofs. The diploma work consists of three parts. The first part presents general demands that need to be taken into account when building industrial facilities. Also presented are shed roof system designs and prefabricated construction designs. For each of the two strengths and weaknesses are shown. Also exposed are some shed roof structural problems. In the second part recent shed roof system designs are presented. Strengths and weaknesses of the existing gable roof system are compared to the newly designed shed system element. In this part we also set goals and determine the static design conditions as also provision of microclimate conditions, which the new prefabricated reinforced concrete roof element for shed roofs must satisfy. The third part of the diploma work presents the chosen prefabricated reinforced concrete roof element for shed roof construction. Design solutions are proposed to meet the set conditions from the following aspects: ensuring sufficient daylight in the space, heat isolation, stormwater drainage as also fixing the element on the construction. This last part of the diploma work is completed with a static calculation and a calculation of armature for a new prefabricated reinforced concrete roof element of 10m in length. The given data is provided for a real and concrete location where the newly designed element could be used and the calculation is only valid for this location.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici izr. prof. dr. Tatjani Isaković, u.d.i.g., in prof.dr. Janezu Duhovniku, u.d.i.g., za nasvete in vodenje pri diplomski nalogi, prav tako se zahvaljujem tudi družbam Primorje, d. d., in CPG, d. d. Hvala tudi vsem, ki so mi stali ob strani.

1 UVOD	1
1.1 Namen diplomske naloge	1
1.2 Zasnova diplomske naloge	2
2 SPLOŠNO O OBLIKOVANJU IN KONSTRUIRANJU OBJEKTOV	4
2.1 Oblikovanje in konstruiranje gospodarskih objektov	4
2.2 Šed oblika	7
2.2.1 Zgodovina šed oblike	7
2.2.2 Pogoji in zahteve pri oblikovanju šed strešnih sistemov	7
2.2.2.1 Usmeritev objektov s šed strešnimi sistemi	9
2.2.3 Prednosti in slabosti šed oblike strešnih sistemov	10
2.3 Montažna gradnja	11
2.3.1 Razvoj montažne gradnje	11
2.3.2 Pogoji in zahteve pri montažni gradnji	11
2.3.3 Prednosti in slabosti montažne gradnje s prefabrikati	12
3 ŠED STREŠNI NOSILCI	14
3.1 Primerjava med dvokapnim in šed strešnim sistemom	14
3.1.1 Število potrebnih delov za konstrukcijo in stroški	14
3.1.2 Kreiranje notranjosti objekta	15
3.1.3 Odvod strešne vode	15
3.1.4 Zagotavljanje dnevne svetlobe v objektu	16
3.2 Primeri obstoječih montažnih šed nosilcev	17
3.2.1 Prvi primer	18
3.2.2 Drugi primer	19
3.2.3 Tretji primer	20
3.2.4 Razlike med obstoječimi šed nosilci	21
3.3 Splošno o svetlobi	23
3.3.1 Vplivi na zagotavljanje dnevne svetlobe	23
3.3.1.1 Vpliv velikosti in nagiba okna	23
3.3.1.2 Vpliv čistoče steklenih površin	26
3.3.1.3 Vpliv vrste stekla	27
3.3.1.4 Vpliv zgoščevanja ritma na osvetljenost	27

3.3.1.5 Vpliv oddaljenosti in nagiba okenske površine od ravnine delovnega mesta	28
3.3.1.6 Vpliv oblike strešine konstrukcije	30
3.4 Splošno o toplotni izolativnosti	30
3.5 Splošno o odvodu strešne vode	32
3.6 Splošno o kritini	33
3.7 Pogoji in zahteve pri oblikovanju novega montažnega AB strešnega elementa za konstruiranje šedastih streh	34
4 PREDLAGANI NOVI MONTAŽNI AB STREŠNI ELEMENT ZA KONSTRUIRANJE ŠEDASTIH STREH	36
4.1 Izbor oblike, prerez, dimenzije in teža	36
4.2 Zagotavljanje dnevne svetlobe z novim šed nosilcem	38
4.2.1 Faktor F/A	39
4.2.2 Nagib svetlobne površine in oblika strešine	40
4.2.3 Ritem postavljanja novega šed nosilca in višina objektov	41
4.3 Toplotna izolativnost novega šed nosilca	41
4.4 Odvod strešne vode pri novem šed nosilcu	43
4.5 Izbor kritine pri novem šed nosilcu	46
4.6 Montaža novega šed nosilca	48
4.7 Statična zasnova	50
4.7.1 Analiza obtežbe novega šed nosilca	51
4.7.2 Računski model novega šed nosilca	71
4.7.2.1. Priprava računskega modela s SAP 2000	71
4.8 Predstavitev in analiza rezultatov	84
4.8.1 Analiza rezultatov modela novega šed elementa	84
4.8.2 Dimenzioniranje novega šed elementa	109
4.8.2.1 Dimenzioniranje s programom SAP 2000	109
4.8.2.2 Dimenzioniranje z interakcijskimi diagrami nosilnosti AB prečnih prerezov po EC2	116
4.9 Izdelava novega šed nosilca	126
5 PRILOGE ZA NOVI MONTAŽNI AB STREŠNI ELEMENT	128

6 SKLEP

129

KAZALO PREGLEDNIC, TABEL

Tabela 3. 1: Primerjava dveh strešnih sistemov 16

Tabela 4. 1: Povprečne vrednosti toplotne prehodnosti $\bar{U}$ (W/m²K) 42

Tabela 4. 2: Obtežne kombinacije MSN 70

Tabela 4. 3: Račun maksimalnih vrednosti notranjih sil v končnih elementih lupine na sredini nosilca s pomočjo programa SAP 2000 101

Tabela 4. 4: Račun minimalnih vrednosti notranjih sil v končnih elementih lupine na sredini nosilca s pomočjo programa SAP 2000 102

Tabela 4. 5: Račun rezultante notranjih sil v končnih elementih lupine na sredini nosilca s pomočjo programa SAP 2000 104

Tabela 4. 6: Račun rezultante notranjih sil v linijskem elementu na sredini AB nosilca s pomočjo programa SAP 2000 104

Tabela 4. 7: Račun rezultante notranjih sil na sredini AB nosilca z enačbami preko računa z vrednostmi posameznih končnih elementov 105

Tabela 4. 8: Račun rezultante notranjih sil na sredini AB nosilca s pomočjo programa SAP 2000 105

Tabela 4. 9: Račun rezultante notranjih sil na robu pri podpori AB nosilca s pomočjo programa SAP 2000 106

KAZALO SLIK

Slika 2. 1: Haefelov diagram, pri katerem je predstavljena sprememba vrednosti osvetlitve na vertikalni površini, obrnjeni v različne dele neba v času od devete ure zjutraj do pete ure 9

- Slika 3. 1: Primer prereza klasičnega dvokapnega sistema 15
- Slika 3. 2: Primer prereza šed strešnega sistema 16
- Slika 3. 3: Oblika prereza sistema 18
- Slika 3. 4: Primer izgleda sistema 18
- Slika 3. 5: Oblika prereza sistema Zanon 19
- Slika 3. 6: Zasnova in kombinacija z ravno streho 19
- Slika 3. 7: Primeri montaže 20
- Slika 3. 8: Primer izgleda zunanosti in notranjosti sistema 20
- Slika 3. 9: Oblika prereza sistema Pizzarotti 21
- Slika 3. 10: Prikaz delov in montaže šed nosilca 21
- Slika 3. 11: Položaj sonca v času poletnega solsticija določa največji mogoči nagib svetlobne površine (α) 24
- Slika 3. 12: Diagram $td - \alpha - F/A$ 25
- Slika 3. 13: Primerjava vpliva zamazanosti stekel 26
- Slika 3. 14: Odvečna kubatura 26
- Slika 3. 15: Zgoščevanje ritma svetlobnih površin 28
- Slika 3. 16: Osvetljenost delovne površine v primeru vertikalne svetlobne površine pri različnih višinah 29
- Slika 3. 17: Osvetljenost delovne površine v primeru svetlobne površine v nagibu pri različnih višinah 29
- Slika 3. 18: Sipanje svetlobe glede na obliko strešine 30
- Slika 3. 19: Verjetna mesta pojava toplotnih mostov 32
- Slika 3. 20: Smeri odtoka meteorne vode v prečni smeri nosilca 33

-
- Slika 4. 1: Oblika prereza novega šed nosilca 37
- Slika 4. 2: Detajl novega šed nosilca z merami 38
- Slika 4. 3: Sipanje svetlobe pri novem šed nosilcu 39
- Slika 4. 4: Razmerje F/A pri novem šed nosilcu 39
- Slika 4. 5: Varianti nagiba svetlobne površine 40
- Slika 4. 6: Smeri odtoka meteorne vode s strešnega sklopa šed nosilcev ter kasneje v "H" nosilce, v katerem so nameščeni odtoki 44
- Slika 4. 7: Konstrukcijski sklop nalega na centralni "I" nosilec in primer odvoda vode po zunanosti fasade na krajnem delu 45
- Slika 4. 8: Konstrukcijski sklop nalega na krajni "H" nosilec in odvod vode po notranji strani fasade 45
- Slika 4. 9: Izbor kritine na novem šed nosilcu 46
- Slika 4. 10: Prikaz izvedbe zaključka izolacije in kritine strešnega niza šed nosilcev 47
- Slika 4. 11: Varianti pritrdjevanja novega šed nosilca 48
- Slika 4. 12: Detajl pritrdjevanja A in jeklena kotna spona 49
- Slika 4. 13: Detajl pritrdjevanja B 49
- Slika 4. 14: Lastna teža nosilcev 51
- Slika 4. 15: Lastna teža lupine 51
- Slika 4. 16: Stalna obtežba instalacij 53
- Slika 4. 17: Stalna obtežba izolacije in kritine 53
- Slika 4. 18: Razdelitev stalne obtežbe okenskega dela (linijska obtežba) 53
- Slika 4. 19: Razdelitev stalne obtežbe okna na zgornji in spodnji del (linijska obtežba) 54
- Slika 4. 20: Obtežba s koristno obtežbo 54
- Slika 4. 21: Koeficienti obtežbe s snegom pri izboru dvokapne strehe 56
- Slika 4. 22: Oblikovni koeficienti obtežbe s snegom pri izboru večladijske strehe 57
- Slika 4. 23: Obtežba ob primeru (i) nenakopičenega snega na večladijski strehi 58
- Slika 4. 24: Obtežba ob primeru (ii) nakopičenega snega na večladijski strehi 59
- Slika 4. 25: Razdelitev obtežbe s snegom in stalno obtežbo na robu okvirja okna (linijska obtežba) 59
- Slika 4. 26: Oblikovni koeficienti obtežbe in dolžine nanosov s snegom pri izboru večladijske strehe pri izrednem kopičenju snega 60
- Slika 4. 27: Obtežba izrednega nakopičenja snega na večladijski strehi 61
- Slika 4. 28: Razdelitev obtežbe s snegom in stalno obtežbo na robu okvirja okna (linijska obtežba) 61
- Slika 4. 29: Skica modela za analizo obtežbe z vetrom 63
- Slika 4. 30: Koeficienti zunanega tlaka na večslemenske strehe 64
- Slika 4. 31: Cone vpliva tlaka vetra na konstrukcijo, smer vetra 180° 64
- Slika 4. 32: Vrednosti zunanega tlaka vetra po posameznih delih strešine za lokacijo Sežana, smer vetra 0° 65
- Slika 4. 33: Cone vpliva tlaka vetra na strešino, smer vetra 0° 65
- Slika 4. 34: Vrednosti zunanega tlaka vetra za koritasto streho za lokacijo Sežana, smer vetra 0° 66
- Slika 4. 35: Cone vpliva tlaka vetra na strešino, smer vetra 90° 67
- Slika 4. 36: Vrednosti zunanega tlaka vetra po posameznih delih strešine za lokacijo Sežana, smer vetra 90° 68
- Slika 4. 37: Modifikacija c_{pe} izračunane pripadajoče vrednosti w_e pri smeri vetra 0° 68
- Slika 4. 38: Razdelitev obtežbe z vetrom na robu OKVIRJA (linijska obtežba) 69
- Slika 4. 39: Določitev pomožnih črt kartezičnega rastra za računski model 72
- Slika 4. 40: Računski model v programu SAP 73
- Slika 4. 41: Mreža končnih elementov lupine in nosilca v SAP 2000 73
- Slika 4. 42: Določitev materialnih karakteristik za beton 75
- Slika 4. 43: Določitev materialnih karakteristik za armaturo 75
- Slika 4. 44: Določitev podpor na začetku ($l=0$ m) in na koncu ($l=10$ m) nosilca 76
- Slika 4. 45: Določitev obtežnih primerov 77

-
- Slika 4. 46: Določitev primerov za analizo 77
Slika 4. 47: Lastna teža na lupino nosilca 78
Slika 4. 48: Lastna teža na nosilec 78
Slika 4. 49: Stalna obtežba na lupino nosilca 79
Slika 4. 50: Stalna obtežba na nosilec in obtežba stalne teže oken na lupino 79
Slika 4. 51: Koristna obtežba na lupino nosilca 80
Slika 4. 52: Obtežba nenakopičenega snega na lupino nosilca 80
Slika 4. 53: Obtežba nakopičenega snega na lupino nosilca 81
Slika 4. 54: Obtežba nakopičenega snega na lupino nosilca okna 81
Slika 4. 55: Obtežba ob izjemnem kopičenju snega na lupino nosilca 81
Slika 4. 56: Obtežba ob izjemnem kopičenju snega na lupino nosilca okna 82
Slika 4. 57: Obtežba vetra v smeri 0° na lupino nosilca 82
Slika 4. 58: Obtežba vetra v smeri 0° na lupino nosilca okna 83
Slika 4. 59: Obtežba vetra v smeri 90° na lupino nosilca 83
Slika 4. 60: Obtežba vetra v smeri 90° na lupino nosilca okna 83
Slika 4. 61: Ovojnica osnih sil N (kN) v nosilcu 84
Slika 4. 62: Ovojnica prečnih sil V (kN) v nosilcu 85
Slika 4. 63: Ovojnica momentov M (kNm) v nosilcu 85
Slika 4. 64: Diagram osne sile v nosilcu pri lastni obtežbi 86
Slika 4. 65: Diagram prečne sile v nosilcu pri lastni obtežbi 86
Slika 4. 66: Diagram momentov v nosilcu pri lastni obtežbi 87
Slika 4. 67: Diagram osne sile v nosilcu pri stalni obtežbi 87
Slika 4. 68: Diagram prečne sile v nosilcu pri stalni obtežbi 88
Slika 4. 69: Diagram momentov v nosilcu pri stalni obtežbi 88
Slika 4. 70: Diagram osne sile v nosilcu pri koristni obtežbi 89
Slika 4. 71: Diagram prečne sile v nosilcu pri koristni obtežbi 89
Slika 4. 72: Diagram momentov v nosilcu pri koristni obtežbi 90
Slika 4. 73: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi nenakopičenega snega 90
Slika 4. 74: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi nenakopičenega snega 91
Slika 4. 75: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi nenakopičenega snega 91
Slika 4. 76: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi nakopičenega snega 92
Slika 4. 77: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi nakopičenega snega 92
Slika 4. 78: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi nakopičenega snega 93
Slika 4. 79: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi izjemnega kopičenja snega 93
Slika 4. 80: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi izjemnega kopičenja snega 94
Slika 4. 81: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi izjemnega kopičenja snega 94
Slika 4. 82: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 0° 95
Slika 4. 83: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 0° 95
Slika 4. 84: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 0° 96
Slika 4. 85: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 90° 96
Slika 4. 86: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 90° 97
Slika 4. 87: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 90° 97
Slika 4. 88: Maksimalne vrednosti za ovojnico sil $F11$ (kN/m) MSN 98
Slika 4. 89: Minimalne vrednosti za ovojnico sil $F11$ (kN/m) MSN 98
Slika 4. 90: Maksimalne vrednosti za ovojnico prečnih sil $V13$ (kN/m) MSN 99
Slika 4. 91: Minimalne vrednosti za ovojnico prečnih sil $V13$ (kN/m) MSN 99
Slika 4. 92: Maksimalne vrednosti za ovojnico sil $M11$ (kNm/m) MSN 100
Slika 4. 93: Minimalne vrednosti za ovojnico momentov $M11$ (kNm/m) MSN 100
Slika 4. 94: Porazdelitev maksimalnih osnih sil po celotni lupini na sredi AB nosilca 102
Slika 4. 95: Porazdelitev minimalnih osnih sil po celotni lupini na sredi AB nosilca 103
Slika 4. 96: Section Cut čez posamezne končne elemente lupine in prikaz grup 103

- Slika 4. 97: Section Cut čez celo lupino in prikaz grup 104
Slika 4. 98: Section Cut čez nosilec in prikaz grup 105
Slika 4. 99: Ovojnica momentov na nadomestni nosilec. 107
Slika 4. 100: Ovojnica prečnih sil na nadomestni nosilec. 108
Slika 4. 101: Izpis dimenzioniranja nosilca v SAP-u. 109
Slika 4. 102: Rezultat dimenzioniranja vzdolžne armature (cm^2) v nosilcu v programu SAP 2000 110
Slika 4. 103: Skica principa dimenzioniranja lupine SAP 2000 110
Slika 4. 104: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast1(top) max maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 1 111
Slika 4. 105: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast2(top) max maksimalna armatura 112
Slika 4. 106: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast1(top) min maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 1 112
Slika 4. 107: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast2(top) min maksimalna armatura v smeri lokalne osi 2 113
Slika 4. 108: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast1(bot) max maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 1 113
Slika 4. 109: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast2(bot) max maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 2 114
Slika 4. 110: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast1(bot) min maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 1 114
Slika 4. 111: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast2(bot) min maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 2 115
Slika 4. 112: Izbrana vzdolžna armatura 117
Slika 4. 113: Dimenzioniranje pravokotnega nosilca v SAP 2000 118
Slika 4. 114: Diagram za določitev dolžine nateznih palic v nosilcu 119
Slika 4. 115: Ležišče z definicijami. 121
Slika 4. 116: Kritični prerez. 122
Slika 4. 117: Postopek ulivanja novega šed nosilca 126
Slika 4. 118: Prikaz izdelave podobnega šed nosilca z vibracijskim kalupom 127

KAZALO PRILOG

Priloga A 1 Armaturni načrt nosilca

Priloga B 1 Detajli montaže in izvedbe novega šed nosilca 1

Priloga B 2 Detajli montaže in izvedbe novega šed nosilca 2

Priloga B 3 Detajli montaže in izvedbe novega šed nosilca 3

1 UVOD

Naslov diplomske naloge je »Nov montažni AB strešni element«.

1.1 Namen diplomske naloge

Gradbena podjetja v svojem širokem spektru delovanja med drugim pokrivajo tudi področje montažne gradnje. V tem primeru se bomo omejili na sektor montažne gradnje, pri kateri se uporabljajo prefabricirani armiranobetonski elementi.

Proizvodni obrati za izdelavo betonskih prefabriciranih elementov v svojem asortimanu nudijo izdelke, s pomočjo katerih je mogoče konstruirati in izvesti celoten montažni objekt. V njihovem proizvodnem programu se torej najdejo sistemi, ki omogočajo izvedbo temeljev, nosilne konstrukcije (stebre, prečke, preklade), medetažne plošče, talne plošče, zunanje stene, notranje stene in strehe.

Sčasoma se je poleg gospodarskih objektov (proizvodne hale, skladišča) montažna gradnja s prefabriciranimi betonskimi elementi usmerila tudi na področje trgovskih, poslovnih in športnih prostorov. Trendi pri gradnji le-teh narekujejo gradnjo objektov, ki poleg vseh običajnih zahtev po veliki nosilnosti in razponih omogočajo optimalne pogoje notranjega bivanja in delovnega okolja. Pri tem je mišljeno predvsem zagotavljanje pravilne osvetljenosti, racionalne rabe energije in dovolj kvalitetne mikroklimatske pogoje. Na trgu se v tujini že pojavljajo strešni montažni armiranobetonski elementi, s katerimi je mogoče enostavno konstruirati šedaste strehe, te pa omogočajo najboljšo naravno osvetljenost delovnih prostorov.

Klasični dvokapni strešni sistem, ki se ga danes v Sloveniji največ uporablja, v svojem sklopu združuje več elementov (T-nosilci, pi-plošče, dvokapni nosilci itd.). Ta sistem ima določene pomankljivosti, ki jih lahko odpravimo s šedastimi strehami.

Z montažnim strešnim elementom za konstruiranje šedastih streh bi razširili ponudbo elementov za konstrukcijo streh ter s tem povečali konkurenčnost na trgu. Omogočili bi nov razmah gradnje nizkih montažnih objektov za potrebe trgovine in malega podjetništva. Dosegli bi tudi izboljšanje arhitekturne raznolikosti montažnih gradenj. Zagotoviti je potrebno vse funkcije, ki jih mora izpolnjevati streha (odvod vode, toplotna izolacija, razsvetljava, prenos obtežbe) in preveriti prednosti in slabosti montažnega strešnega elementa s stališča montažne gradnje (način montaže, čas, stroški, kvaliteta).

Ker je bilo diplomsko delo narejeno v sodelovanju z družbo Primorje d. d., je novi montažni armiranobetonski strešni element za konstruiranje šed streh tudi kompatibilen z že uveljavljenim proizvodnim programom, sistemom prefabrikatnih elementov za konstruiranje montažnih objektov družbe Primorje.

1.2 Zasnova diplomske naloge

Diplomsko nalogo, v kateri skušamo idejno predstaviti in definirati nov montažni armiranobetonski strešni element za konstruiranje šedastih streh, lahko razdelimo v štiri sklope. V prvem delu nekoliko osvetlimo glavne vidike in pogoje pri oblikovanju šed strešnih sistemov in montažne gradnje, v drugem delu nadaljujemo s predstavitevijo nekaterih že obstoječih rešitev, iz katerih oblikujemo nov strešni element za konstrukcijo žagastih streh. V tretjem delu za izbrani strešni element predstavimo konkretne rešitve (zagotavljanje dnevne svetlobe, odvodnjavanje, montaža na nosilno glavno konstrukcijo, izračun statike in armature), ki jih v četrtem delu uporabimo pri izdelavi detajlov in delavniških risb, povezanih s konkretnim idejnim projektom proizvodne hale.

Prvi del predstavlja splošne zahteve, ki jih je potrebno upoštevati pri gradnji gospodarskih objektov. Predstavljena je tudi šed oblika strešnih sistemov in montažni način gradnje. Za oba primera so izpostavljene nekatere prednosti in slabosti ter konstrukcijski problemi, ki se pojavljajo pri šedastih strehah.

Drugi del predstavi nekatere nove oblike montažnih šed strešnih sistemov. V tem delu izpostavimo prednosti in slabosti obstoječega dvokapnega sistema v primerjavi z novim šed nosilcem. Postavimo cilje in določimo pogoje glede statične zasnove in zagotavljanja mikroklimatskih razmer, katerim moramo zadostiti z novim montažnim AB strešnim elementom za konstruiranje šed streh.

V tretjem delu je obdelan izbrani novi montažni element za konstruiranje žagastih streh. Predstavljeni so pogoji, ki jih mora izpolnjevati s stališča zagotavljanja dnevne svetlobe v prostoru, toplotne izolativnosti, odvodnjavanja meteorne vode in montaže na konstrukcijo. V vseh primerih so podane tudi rešitve in izračuni za novi montažni element. V zadnjem delu tega sklopa je predstavljen statični izračun in izračun armature za nov montažni AB strešni element. Izračun in podatki so podani za konkretno lokacijo, na kateri naj bi se nov montažni AB strešni element uporabil in velja samo za to lokacijo.

Četrty del obsega delavniške risbe, detajle, izračune in primer uporabe na idejnem projektu.

2 SPLOŠNO O OBLIKOVANJU IN KONSTRUIRANJU OBJEKTOV

Pri oblikovanju zgradb je potrebno vedno upoštevati, kako funkcionalne zahteve, ki so odraz dejavnosti (trgovina, industrija, šport), ki se v zgradbi dogajajo, vplivajo na samo obliko in izgled le-te. Pri tem je potrebno težiti k celovitim in zaokroženim rešitvam.

2.1 Oblikovanje in konstruiranje gospodarskih objektov

Pri gospodarskih objektih (skladišča, industrija, trgovina) je vpliv dejavnosti ali proizvodnega procesa na samo obliko in podobo zgradbe večji, saj je tu pomembno zagotavljanje večjih svobodnih površin, kar vpliva na izbor enostavnih oblik in velikih dimenzij. Enostavne oblike naredijo gospodarske objekte nekako bolj enolične v primerjavi z drugimi arhitekturno raznolikimi objekti, pa vendar ti objekti izstopajo po svoji namenski svojevrstnosti, volumnu in konstrukcijskih rešitvah.

Razmere v delovnih prostorih industrijskega tipa še posebej vplivajo na človekovo počutje. Omenjene predpostavke določajo, da se v smislu tehnološke rabe prostora funkcija uporabe rešuje z obliko in konstrukcijskim sistemom, odvisna pa je tudi od organizacijskih potreb po površini. Potrebni konstrukcijski prerez je v tem primeru tisti, ki je za reševanje zapiranja delovnega prostora bolj pomemben kot drugi arhitektonski problemi. S pravilnim reševanjem in konceptualno zasnovo potrebnega konstrukcijskega prereza posredno zadovoljimo potrebe po dnevni in nočni osvetlitvi, namestitvi primarnih in sekundarnih inštalacij, prezračevanja in kakovosti ter količini zraka v industrijskih halah. Z istim prerezom in konstrukcijskim sistemom zgradbe je dandanes težko zadovoljiti potrebe več raznolikih tehnoloških procesov in dejavnosti, ki se bodo v njej dogajali. Zato je pomembno, da se za vsak tak proces dejavnost detajlno preveri in analizira njegove specifikke, oz. kaj potrebuje, kajti le tako je mogoče zadovoljiti funkcionalno in kakovostno izrabo notranjosti zgradbe.

Dandanes se v arhitekturnem načrtovanju operira z velikim številom sistemov za oblikovanje industrijskih ali drugih objektov. Razvoj tehnologije gradbenih materialov in razvoj znanja o

statičnih zasnovah sta pripeljala do tega, da se ti sistemi stalno dopolnjujejo, razvijajo in ustvarjajo nove tipe ter variante. Razširitev dejavnosti, za katere se uporabljajo betonske montažne gradnje (trgovina, šport, industrija), je omogočila arhitekturni razvoj še dodatnih statičnih sistemov. Visoke zahteve, ki jih te dejavnosti potrebujejo za svoj razvoj in delovanje, so botrovale k uvajanju novih materialov, raziskovanju novih konstrukcijskih možnosti in boljši izrabi prostora. Kljub bolj ali manj nespremenjenim človekovim bivanjskim zahtevam je bil razvoj tehnologije skokovit, in zahvaljujoč temu ni čudno, da uporabniki montažne gradnje pred načrtovalce postavljajo nove in nove zahteve.

Pri oblikovanju arhitekture prostora industrijskih in drugih stavb sta izbor konstruktivnega sistema in njegova primernost odvisna:

- od zahtev, ki jih postavlja dejavnost, ki se bo v objektu odvijala
- od vpliva delovnih procesov ali dejavnosti na sam objekt (vibracije, statično dinamični vplivi, udarci)
- od standardov, ki jih moramo zadovoljiti v prostoru glede njegove mikroklimе (osvetlitev, zračenje, gretje, hlajenje)
- od klimatskih pogojev, v katerih objekt gradimo oz. v katerih bo stal
- od potrebe po etapni ali celoviti izgradnji zelenih kapacitet objekta
- od predvidenega potrebnega časa za izgradnjo
- od investicijske moči investitorja
- od časa, ki je potreben za povrnitev stroškov izgradnje
- od geofizikalne sestave terena
- od okolja, ki obdaja objekt

Pri izbrani rešitvi konstrukcijskega sistema je potrebno izpolniti pogoje, ki so za tak tip strehe zahtevani v pravilnikih. Težiti je potrebno tudi k temu, da izpolnimo čim več zahtev in pogojev, ki so predpisani za naš tip strehe, pa čeprav so le opisne narave ali podani kot priporočila.

Konstruktivni sistem montažne gradnje je mogoče izvesti z različnimi materiali, npr: jeklo, beton, les. Tudi tu se pojavljajo pogoji, ki jih je potrebno izpolniti glede na karakteristike uporabljenega materiala.

S statično konstruktivnega stališča se montažni objekti lahko delijo predvsem na:

- rešetkaste
- okvirne
- zategnjene viseče
- obešene
- membranaste
- skeletne horizontalne konstrukcije

Glede višine pa lahko montažne objekte delimo na:

- nizke
- visoke
- večetažne

Ne glede na primerni konstrukcijski sistem, višino in dejavnost, ki se bo v gospodarskem objektu odvijala, se je pri gradnji takih objektov bolje odločiti za montažni način gradnje. Klasično litje armiranobetonskih delov na samem mestu gradnje, torej tradicionalni način gradnje, se še vedno uporablja pri gradnji stanovanjskih objektov, pri gradnji industrijskih objektov pa se skorajda ne uporablja več, saj je to neracionalno in upočasnjuje samo gradnjo. To še posebej velja za strešne elemente, elemente primarne in sekundarne nosilne konstrukcije ter elemente za tvorbo sten. Pri industrijskih objektih, kjer so strešne površine še posebej velike, se je pri izdelavi strešnega sklopa primerno odločiti za montažno zasnovo. Montažni elementi so v tem primeru zelo racionalna izbira, ker velike površine zahtevajo veliko število elementov, katere je mogoče množično proizvesti že vnaprej v zato namenjenih obratih, ki zagotavljajo kvalitetno in stroškovno cenejšo izvedbo. Montažna gradnja pa nam omogoča tudi hitrejšo gradnjo, večjo kvaliteto montažnih elementov in vgrajenih materialov ter njihovo kontrolo.

2.2 Šed oblika

2.2.1 Zgodovina šed oblike

Šed hale so nastale v Angliji v času industrijske revolucije, ko se je v tekstilni industriji prešlo z manufakturnega na industrijski način proizvodnje. Za takšen način proizvodnje je bilo potrebno uporabiti veliko število strojev, s tem so se povečale tudi potrebe po večjih proizvodnih površinah. V tkalnicah tekstilne industrije se je ob tem moral rešiti še problem zagotavljanja kvalitetne dnevne osvetljenosti. Razvoju industrije ni zmogel slediti nobeni od do tedaj znanih sistemov za dovajanje dnevne svetlobe, ki bi zagotovil zahtevano osvetljenost, primerno hitrosti delovnega procesa ter zagotavljal kakovostno in natančno izvedbo dela.

Z odpiranjem delov strešne površine ni bilo mogoče povsem zagotoviti potrebne osvetlitve. Kljub različnim strešnim odprtinam za dovod dnevne svetlobe se ni dalo preprečiti neposrednega osončenja delovnega prostora, kar povzroča ustvarjanje bleska. Natančnost dela v industriji ima za posledico željo po bolj enakomerni osvetlitvi delovnega mesta, tako časovno kot prostorsko. Zaradi tega je nastala šed oblika strešne konstrukcije, ki je orientirana proti severu tako, da je delovno mesto podvrženo le siju severnega dela neba. Z dvigom delov strešne konstrukcije v smeri severa se z delovne površine odstrani neposredni vpliv sonca in njegovih žarkov in s tem preprečuje ustvarjanje bleska ter doseže zadovoljivo prostorsko in tudi časovno osvetljenost. Tako kvaliteto notranje dnevne osvetljenosti ni mogoče doseči z nobeno drugo orientacijo.

2.2.2 Pogoji in zahteve pri oblikovanju šed strešnih sistemov

Sodobna organizacija v industriji potrebuje čim bolj svobodno razprostiranje in razvijanje proizvodnje po velikih površinah, v katerih tečejo proizvodni procesi bolj ali manj po horizontali in ne toliko po vertikali, torej se gibanje proizvoda vrši na nižji višini.

Iz tega lahko zaključimo, da so potrebe na tržišču predvsem po nizkih halah do 7 m koristne višine. Z montažnimi sistemi pa moramo zadovoljivo reševati in omogočiti tvorbo prostih horizontalnih površin izmere tisoč pa tudi do nekaj tisoč kvadratnih metrov. Razmerje med

nizko višino in veliko površino nas vodi v smer drugačnega uvajanja dnevne svetlobe v prostore sodobne proizvodnje. Tako se pokažejo prve prednosti, ki jih ima vertikalni način uvajanja svetlobe v primerjavi s stranskim lateralnim načinom. Vertikalni način uvajanja svetlobe je veliko bolj intenziven v primerjavi s stranskim, vendar s seboj prinaša določene probleme glede tvorbe strešnega sistema, predvsem glede nameščanja elementov za uvajanje svetlobe in pravilnega zagotavljanja bivanjsko-delovnih pogojev.

Pri vertikalnem uvajanju svetlobe moramo zato rešiti določene probleme, ki so z njim povezani:

- doseganje določene enakomerne osvetljenosti prostora tako prostorsko kot časovno
- zaščita pred zračno-termičnimi vplivi
- rešitev detajlov za preprečitev prodiranja nezaželenih atmosferskih vplivov
- hkratno izkoriščanje elementa za zračenje prostora

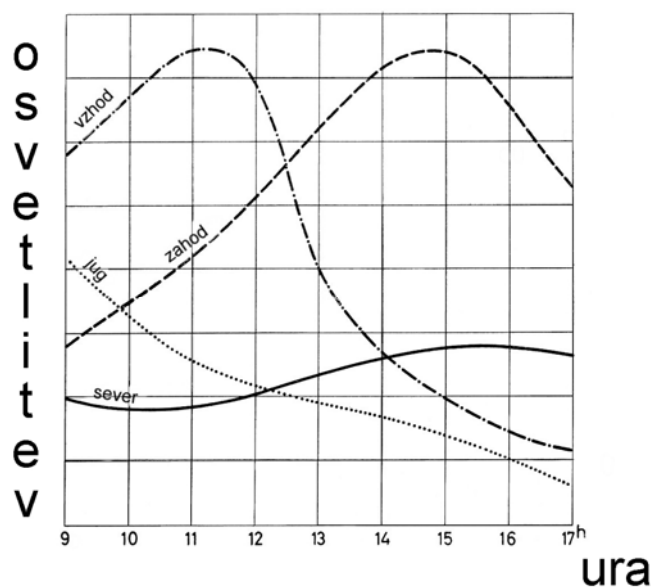
Rešiti moramo tudi konstrukcijske probleme, ki se na splošno pojavljajo pri strešnih sistemih in nanje tudi vplivajo:

- odvodnjavanje
- vzdrževanje, čiščenje in sanacija
- različni prebodi
- klimatski pogoji
- kvalitetna nosilna konstrukcija
- kvalitetna kritina
- vlažnost prostorov neposredno pod streho
- ustrezna zaščita termoizolacije

2.2.2.1 Usmeritev objektov s šed strešnimi sistemi

Šed oblika strešne konstrukcije je vedno orientirana v smer, ki omogoča čim manjše direktno osončenje notranjosti prostorov. Na severni strani ekvatorja so torej šed strehe orientirane proti severu, na južni strani poloble pa proti jugu. V našem primeru se nahajamo v Sloveniji, na severni polobli, in bomo za tisto pravo orientiranost vzeli severno stran. Z dvigom dela površine strešne konstrukcije v smeri severa se odstrani neposredni vpliv sonca in njegovih žarkov. S tem se prepreči ustvarjanje bleska, doseže pa se zadovoljivo prostorsko in časovno osvetljenost.

Da tako kvaliteto notranje dnevne osvetljenosti ni mogoče doseči z nobeno drugo orientacijo, nam kaže Haefelov diagram (glej sliko 2.1).



Slika 2. 1: Haefelov diagram, pri katerem je predstavljena sprememba vrednosti osvetlitve na vertikalni površini, obrnjeni v različne dele neba v času od devete ure zjutraj do pete ure popoldan na severni strani zemeljske poloble

Kot je že rečeno, se šed hale na severni zemeljski polobli orientirajo izključno k severu. Vseeno je zagotovo, da skorajda ni mogoče zagotoviti totalne natančnosti usmeritve in s tem maksimalnega koriščenja prednosti, ki nam jih nudi severna stran tudi zaradi spremembe položaja sonca glede na letne čase. Zaradi variiranja položaja sonca se dovoljujejo tudi

odstopanja od čiste orientacije, in sicer v okviru 12° . Vsa druga odstopanja v kontekstu šedastih streh ne pridejo v poštev, ker se z njimi ne bo doseglo želenih ciljev; v takšnih primerih je bolje sprejeti kako drugo konstrukcijsko rešitev oz. obliko.

2.2.3 Prednosti in slabosti šed oblike strešnih sistemov

Oblika strukture strešne konstrukcije in v tem primeru samega objekta je najprej odvisna od same rešitve dnevne osvetlitve in delno tudi od prezračevanja delovnih prostorov. Odvisna je tudi od uporabnosti same notranjosti prostora zgradbe. Pri industrijskih objektih tu igra veliko vlogo razporeditev produkcijskega parka in velikost delovnih površin. Potrebna velikost delovnih površin vpliva tudi na dimenzioniranje osnega razmaka rastra nosilnih stebrov konstrukcije. Večji razmak nosilnih stebrov konstrukcije omogoča lažjo razporeditev strojev, boljšo preglednost in posredno omogoča večjo fleksibilnost pri prilagajanju potreb pri spremembi samega proizvodnega procesa. Notranji prostor v takih objektih naj bi bil tem bolj odprt in enovit, kar nam omogoči njegov boljši izkoristek, vpliva pa tudi na samo eleganco in lepšo notranjost kot tudi zunanost objekta.

Vertikalen način dovajanja dnevne svetlobe v prostore omogoča tudi razširitev in dozidavo prostorov v obe horizontalni smeri. Etapnost v izgradnji industrijskih objektov ni redek pojav, tako da je to še ena prednost takega načina uvajanja svetlobe. Tak način nam torej dovoljuje, da se podjetja lažje razširijo in nadgradijo svoje proizvodne prostore v primeru povečanja tržnih potreb.

Najbolj izrazita prednost šed oblike strešnih sistemov se izkaže pri enakomernem ter časovno in prostorskem zagotavljanju dnevne svetlobe v prostoru izgrajenega objekta.

Odvodnjavanje s strešin je tista funkcija žagastih streh, pri kateri se je do sedaj pojavljalo največ problemov.

2.3 Montažna gradnja

Montažna gradnja je industrijski način gradnje, pri katerem so konstrukcijski elementi izdelani drugje kot končni objekt. S pojmom montažni element lahko opredelimo gradbeni element, ki je serijsko in industrijsko izdelan v obratu.

2.3.1 Razvoj montažne gradnje

Pri svojem delu človek vedno išče boljše in hitrejše rešitve zastavljenih ciljev. Tako so se prvi primeri gradnje s predhodno obdelanimi elementi pričeli pojavljati že v zgodovini za časa starega Egipta, v antiki, v rimljanski dobi itd.

Montažna gradnja v takem pomenu, kot jo poznamo danes, je svoj pravi razvoj in pomen dosegla šele s prvimi pojavi industrije, najbolj pa se je razširila med drugo svetovno vojno in po njej, ko so se vzpostavili prvi proizvodni programi tipskih prefabrikatnih izdelkov. Industrija je tista panoga, ki je s svojimi zahtevami po hitri in kvalitetni izgradnji objektov, potrebnih za svojo dejavnost, dajala glavne pobude za razvoj montažne gradnje z prefabriciranimi betonskimi elementi. Obenem je razvoj industrije vplival tudi na razmah novih tehnologij in mehanizacij, ki so tako gradnjo omogočale. Klasični način gradnje takih objektov se je kot počasen, manj kvaliteten in dražji vedno bolj pomikal v ozadje. Široka ponudba elementov in njihova izpopolnjenost omogočata, da se montažni način gradnje, čeprav se je do sedaj s tem načinom gradilo predvsem gospodarske objekte (skladišča, proizvodni obrati...), vedno bolj širi tudi na druga področja (šport, trgovina, bivanjski prostori).

2.3.2 Pogoji in zahteve pri montažni gradnji

Gradbeni elementi se danes proizvajajo v proizvodnih halah, kjer se delo odvija neodvisno od vremenskih pogojev, poleg tega pa lahko proizvodnjo natančno planiramo. Razvoj moderne

tehnologije nam omogoča, da točno določimo razmerja med komponentami betona, kar se odraža v sami kvaliteti prefabriciranega elementa.

Učinkovitost, ki se jo s tem doseže, se odraža v terminski določenosti gradnje montažnega objekta. Eno izmed težav predstavlja transport prefabrikatnih elementov. S cenejšo izdelavo elementa kljub temu dosežemo, da transport ne predstavlja stroškovno velikega deleža pri montažni gradnji, kar ima v primerjavi s tradicionalnim načinom za posledico zmanjšanje končnih stroškov same gradnje. Stroški montaže elementa so zaradi visoke stopnje prefabrikacije omejeni zgolj na postavljanje posameznega elementa na njegovo mesto in sidranje. Pri tem je potrebno paziti na primerno zmogljivost montažne naprave in težo prefabrikatnega elementa. Montažno gradnjo v jedru sestavljata dva procesa: predhodna izdelava vseh elementov v gradbenem obratu pri kontroliranih pogojih proizvodnje in končna montaža na gradbišču.

2.3.3 Prednosti in slabosti montažne gradnje s prefabrikati

Prednosti montažne gradnje s prefabrikati:

1. nižji stroški

- zmanjševanje uporabe gradbenih odrov na gradbišču
- skrajšanje časa proizvodnje na račun avtomatizacije in mehanizacije
- velike serije montažnih elementov znižujejo stroške opaža na račun njegove večkratne uporabe

2. večja kvaliteta izdelave

- konstanten nadzor kvalitete izdelave se lažje in učinkoviteje vrši tako v obratu kot tudi na gradbišču
- proizvodnja v obratu zagotavlja optimalne in neoporečne delovne pogoje
- boljši in kvalitetnejši način vgradnje betona

- montaža na terenu se izvaja pod nadzorom strokovnjakov

3. skrajšanje časa izdelave

- vpliv letnega časa se praktično izniči
- istočasnost izdelave različnih prefabrikatnih elementov
- vremenska neodvisnost izdelave v obratih

4. boljše obvladovanje gradnje

- optimalno planiranje del v vseh fazah
- zagotavljanje fiksne cene izdelave in montaže
- omogoča zanesljivejšo določitev termina izdelave in montaže

5. splošne prednosti

- etapna izgradnja
- možnost demontaže

Slabosti montažne gradnje:

- velika začetna vlaganja
- amortizacija le ob izdelavi velikih serij
- potrebna specializirana delovna sila
- potrebna kakovostna organizacija
- potrebna temeljita predpriprava dela
- omejena ponudba izdelkov
- težja prilagodljivost proizvodnje elementov
- stiki med montažnimi elementi

3 ŠED STREŠNI NOSILCI

Z novim montažnim AB strešnim elementom za konstruiranje šedastih streh (šed nosilec) bi v prihodnje v marsikaterem primeru nadomestili klasični dvokapni sistem, ki se danes največ uporablja za konstruiranje krova montažnih objektov. Zato je potrebno izpostaviti prednosti, ki bi jih s šed sistemom pridobili v primerjavi s klasičnim dvokapnim sistemom. Pri konstruiranju novih elementov se je dobro ozreti po primerih pozitivne prakse in jih predstaviti.

Opredeliti je potrebno tudi obliko novega montažnega armiranobetonskega strešnega elementa za konstruiranje šedastih streh ter glavne želje in zahteve, ki naj bi jih izpolnjeval, ter predstaviti nekatere splošne zahteve za oblikovanje in kreiranje le-tega.

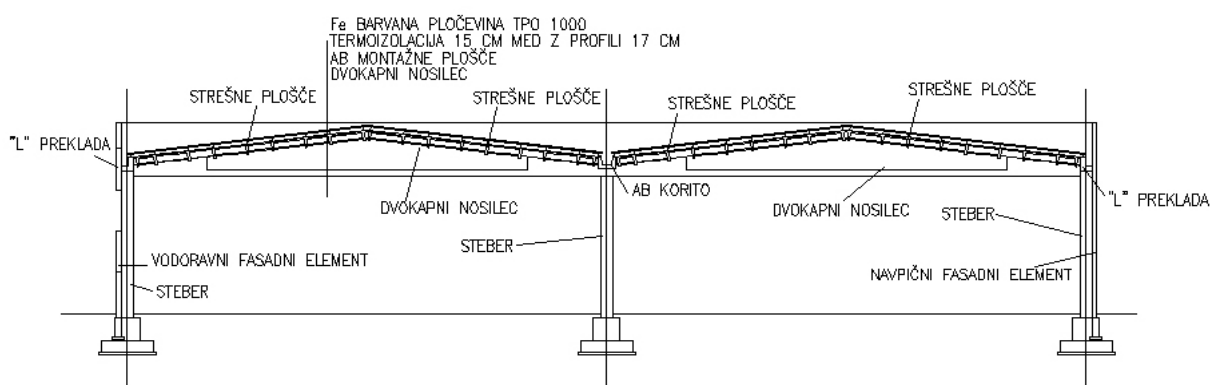
3.1 Primerjava med dvokapnim in šed strešnim sistemom

3.1.1 Število potrebnih delov za konstrukcijo in stroški

Klasični dvokapni sistem je v svojem jedru sestavljen iz več elementov. Glavni nosilni del predstavljajo razni "T" ali dvokapni nosilci različnih dimenzij, teže in nosilnosti, ki se fiksirajo na stebre. Na nosilec se polagajo strešne plošče, s katerimi se tvori strešna ploskev, ki jo na krajnih delih zaključujemo z različnimi elementi za odvod vode, kot sta "L" preklada in AB korito. Za konstrukcijo šed sistema se uporablja le šed nosilec, s katerim se tvori celotna strešina in elementi, na katere nalega na krajnih delih. Za naleg na krajnih delih se v večini primerov uporabljajo "H" in "T" nosilci. Razlika, ki se pojavi iz potrebnega števila elementov za tvorbo strešne konstrukcije, neposredno vpliva na stroškovni in časovni del montažne gradnje. Če ni vzporedne proizvodnje, se podaljša čas izdelave vseh potrebnih elementov, zaradi večjega števila elementov se poveča število prevozov na področje izvajanja objekta in čas montaže na delovišču. Zmanjšanje časa montaže šed nosilca je odvisna od ugodne rešitve načina zapiranja in konstruiranja stranskih površin šed strešnega sistema in rešitve odvoda vode na krajnem delu.

3.1.2 Kreiranje notranjosti objekta

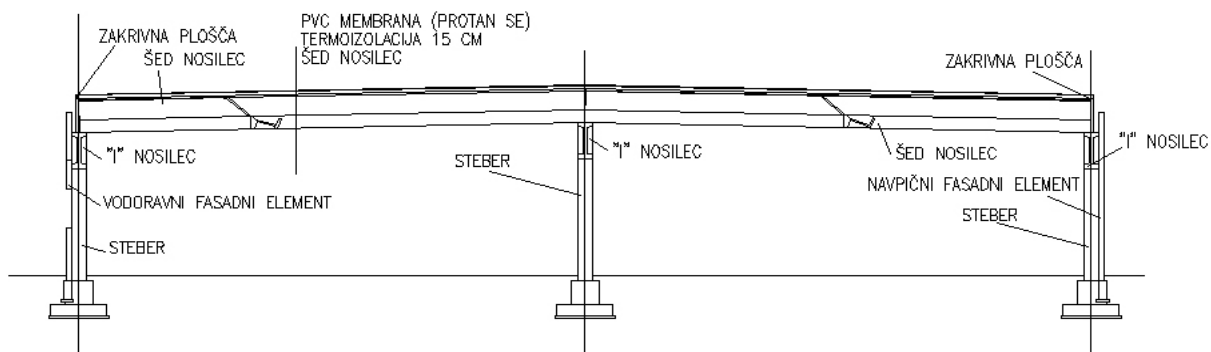
Raster stebrov v notranjosti (srednji del) je odvisen le od nosilnosti elementov, na katere nalega šed nosilec in ni pogojen s samo zasnovo strešne konstrukcije, kar zagotavlja doseganje bolj odprtih, prilagodljivih in enovitih prostorov. Na zunanjem fasadnem obodu je raster stebrov odvisen od maksimalne dolžine vodoravnih fasadnih elementov.



Slika 3. 1: Primer prereza klasičnega dvokapnega sistema

3.1.3 Odvod strešne vode

Dvokapni strešni sistem s svojim nagibom 12 % omogoča boljše odvodnjavanje kot šed sistem, pri katerem je nagib strešine izveden z najmanjšim nagibom 2 %. Pri šed nosilcih manjših razponov je mogoča montaža toplotne izolacije in kritine že v samem proizvodnem obratu za razliko od klasičnega sistema, kjer se izvaja na samem mestu gradnje, torej s tem ob ustrezni zaščiti in konstruiranju odpadejo nekateri problemi zaradi vremenskih vplivov. Neposredno se poveča kakovost vgradnje toplotne izolacije ter kritine, saj je ta izvedena pod večjim nadzorom, vendar je potrebno zagotoviti primerno skladiščenje do časa montaže, tj. vgradnje elementa.



Slika 3. 2: Primer prereza šed strešnega sistema

3.1.4 Zagotavljanje dnevne svetlobe v objektu

Šed strešni sistem že v osnovi zagotavlja boljšo osvetljenost notranjih prostorov v primerjavi s klasičnim sistemom. Pri uporabi klasičnega sistema se večji del dnevne svetlobe uvaja preko stranskih fasadnih površin in le manjši del preko strešnih ploskev (svetlobne kupole), kar pomeni neenakomerno prostorsko porazdelitev dnevne svetlobe. Vertikalni način uvajanja svetlobe je veliko boljši v zagotavljanju enakomerne časovne in prostorsko porazdeljene dnevne svetlobe.

Tabela 3. 1: Primerjava dveh strešnih sistemov

Primerjava dveh strešnih sistemov	Različna strešna sistema	
	Dvokapni strešni sistem (obstoječi sistem)	Novi šed strešni sistem (novi šed nosilec)
Pogoji in zahteve		
Zagotavljanje dnevne svetlobe v objektu	slabše zagotavljanje osvetljenosti notranjih prostorov, lateralno zagotavljanje svetlobe, svetloba neenakomerno porazdeljena	boljše zagotavljanje osvetljenosti notranjih prostorov, vertikalno zagotavljanje svetlobe, svetloba enakomerno porazdeljena ob nečistih oknih se osvetljenost zmanjša ob nabiranju snega se osvetljenost zmanjša

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje«

Odvajanje strešne vode	boljše odvajanje vode s strešine objekta (nagib strešine 12°)	slabše odvajanje vode s strešine objekta (nagib strešine 2°)
Nabiranje snega	sneg sam spolzi s strehe ali pa ga je potrebno počistiti	sneg je potrebno počistiti
Število delov za konstrukcijo strešine	večje število delov potrebnih za konstrukcijo strešine (dvokapni, "T", "H", "I" nosilci in strešne plošče)	en sam nosilni del za konstrukcijo strešine (novi šed nosilec)
Teža sistema	zaradi velikega števila delov za konstrukcijo strešine je le-ta težja, velik vpliv na podkonstrukcijo	lažji nosilec za konstrukcijo šed strešnega sistema, manjši vpliv na podkonstrukcijo
Izvedba toplotne izolacije, kritine	izvedba TI in kritine mogoča le na mestu montaže objekta	izvedba kritine in TI mogoča v proizvodnem obratu, boljša kakovost izvedbe, težje deponiranje in prevoz delov strešine (novi šed nosilec)
Čas montaže, izdelave	zaradi večjega števila delov je čas montaže in izdelave daljši	en sam del (novi šed nosilec), čas montaže in izdelave nosilnih delov krajši, montažo podaljša montaža svetlobnih površin (okna)

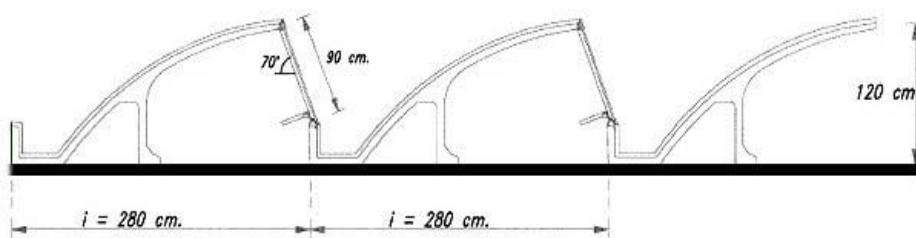
3.2 Primeri obstoječih montažnih šed nosilcev

Pri konstruiranju novega šed nosilca se je dobro opreti na primere pozitivne prakse, že obstoječe oblike in konstrukcijske rešitve. Z raziskavo, izvedeno preko svetovnega spleta, smo prišli do nekaterih proizvajalcev in njihovih rešitev glede uporabe novih šed nosilcev. Izmed vseh oblik in načinov so v naslednjem poglavju predstavljene tri rešitve različnih proizvajalcev, ki so se najbolj razlikovale po obliki nosilcev, njihovi izvedbi in konstruiranju celotnega strešnega sklopa s šed nosilci.

3.2.1 Prvi primer

Na sliki 3.3 je prikazan šed nosilec, ki ga proizvaja podjetje Nico Velo S.p.A. Njegova masa je 900 kg/m^1 . Z njim lahko doseženo razpone do 25 m in ga obremenimo s koristno obtežbo $1,30 \text{ kN/m}^2$. Zagotavlja ognjevarnost R90+120 min. Šed nosilec se izvede v enem mahu v celoti. Nosilec je prednapet.

Šed nosilec se pritrjuje na "I" nosilce, stransko ploskev pa se oblikuje z oblikovno prilagojenimi AB ploščami. Svetlobna površina je izvedena v nagibu 70° .



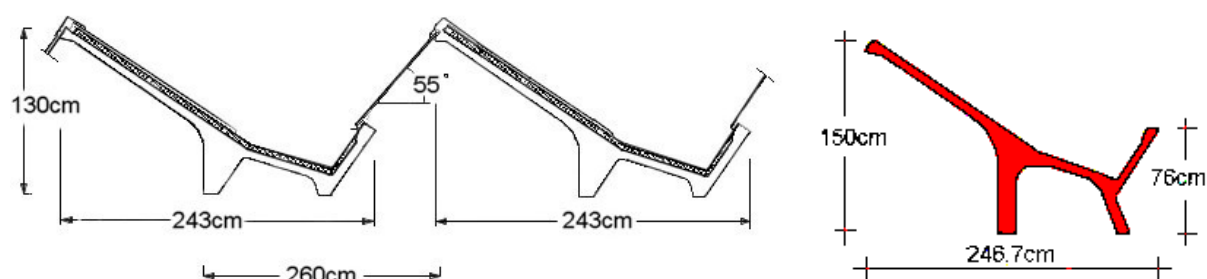
Slika 3. 3: Oblika prereza sistema



Slika 3. 4: Primer izgleda sistema

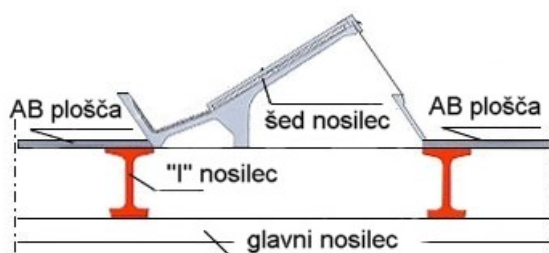
3.2.2 Drugi primer

Šed nosilec, ki ga proizvaja podjetje Prefabbricati Zanon, se uliva v enem mahu. Kot je razvidno na sliki 3.5, so njegove svetlobne površine konstruirane v nagibu 55° . Omogoča tudi višanje stojine, kar vpliva na razpon. V osnovni višini 130 cm je mogoče doseči maksimalni razpon 23 m, s povišanjem stojine pa tudi 30 m. Masa nosilca se giblje okoli 800 kg/m^1 .

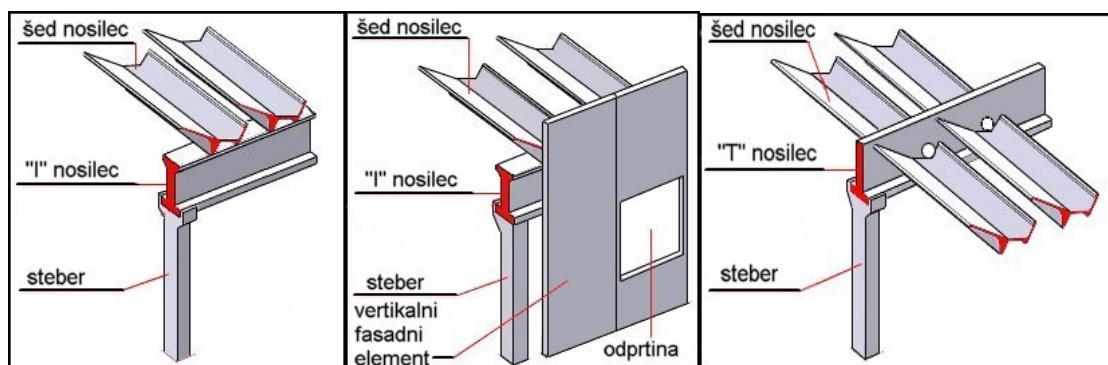


Slika 3. 5: Oblika prereza sistema Zanon

Iz slik 3.6 in 3.7 so razvidni načini in možnosti izvedbe naleganja na različne elemente, kot so "I" in "T" nosilci. Predstavljena je tudi mogoča kombinacija z ravno streho.



Slika 3. 6: Zasnova in kombinacija z ravno streho



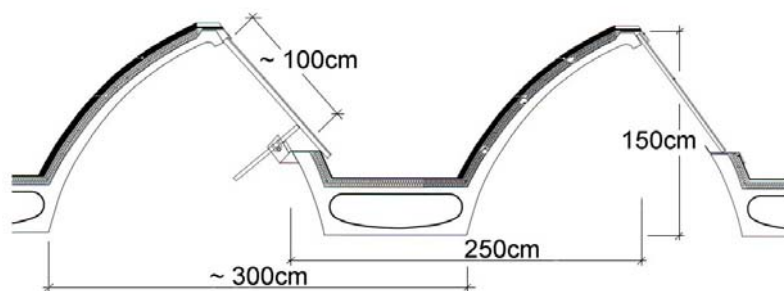
Slika 3. 7: Primeri montaže



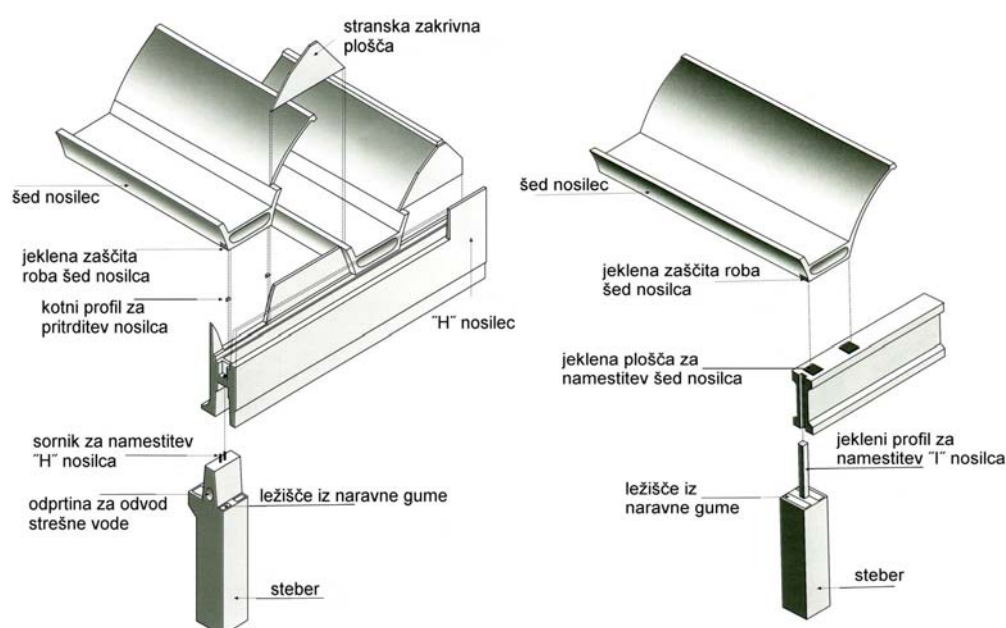
Slika 3. 8: Primer izgleda zunanosti in notranjosti sistema

3.2.3 Tretji primer

Masa šed nosilca, ki je prikazan na sliki 3.9 je 838 kg/m^1 in ga proizvaja podjetje Prefabbricati Pizzarotti. Njegov maksimalni razpon je 24 m in lahko prevzame obtežbe do $1,5 \text{ kN/m}^2$ ($0,20 \text{ kN/m}^2$ stalna + $1,30 \text{ kN/m}^2$ nezgodne obremenitve). Sestavljen je iz dveh delov, centralnega nosilca in cilindrične strešine, ki se v obratu ulijeta na en mah. Iz slike 3.10 je razviden način izvedbe stranskega naleganja in zakrivanja stranskih površin nosilca. Odvodnjavanje je izvedeno z minimalnim nagibom (2% ali 1°) šed nosilca.



Slika 3. 9: Oblika prereza sistema Pizzarotti



Slika 3. 10: Prikaz delov in montaže šed nosilca

3.2.4 Razlike med obstoječimi šed nosilci

Med vsemi oblikami in načini izvedbe šed strešnega sistema se razlike pojavljajo predvsem:

- v obliki
- v načinu izvedbe ulivanja nosilca
- v statični zasnovi
- v teži nosilca
- v dolžini osnih razponov, ki jih premoščajo

- v izvedbi krajnega nalega na nosilno konstrukcijo
- v načinu stranskega zaključevanja šed nosilca
- v načinu odvoda strešne vode

Oblikovno se šed nosilci razlikujejo predvsem po konstruiranju strešne površine, ki reflektira dnevno svetlobo v notranjost. Predstavljena sta dva primera, ko je strešna površina cilindrične oblike, in ena ravne. V tem primeru boljšo rešitev predstavlja cilindrična oblika, ker bolje razprši svetlobo kot ravna. V glavnih merah se vsi nosilci nahajajo v okviru dimenzij, dolžina 2.40 m - 2.80 m in višina 1.30 m - 1.50 m. Svetlobne površine (okna) se nahajajo znotraj dimenzij 80 cm - 110 cm. Predvsem zaradi majhnih dimenzij, v primerjavi z merami šed strešnih konstrukcij v preteklosti, se je tako zasnovanih samostoječih elementov oprijel naziv mikro šed nosilci.

Nosilci so izdelani enovito na en mah ali pa se izdelajo v delih, ki se z dodatnim litjem sestavijo v celoto. Vsekakor je boljša izvedba litja nosilca na en mah kot po delih, saj se s tem zmanjšajo možnosti napak. Lastna teža nosilcev se giblje od 8 kN/m¹ do 10 kN/m¹, medtem ko se maksimalni razponi nahajajo v območju od 10 m do 30 m. Glede na težo in razpon so nekateri nosilci prednapeti. Vsi nosilci omogočajo enostavno montažo na krajne nosilce, na katere nalegajo ("H", "I", "T" nosilci), vendar se razlikujejo po načinu zakrivljanja in zaključevanja stranskih površin. Le-te se zakrivajo na različne načine: z AB ploščami ali aluminijastimi fasadnimi paneli različnih oblik. Zaključevanje stranskih površin je mogoče reševati tudi s pomočjo posebnih oblik elementov, na katerega šed nosilec nalega. Odvodnjavanje strešnih površin se izvaja z minimalnimi nagibi nosilcev (1 %-2 %).

Razlike se pojavljajo tudi pri debelini in izvedbi toplotne izolacije. Debelina toplotne izolacije je odvisna predvsem od rabe prostorov, ki jih krijemo s takimi šed nosilci tako, da se nahaja v dimenzijah od 5 cm do 15 cm in v večini primerov ni konstantna po celotnem prerezu šed nosilca. V izboru kritine prednjačijo sodobne PVC ali EPDM membranske nebitumenske kritine in Al pločevina (profilirana, gladka). Pločevine se uporabljajo samo na delih nosilca, ki so pod večjim nagibom.

3.3 Splošno o svetlobi

Šed strešni sistemi so znani po tem, da s svojo obliko zelo dobro zagotavljajo dovod dnevne svetlobe v prostore, kar je tudi njihova velika prednost. Čeprav sta se s tehnološkim razvojem povečali uporaba in kakovost umetne svetlobe, je v človeku še vedno prisotna želja po bivanju in delu ob dnevni svetlobi. Pri dovajanju dnevne svetlobe je potrebno doseči enakomerno difuznost svetlobe in preprečiti pojav bleska v prostoru. Enakomerna osvetljenost delovnega mesta, izenačena tako prostorsko kot časovno, je bila vodilo, da so se šed strehe najprej pojavile na industrijskih obratih, kjer je dovolj osvetljeno mesto pogoj za kvaliteto in kvantiteto proizvodnje pa tudi za zdravo in varno počutje delavcev.

Dnevna osvetljenost se v prostoru menja tekom dneva in je enkrat slabša, drugič boljša.

Predvsem je dnevna svetloba v prostoru posredno odvisna od različnih faktorjev:

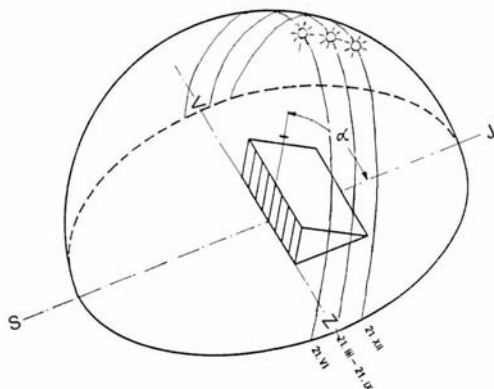
- geografskega položaja objekta
- orientacije objekta in notranjih prostorov
- vremenskih razmer
- letnega časa
- položaja, konstrukcije, velikosti okna
- čistoče steklenih površin
- oddaljenosti opazovanega mesta od zunanje osvetljene površine okna
- vrste stekla
- vpadnega kota svetlobe
- od ritma zobov šed strehe
- konstrukcije zgradbe

3.3.1 Vplivi na zagotavljanje dnevne svetlobe

3.3.1.1 Vpliv velikosti in nagiba okna

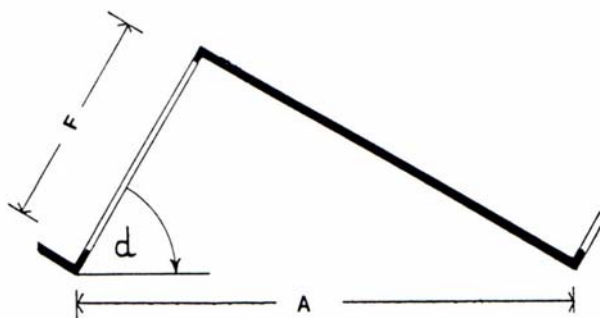
Severna svetlobna površina je lahko pri šed strešnih sistemih tako v navpičnem položaju kot pod kotom. Ta kotni nagib je omejen s položajem sonca v poletnem solsticiju (glej sliko 3.11)

in za naše geografsko področje ne sme biti manjši od 70° , se pravi, da mora biti v poletnem solsticiju vzporeden s sončnimi žarki. Pri manjših kotih bi sicer prišlo do neposredne osvetlitve sonca v notranjosti hale.



Slika 3. 11: Položaj sonca v času poletnega solsticija določa največji mogoči nagib svetlobne površine (α)

Kljub pravilnemu nagibu bo v določenih delih leta prišlo do upada osončenja predvsem zaradi različnega položaja sonca na nebu. V tem primeru bo vseeno prišlo do direktnega osončenja v jutranjih in poznih večernih urah dneva. Ti skrajni položaji z vso verjetnostjo ne bodo vplivali na pojav bleska na delovnem mestu, že zaradi vremenskih omejitev in same zasnove šed strehe. Na osončenje z zagotovostjo vplivajo tudi razlike med vremenom skozi letne čase.

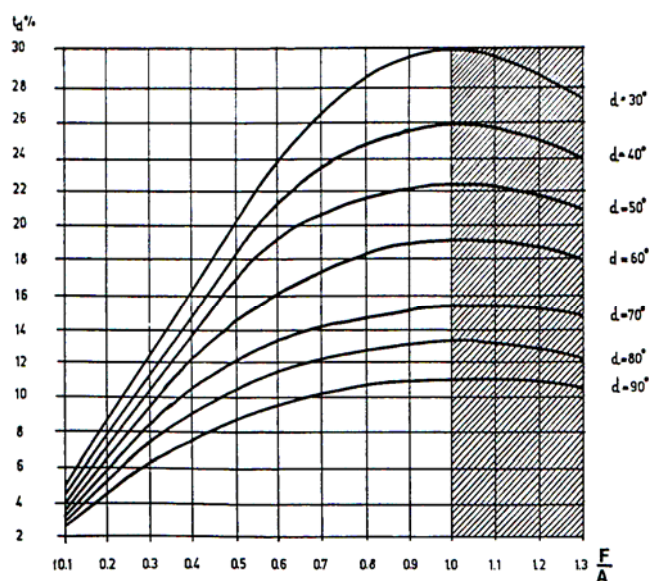


F [m] - dolžina svetlobne odprtine

A [m] - dolžina zoba šed konstrukcije

α [°] - nagib svetlobne odprtine

td [%] - povprečni dnevni svetlobni učinek

Slika 3. 12: Diagram $td - \alpha - F/A$

Količina povprečnega dnevnega svetlobnega učinka td [%], je odvisna od nagiba okenske površine α , istočasno je z nagibom površine določeno tudi njeno dimenzioniranje. Zanimivo je to, da je vrednost dnevnega svetlobnega učinka pri razmerju $F/A=1$ največja in da vsako nadaljnje povečevanje okenske površine samo zmanjšuje osvetljenost v hali, kot je razvidno iz diagrama na sliki 3.12.

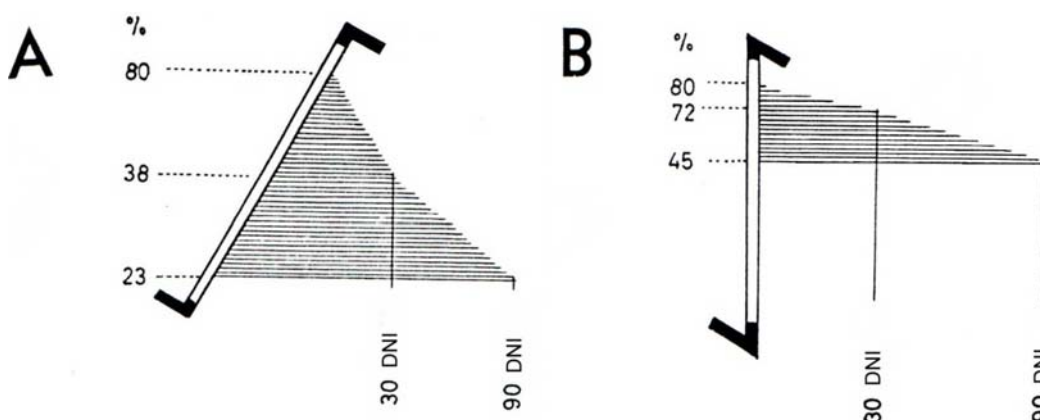
Diagram $td - \alpha - F/A$ na sliki 3.12 je rezultat raziskovanja francoskega arhitekta Salomona.

Dimenzioniranje okenske površine se zaradi pravilne osvetlitve na delovnem mestu in racionalne uporabe energije naslanja samo na izračun dnevne osvetlitve. Samo tako je mogoče dobiti najmanjšo okensko površino, ki bo izpolnjevala zahtevane minimume notranje osvetlitve in najracionalnejšo notranjo kubaturo šed hale.

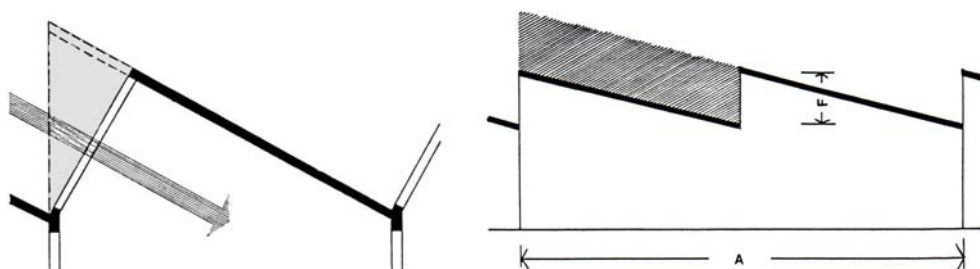
V pregledovanju termičnih in zračnih dejstev se izkaže, da se bo vertikalna površina manj negativno odražala v primeru poletnega pregrevanja industrijskih hal, kljub temu da so šed strešni sistemi orientirani samo proti severu.

3.3.1.2 Vpliv čistoče steklenih površin

Podatki o padanju intezitete osvetljenosti pri transmisiji skozi nagnjene ali navpične okenske površine v odvisnosti od stopnje zamazanosti stekel, ki jih je zbral Nojfert, so prikazani na sliki 3.13. Raziskave so se vršile v obdobju treh mesecev. V primeru nagnjenih svetlobnih površin šed strehe A so se v obdobju enega meseca od zadnjega čiščenja okna pojavile izgube do 62 %. Pri istem časovnem razdobju je pri navpični ravni površini B prišlo le do 28 % zmanjšanja. V tem primeru je seveda potrebno povedati, da se v industriji steklene površine ne čistijo tako pogosto, večkratno čiščenje pa pomeni strošek.



Slika 3. 13: Primerjava vpliva zamazanosti stekel



Slika 3. 14: Odvečna kubatura

Pri vertikalni okenski površini se pojavi odvečna izgrajena kubatura. Kljub različnim dimenzijam pri vertikalni okenski površini v primerjavi s poševno bi morala biti osvetljenost v obeh primerih enaka. Za območje delovnega procesa ni pomembna višina okenske površine, ampak njegova projekcija na normalno točko opazovanja.

Obstajajo razlike med vertikalnim in nagnjenim okenskim površinam: glede osvetljenosti prostora, glede konstruktivnega sklopa in glede na način dimenzioniranja šed hale.

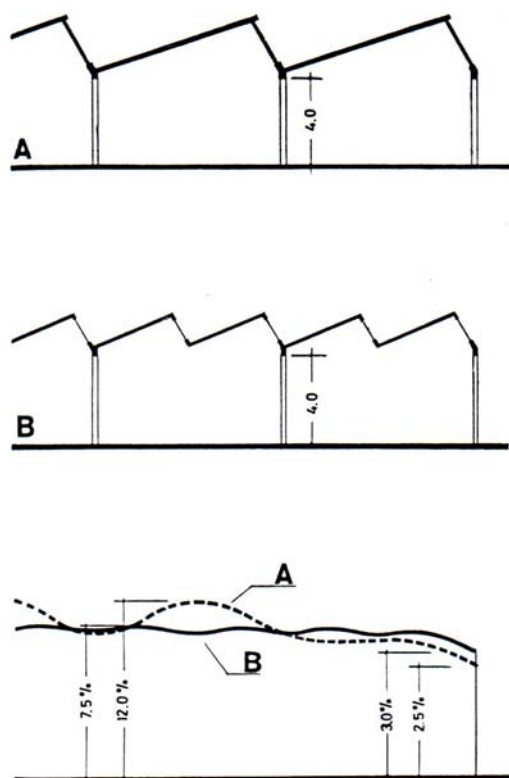
3.3.1.3 Vpliv vrste stekla

V preteklosti se je nagnjena okenska površina zastekljevala z armiranim steklom tako, da v oknu ni bilo horizontalnih prečk. Okno je bilo v celoti iz enega dela. S tem se je doseglo tekoč odliv atmosferskih vod. Pri vertikalnih okenskih površinah je bilo tako mogoče uporabiti navadna stekla z večjim koeficientom prepustnosti svetlobe kot pri nagnjenih, pri katerih se zaradi njihove armature tako pojavijo izgube. Pri tem je v primerjavi z vertikalno nagnjena okenska površina večja ter tako posredno dovoljuje večjo osvetljenost.

Razvoj stekla in drugačni načini montaže so pripeljali do tega, da se danes za strešna okna uporablja veliko boljše steklo z večjo propustnostjo dnevne svetlobe in trdnostjo.

3.3.1.4 Vpliv zgoščevanja ritma na osvetljenost

Določeni razponi, ki izhajajo iz želje po konstrukciji z manj stebri v smeri sever-jug odražajo negativen vpliv na okensko površino. Tako se v primeru uporabe starejših načinov konstruiranja šed strešnih sistemov dobijo veliki mrtvi prostori med zobmi šed strehe, s tem se v isti smeri pojavi tudi neenakomerna osvetlitev. Eksperimenti in izračuni so pokazali, da je enakomernost osvetlitve pri šed strehi v neposredni odvisnosti od ritma postavljanja okenskih površin. Tem gostejši je ritem, torej svetlobne površine na manjših razdaljah, toliko večja je prostorska izenačenost dobljene osvetlitve. Prekomerno zgoščevanje ritma je na starejših načinih tvorbe šed streh pripeljalo do konstruktivnih problemov, torej je bilo potrebno najti razumno razmerje med velikostjo šed zoba in ritmom zob.



Slika 3. 15: Zgoščevanje ritma svetlobnih površin

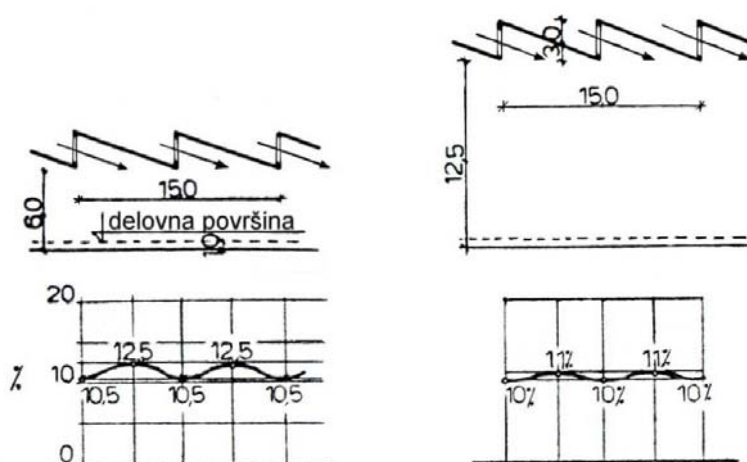
Črta nihanja vrednosti svetlobnega učinka osvetlitve opazovane v smeri sever-jug v odvisnosti ali je nad enim razponom eden A ali dva B zoba, je prikazana na sliki 3.15. Z zgoščevanjem ritma severnih okenskih površin šed konstrukcije se doseže večja prostorska izenačenost osvetlitve.

S tem, da nad enim razponom postavimo več zob šed konstrukcije, se znatno zmanjša skupna prostornina izgrajenega delovnega prostora in doseže bolj enakomerno dnevno osvetlitev.

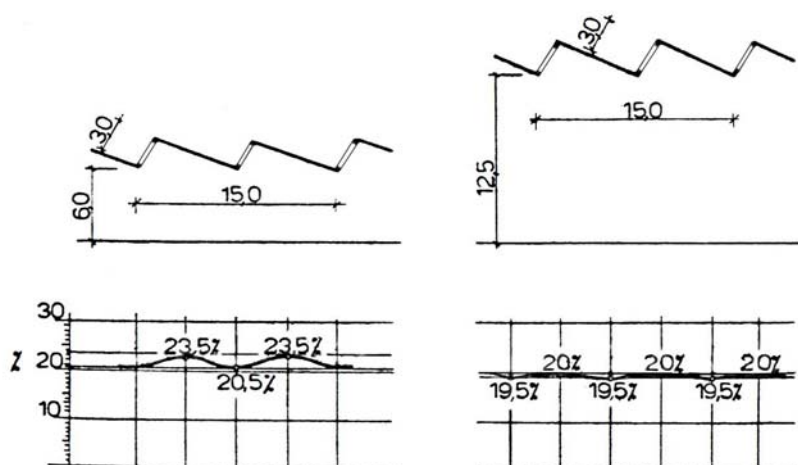
3.3.1.5 Vpliv oddaljenosti in nagiba okenske površine od ravnine delovnega mesta

Na črto nihanja vrednosti svetlobnega učinka osvetlitve opazovane v smeri sever-jug vpliva tudi oddaljenost strešne površine od delovne površine.

Iz navedenih diagramov je mogoče sklepati, da je pri večji višini strešne konstrukcije vrednost svetlobnega učinka oslabljen v primerjavi z nižjimi zgradbami, zato pa je bolj izenačena. Stopnja osvetljenosti delovnih prostorov je v odvisnosti od razmerja svetlobnih površin v odnosu na celotno strešno površino. Več kot je svetlobnih površin, večja je tudi stopnja osvetljenosti prostorov.



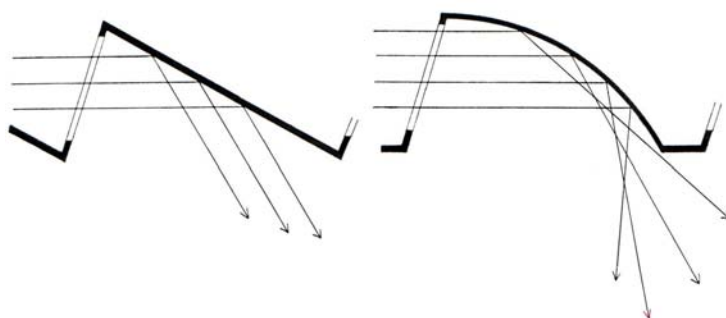
Slika 3. 16: Osvetljenost delovne površine v primeru vertikalne svetlobne površine pri različnih višinah



Slika 3. 17: Osvetljenost delovne površine v primeru svetlobne površine v nagibu pri različnih višinah

Diagrami na sliki 3.16 in 3.17 kažejo, da je poševna svetlobna površina v primerni oddaljenosti od delovne površine boljša kot vertikalna postavitev svetlobne površine.

3.3.1.6 Vpliv oblike strešine konstrukcije



Slika 3. 18: Sipanje svetlobe glede na obliko strešine

Pri cilindričnih oblikah šed konstrukcije so delovni prostori zelo prijetni, saj je notranji prostor zelo odprt in čist. Notranja cilindrična površina omogoča zelo dobro razsipanje prejete svetlobe, kar daje še bolj enakomerno osvetlitev. Ravna nagnjena površina žagastih streh odbija prejeto svetlobo v eni smeri, medtem ko cilindričen strop v vse smeri.

3.4 Splošno o toplotni izolativnosti

Strešni konstrukcijski sklop, ki ga hočemo razviti, mora izpolnjevati tudi predpise in standarde glede zagotavljanja ustrezne toplotne izolativnosti. Toplotna izolacija nam s svojim delovanjem zagotavlja udobno prostorsko klimo in pravilno ter trajno delovanje konstrukcije. Zagotavlja tudi zmanjšanje stroškov glede ogrevanja in vzdrževanja zaradi manjših poškodb na gradbenih konstrukcijah. Njena naloga je preprečiti tvorjenje kondenza in ustvarjanje vlage na in v elementih, kar bi imelo za posledico zmanjšanje uporabne sposobnosti zgradbe. V sami zgradbi je treba kljub spremenljivim klimatskim vplivom v letnem in zimskem času zagotoviti ugodno toplotno počutje in bivanje njenih uporabnikov.

Še pred leti se je uporabljala le minimalna toplotna izolacija, a znanstvene študije in razvoj so pripeljali do ugotovitev, da jo je potrebno povečati. Zaradi bolj gospodarnega načina izoliranja se je prijel naziv "ekonomska" toplotna izolacija. Ta je edina, ki izpolnjuje vse pogoje, potrebne za trajnost konstrukcije, in zagotavlja ugodne bivalno delovne pogoje.

Prednosti dobre izolacije so:

- zmanjšuje stroške pri uporabi klasičnih materialov
- zmanjšuje stroške pri napravah za ogrevanje
- zmanjšuje stroške pri uporabi energije za ogrevanje
- zmanjšuje onesnaževanje okolja

Pri pravilnem dimenzioniranju toplotne izolacije strešne konstrukcije je za merodajnega bolje vzeti "letni" in ne "zimski" režim. Letni režim zahteva boljšo toplotno zaščito. Poleti se namreč pojavijo problemi pregrevanja objekta in konstrukcije. Pregrevanje vpliva na poslabšanje bivalnega, delovnega ugodja, posledice pa pušča tudi na konstrukciji, kjer lahko nastanejo razpoke zaradi prevelikega krčenja in raztezanja. Ob tem seveda ne smemo pozabiti, da nam pravilna in kakovostno vgrajena toplotna izolacija v zimskem času prinese prihranke pri ogrevanju. V zimskem obdobju nam pri regulaciji toplotnih razmer koristi tudi masivnost in akumulacijska sposobnost materialov konstrukcije. Ko se prostor ohladi, ti elementi oddajajo akumulirano toploto nazaj v prostor in s tem zagotavljajo dobro počutje.

Pri oblikovanju toplotne izolacije se je še posebej potrebno izogibati toplotnih mostov. Točkovni ali linijski toplotni most se pojavi na mestu, kjer toplota neovirano prehaja skozi konstrukcijo. V primeru šed strešnega nosilca se pojavijo možnosti za tvorbo toplotnega mosta predvsem na mestih, kjer so na nosilce pritrjena okna in krajnih mestih, kjer nosilec nalega na vzdolžne nosilne elemente (glej sliko 3.19).

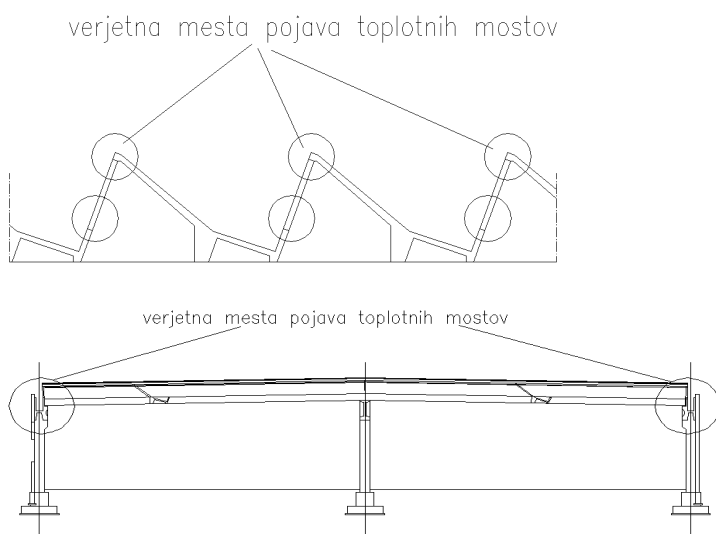
Na mestih, kjer so toplotni mostovi, pride do sprememb v smeri toplotnega toka, ker ta vedno odteka s toplejših na hladnejša mesta. Na vplivnem območju toplotnega mostu se toplotni tok poveča in povzroči znižanje površinske temperature na notranji strani konstrukcijskega sklopa. Zaradi nizke temperature na stiku med konstrukcijo in segretim zrakom pride do

nastanka kondenza. Le-ta pa v nadaljevanju pušča posledice in poškodbe tako na konstrukciji kot na ugodnih bivanjskih razmerah.

Primeri poškodb in posledic:

- porušitev gradbenih elementov zaradi korozije
- zmanjšanje trdnosti gradbenih materialov
- luščenje ometa, laka, tapet
- pojav plesni in s tem povezanih nehygienskih razmer
- sprememba toplotne prevodnosti izolacijskih materialov

Toplotni mostovi imajo večji ali manjši vpliv na konstrukcijo, toplotno bilanco stavb in ugodje z bivalnega, estetskega ter zdravstvenega stališča.

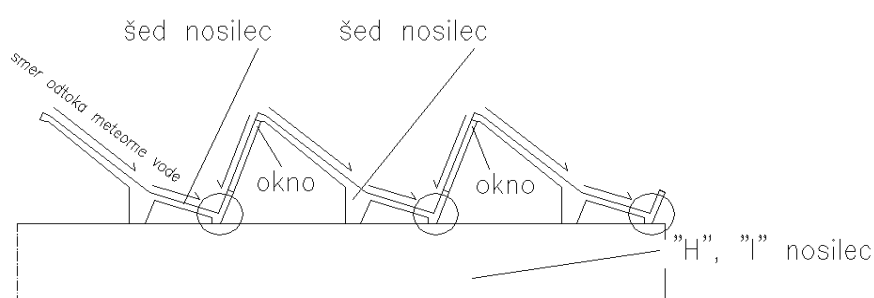


Slika 3. 19: Verjetna mesta pojava toplotnih mostov

3.5 Splošno o odvodu strešne vode

Streha predstavlja zgornji zaključni del stavb, ki jih varuje pred vremenskimi vplivi. Ena glavnih funkcij strešnega sklopa je odvod meteorne vode, ki mora biti čim lažji in tem hitrejši. To funkcijo omogočimo s pravilnim projektiranjem naklona strešine in z izbiro prave kritine.

Pri šed strehah je še posebej izpostavljen problem odvodnjavanja meteorne vode. Kot je razvidno na sliki 3.20, se problemi z odvodnjavanjem ne pojavljajo v prečni smeri nosilca, ampak v njegovi vzdolžni liniji. Ta se vrši po najnižji točki nosilca, v obkroženem delu na sliki 3.20, torej v stičišču dveh strešnih ploskev. V tem primeru je potrebno preveriti obstoječe konstrukcijske možnosti za doseg minimalnega naklona in tega podrobneje predstaviti. Ta rešitev ne sme oteževati kasnejše izvedbe toplotne izolacije in kritine ali kakorkoli negativno vplivati na sam nosilec.



Slika 3. 20: Smeri odtoka meteorne vode v prečni smeri nosilca

3.6 Splošno o kritini

Velik delež pri oblikovanju in izpolnjevanju funkcije strehe nosi kritina. Pri njej je pomembno, iz katerega materiala je izvedena in na kakšen način jo je mogoče vgraditi na strešino. Pri izbiri pa je še posebej pomemben naklon strešine.

Dober krovni material naj bi izpolnjeval sledeče kriterije:

- je odporen proti vremenskim vplivom
- je odporen proti poškodbam
- je trajen
- je lahek
- ga je lahko vgrajevati
- zamenjava dotrajanih, poškodovanih elementov mora biti enostavna
- je odporen proti ognju

V gradbeništvu ločimo dve vrsti kritine:

- odvajalno kritino
- gostilno kritino

Odvajalna kritina je sestavljena iz posameznih elementov in vgrajena v obliki lusk. Njena uporaba je omejena na strešine z večjim naklonom, tako da voda lahko nemoteno odteka z nje.

Gostilna kritina je v osnovi izvedena s hidroizolacijskimi materiali, kot so nebitumenske sintetične folije – trakovi, ki so narejeni na bazi PVC-ja ali EPDM-ja. Za odvod vode s take kritine so potrebni le minimalni nakloni strešine (1 %–2 %). Pretežno se uporablja za kritje ravnih ali terasastih streh. Omogočajo enostavno vgradnjo.

3.7 Pogoji in zahteve pri oblikovanju novega montažnega AB strešnega elementa za konstruiranje šedastih streh

Iz predstavljenih pozitivnih primerov uporabe šed nosilcev so se izoblikovale zahteve in pogoji, katerim mora zadostiti novi montažni AB strešni element za konstruiranje šedastih streh. Novi montažni AB strešni element za konstruiranje šedastih streh mora ustrezati tudi že obstoječemu programu prefabriciranih AB elementov družbe Primorje.

Oblika: Šed nosilec mora biti oblikovno enostaven. V obliko je potrebno vkomponirati dele, ki tvorijo strešino, in dele, ki zagotavljajo premagovanje statičnih obremenitev nosilca. Nosilec mora imeti konstanten prerez po celi dolžini. Oblika mora omogočiti izvedbo elementa v enem delu. Glavne mere nosilca se morajo nahajati znotraj višine 1.50 m in dolžine 2.80 m. Svetlobne površine naj v optimalnem stanju zagotavljajo prerezno višino od 90 cm do 100 cm.

Teža: Lastna teža novega šed nosileca mora biti čim nižja in naj ne bi presegala 10 kN/m¹. Teža vpliva na obremenitev in izbiro nosilcev podkonstrukcije, na katere bo šed nosilec nalegal, ter na statično zasnovo nosilca.

Dolžina, razpon: Maksimalni potrebni in uporabni razpon, ki naj bi ga dosegli z novim AB strešnim elementom za konstruiranje šedastih streh, naj bi se gibal v mejah od 10 m do 20 m. Razpon je odvisen od razpoložljivih proizvodnih kapacitet in od potreb objekta, na katerem se bo nahajal, in od dejavnosti, ki se bo v njem odvijala. Razpon posredno vpliva na lažje konfiguriranje notranjosti objektov ter poveča njegovo uporabnost pri snovanju objektov. Vpliva tudi na samo statično zasnovo šed nosilca.

Statična zasnova: Pri krajših razponih naj bo nosilec klasično armiran, pri daljših razponih je potrebno omogočiti prednapetje.

Kompatibilnost: Nosilec mora biti kompatibilen z že obstoječim programom montažnih objektov družbe Primorje. Za njegovo naleganje na krajnih delih je potrebno rešitve poiskati v že obstoječih montažnih izdelkih, kot so npr. "I", "H" in "T" nosilci.

Montaža: Zagotoviti moramo čim enostavnejši način pritrdjevanja, montaže šed nosilca na že obstoječe izdelke. Pritrdjevanje naj bi se izvedlo s sidri, profiliranim jeklom ali vijakom. Preko montaže je potrebno zagotoviti prilagodljivost glede na potrebe prostora po dnevni svetlobi in na oblikovne zahteve montažnega objekta.

Toplotna izolacija, hidro izolacija, kritina: Na nosilcu se mora zagotoviti lahko konfiguriranje in izvedbo vseh treh slojev. Omogočati mora tudi izvedbo slojev v samem proizvodnem prostoru. Toplotna izolacija mora zagotavljati pogoje t.i. ekonomične toplotne izolacije. Kritina mora biti pohodna in enostavna za izvedbo.

Zagotavljanje dnevne svetlobe: Šed nosilec mora kar se da dobro zagotavljati enakomerno porazdelitev svetlobe tako prostorsko kot časovno. Dovoljevati mora tudi prilagajanja glede na potrebe prostorov, nad katerimi se uporablja.

Izdelava: Šed element mora biti izdelan kompaktno, torej se mora ulivanje izvajati v enem mahu.

4 PREDLAGANI NOVI MONTAŽNI AB STREŠNI ELEMENT ZA KONSTRUIRANJE ŠEDASTIH STREH

V tem sklopu diplomske naloge je predstavljen novi montažni AB strešni element za konstruiranje šedastih streh, ki ga lahko imenujemo tudi novi šed nosilec. Upošteval sem pozitivne lastnosti že obstoječih šed nosilcev in splošne zahteve, ki so postavljene v tretjem poglavju. V posameznih delih tega poglavja sem najprej obdelal splošne zahteve za vsako področje in nato navedel, kako te pogoje izpolnjuje novi šed nosilec.

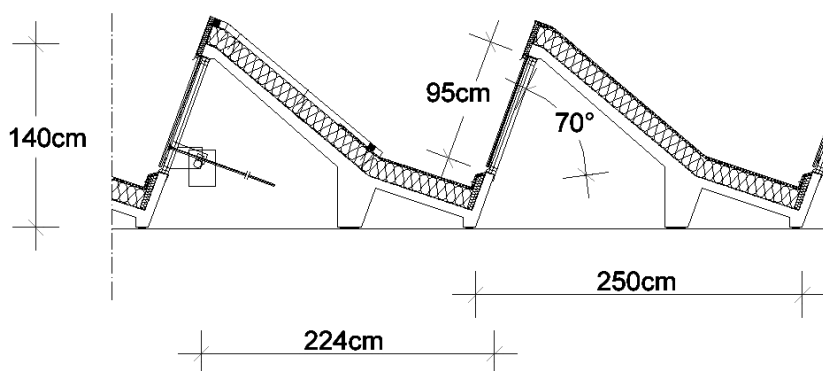
Deli poglavja:

1. Izbor oblike, prerez, dimenzije in teža
2. Zagotavljanje dnevne svetlobe
3. Toplotna izolativnost
4. Odvod strešne vode
5. Kritina
6. Montaža, kompatibilnost s sistemom montažnih objektov družbe Primorje
7. Statična zasnova
8. Dimenzioniranje
9. Izdelava novega šed nosilca

4.1 Izbor oblike, prerez, dimenzije in teža

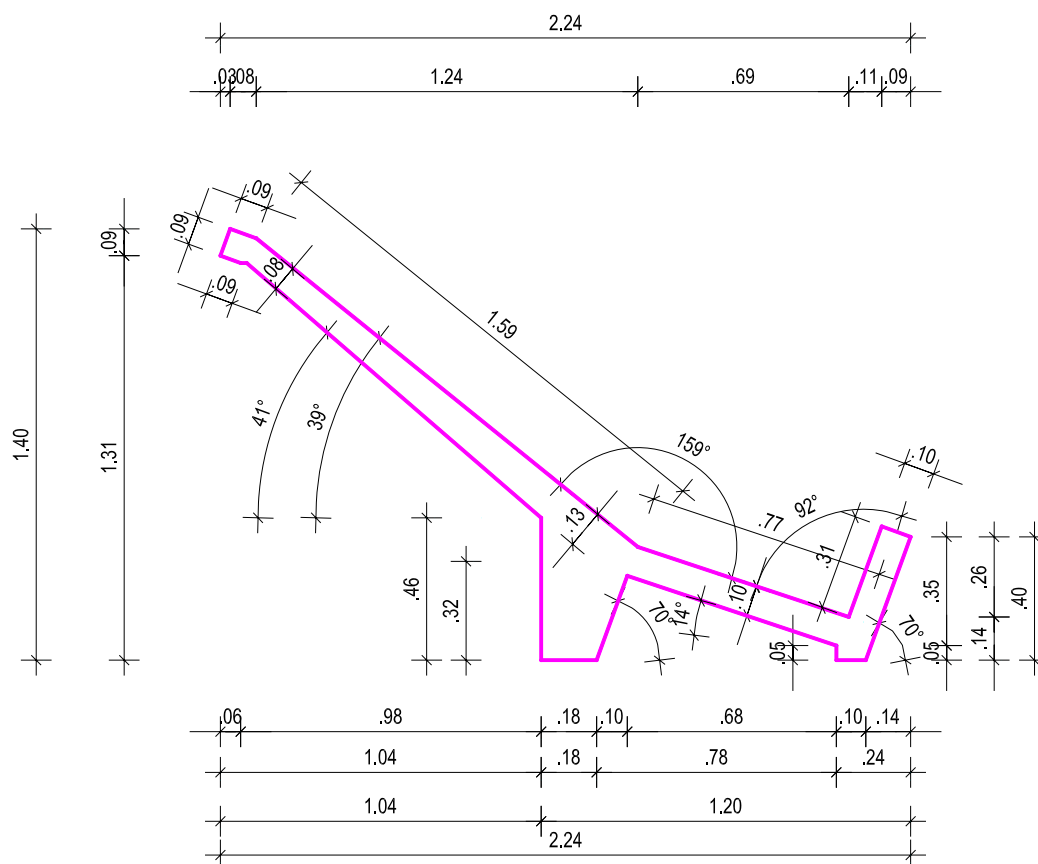
Na izbor oblike prereza novega šed nosilca je vplivala moja lastna presoja, ki sem si jo ustvaril na podlagi informacij, podatkov, ki sem jih zbral med raziskavo in primerjavo obstoječih rešitev šed nosilcev, ter zahteve in želje bodočega proizvajalca. Delno je na to, da sem se odločil za obliko podobno šed nosilcu Z-Shed proizvajalca Prefabbricati Zanon, vplivalo dejstvo, da sem si lahko primer uporabe in izdelave takšnega šed nosilca tudi ogledal. Oblikovno je novi šed nosilec enostaven in v končni arhitekturi tvori klasično žagasto obliko. Nosilec ima konstanten prerez po celi dolžini. Modeliran je z nosilci in strešino, ki ima s

svojem nagibom funkcijo odvoda strešne vode ter osvetlitev. Glavne mere nosilca so višina 1.40 m in dolžina 2.24 m, medtem ko se njegov osni razpon (10 m do 25 m) prilagaja potrebam grajenih objektov. Dimenzijo in obliko novega šed nosilca smo določili v dogovoru z bodočim proizvajalcem glede na zmogljivost proizvodnje, in sicer tako, da je sklenjen kompromis med čim lažjo izdelavo kalupov in samega nosilca ter med optimalnim zagotavljanjem vertikalne dnevne svetlobe v prostoru. V optimalni konfiguraciji strehe znaša razdalja med nosilci 2.50 m. Takšna zasnova omogoča tvorbo svetlobne površine (okna) pod kotom 70° , kar je najbolj ugodna rešitev za geografski položaj, kjer se bo nosilec uporabljal (Slovenija, Italija, Hrvaška). Dimenzije šed nosilca omogočajo, da je modul enega šed zoba 2.50 m. Zaradi majhnih dimenzij se uvršča med t. i. samostoječe mikro šed nosilce. Ti nosilci dajejo zelo ugodne rezultate pri zagotavljanju vertikalne dnevne svetlobe v prostoru.



Slika 4. 1: Oblika prereza novega šed nosilca

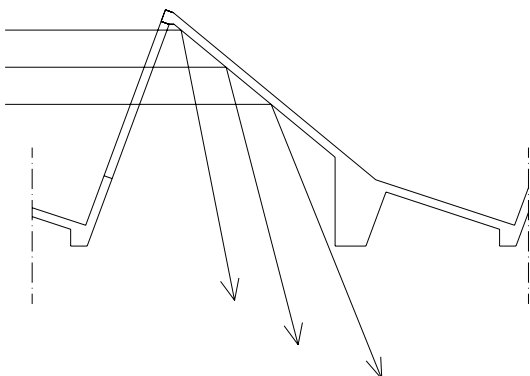
Masa nosilca je 822 kg/m^1 . Novi šed nosilec preko svoje zasnove in oblike dovoljuje izdelavo v enoviti obliki (ulije se ga v celoti).



Slika 4. 2: Detajl novega šed nosilca z merami

4.2 Zagotavljanje dnevne svetlobe z novim šed nosilcem

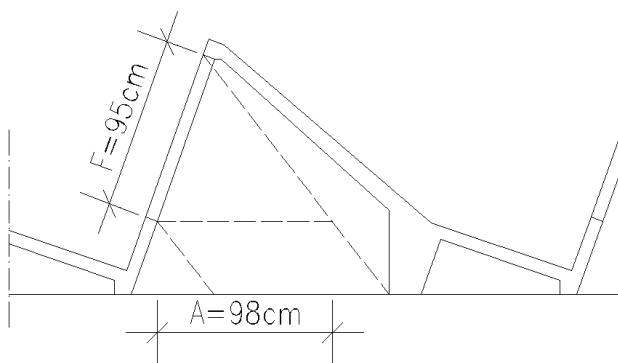
Pri oblikovanju in konstrukciji strešnega šed sistema je potrebno upoštevati zahteve, ki so definirane v poglavju 3.3, kajti ena izmed poglavitnih funkcij šed nosilcev je kakovostno zagotavljanje in sipanje dnevne svetlobe. Te zahteve so se definirale z meritvami ali pa imajo empirične osnove. Čeprav ima novi šed nosilec ravno obliko strešine, ki slabše sipa dnevno svetlobo, je kakovostna osvetljenost zagotovljena z zgoščenim ritmom njegove postavitve na podkonstrukciji. Končni rezultat je kompromis med vsemi postavljenimi pogoji in naj bi predstavljal najboljše rešitev.



Slika 4. 3: Sipanje svetlobe pri novem šed nosilcu

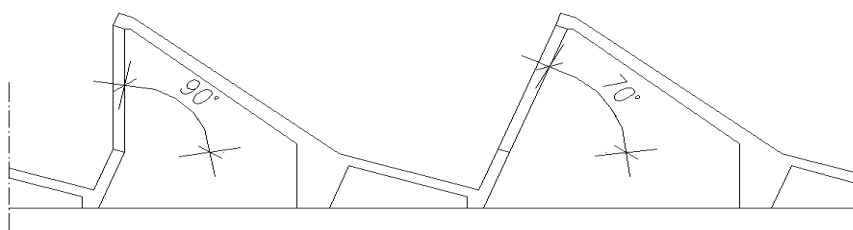
4.2.1 Faktor F/A

Pri konstruiranju šed nosilca je dobro zagotoviti primerno velikost, višino svetlobne površine (okno), ker se s tem povečuje ali zmanjšuje količina povprečnega dnevnega svetlobnega učinka t_d [%], ki je odvisen od nagiba α in faktorja F/A . Pri določenem nagibu oken si želimo čim bolj približati faktorju $F/A=1$, ker je to optimalno razmerje, ki ob vseh kotih nagiba oken in strešine daje maksimalni povprečni dnevni svetlobni učinek. V primeru novega šed nosilca je nagib oken $\alpha = 70^\circ$ in faktor $F/A=0,97$. Iz diagrama na sliki 3.12 lahko odčitamo vrednost povprečnega dnevnega svetlobnega učinka, ki je praktično enaka idealnemu razmerju ($t_d=15.5$ %), saj znaša $t_d=15,4$ %.

Slika 4. 4: Razmerje F/A pri novem šed nosilcu

4.2.2 Nagib svetlobne površine in oblika strešine

Izbira nagiba svetlobne površine je odvisna predvsem od želene kakovosti in količine osvetljevanja notranjosti prostora. Kakovost in kvaliteta dnevne osvetlitve v prostoru ni odvisna toliko od višine svetlobne površine, ampak od njene projekcije na normalo opazovanja. Večanje projekcije je mogoče doseči z različnimi nagibi svetlobne površine, z manjšanjem kota nagiba se projekcija povečuje in s tem večja povprečni dnevni svetlobni učinek, kar je zelo ugodno. Vendar smo pri konstruiranju nagiba omejeni z negativnimi dejavniki, ki se kažejo pri zamazanosti stekel, kajti čim manjši je nagib, tem hitreje se stekla zamažejo in zmanjša se njihova propustnost svetlobe (povečajo se stroški čiščenja). Iz tega je potrebno iskati kompromisne rešitve pri nagibu oken, ki naj bi se v primeru novega nosilca nahajal med 70° do 90° (glej sliko 4.5). Novi šed nosilec nam to možnost dopušča. Prilagoditi je potrebno le pritrdjevanje na krajno nosilno konstrukcijo in montažo ter velikost oken.



Slika 4. 5: Varianti nagiba svetlobne površine

Za novi šed nosilec je izbran optimalni nagib svetlobne površine 70° , ker v tem primeru daje najboljše rezultate osvetljevanja notranjosti objekta in je jasno definirano pritrdjevanje in kontinuirano nameščanje na nosilno krajno konstrukcijo.

Oblika strešine na zagotavljanje dnevne svetlobe vpliva z razsipanjem le-te, kar pa ob gostem ritmu šed nosilcev in s tem svetlobnih površin nima velikega vpliva na osvetlitev.

4.2.3 Ritem postavljanja novega šed nosilca in višina objektov

Obstoječe raziskave vpliva ritma postavljanja zob šed strešnih sistemov na kakovost dnevnega osvetljevanja delovne površine so bile narejene za starejši način konstruiranja takšnih oblik, vendar lahko potegnemo vzporednice tudi z novim šed nosilcem.

Novi šed nosilec se preko svoje konstrukcije uvršča med mikro šed nosilce in z njim je mogoče tvoriti dokaj gost ritem postavljanja. Zgoščeni ritem postavljanja zelo dobro vpliva na enakomerno in kakovostno zagotavljanje osvetlitve z dnevno svetlobo. Na razponu 15 m, v smeri sever–jug, pri katerem se je v preteklosti tvorilo en do tri zobe šed strešnega sistema, omogoča lahko tvorbo šestih ali več zob.

Iz obstoječih raziskav je mogoče tudi razbrati, da je kakovost zagotavljanja dnevne osvetlitve odvisna od oddaljenosti šed svetlobne površine (oken) od delovne površine ali od višine objekta. Zato naj bi bil novi šed nosilec primeren za uporabo pri objektih, pri katerih se višina objekta in s tem oddaljenost od delovne površine giblje med 5 m in 10 m.

4.3 Toplotna izolativnost novega šed nosilca

Pri konstruiranju šed strešnih sistemov moramo še posebej paziti na kakovost in natančnost vgrajenih materialov. Pri neizdelanih detajlih na predelih oken in krajnih mestih, kjer nosilec nalega na vzdolžne nosilne elemente, je velika je verjetnost pojava toplotnih mostov.

Zaradi velikih strešnih svetlobnih površin (okenske površine) moramo pri šed strešnem sistemu zagotoviti tudi njihovo ustrezno kakovost. Strešna okna so sklop, pri katerem že majhne napake pri vgradnji zlahka povzročijo velike probleme pri zagotavljanju pravilne toplotne izolativnosti ali pri odvajanju strešne vode.

Novi šed nosilec omogoča prilagajanje debeline toplotne izolacije, odvisno od potrebe, za katero se bo objekt uporabljal. Debelina toplotne izolacije je lahko konstantna ali pa se ta spreminja po strešni površini novega šed nosilca. Pri krajših izvedbah šed nosilca je omogočeno tudi njeno nameščanje v proizvodnih obratih, vendar je ob tem potrebno zagotoviti ustrezne pogoje, da ne pride do poškodb in posledično zmanjšanja funkcije toplotne izolacije.

S programom Gradbena fizika Novoterm V2.0 so izračunane vrednosti za toplotno izolativnost nad karakterističnim prerezom šed nosilca z različnimi debelinami toplotne izolacije (8 cm, 12 cm, 16 cm). V konstrukcijskem sklopu so upoštevani beton, PVC folija, toplotna izolacija (URSA LIF/S). V sklopu ni upoštevan krovni material PVC ali EPDM membrana, ker program ne upošteva, da je preko točkovnega nameščanja takšne kritine mogoča tudi difuzija vodne pare in s tem preprečevanje pojava kondenza. V povprečni vrednosti toplotne prehodnosti $\bar{U}$ (W/m²K) sta upoštevani enojna zasteklitev (U=5.8 W/m²K) in dvojna zasteklitev (U=2.0 W/m²K) z nizkoemisivnim nanosom na enem steklu in s širino medprostora 12 mm, ki je polnjen z zrakom.

Tabela 4. 1: Povprečne vrednosti toplotne prehodnosti $\bar{U}$ (W/m²K)

Povprečne vrednosti		Debelina toplotne izolacije (cm)	d=8 cm	d=12 cm	d=16 cm
toplotne prehodnosti $\bar{U}$ (W/m ² K)		Toplotna prehodnost U (W/m ² K)	0.457	0.313	0.239
Tip zasteklitve	Enojna zasteklitev	5,8	3,12	3,05	3,02
	Dvojna zasteklitev	2,0	1,23	1,15	1,12

Rezultati računa toplotne prehodnosti za novi šed nosilec kažejo na to, da za vse debeline toplotne izolacije nosilec izpolnjuje zahtevane pogoje (glej prilogo 1), predpisane v Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (največja dovoljena toplotna prehodnost, $U_{\max} = 0,25$ W/m²K za poševno streho nad ogrevanim podstrešjem, ravna streha). V celostni bilanci toplotne prehodnosti pa nam rezultati povprečnih vrednosti pokažejo, da je dobro razmisliti o kakovosti in tipu okna, ki ga montiramo na šed strešni sistem, saj so povprečne vrednosti toplotne prehodnosti $\bar{U}$ (W/m²K) pri isti debelini toplotne izolacije pri

dvojni zasteklitvi za polovico manjše kot pri enojni. Priporoča se uporaba toplotne izolacije v debelini 16cm in dvojna zasteklitev.

Izpis računov s programom Gradbena fizika Novoterm V2.0 je podan v petem poglavju.

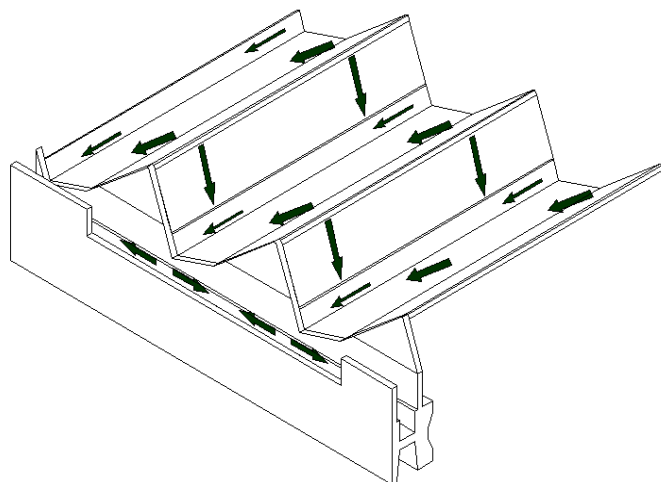
4.4 Odvod strešne vode pri novem šed nosilcu

Ustrezen naklon, ki zagotavlja odvod vode pri novem šed nosilcu lahko zagotovimo:

- z naklonsko plastjo betona
- z različno debelino izolacije
- z nadvišanjem

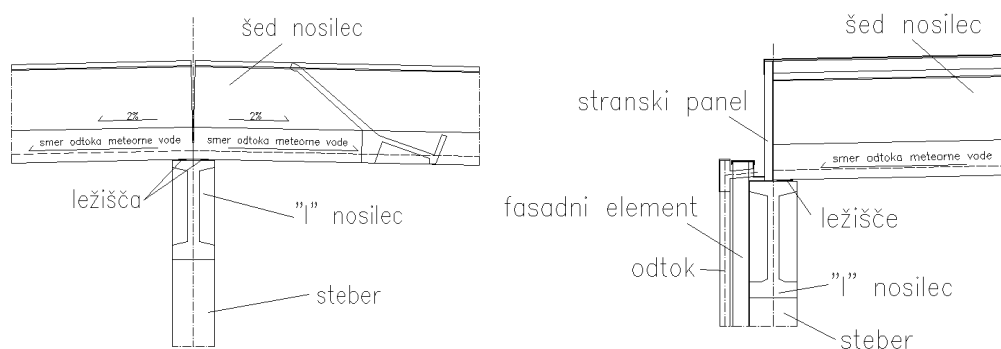
Naklonski beton se uporablja predvsem na ravnih strehah. Izveden naj bi bil neposredno na šed nosilcu. Pri izvedbi bi moral biti naklonski beton narejen iz izolacijskih materialov, nanj pa bi se polagala toplotna izolacija. V primeru uporabe naklonskega betona so mogoča tudi odstopanja in netočnosti pri izvedbi. Takšna izvedba neposredno vpliva tudi na izbiro kritine. Na nosilcu se pojavi dodatna obtežba. V sredinskem delu, kjer bi bila višina naklonskega betona najvišja, se tudi neposredno zmanjša prerez, po katerem je mogoč odtok vode. Zato se nam ta izbira zdi manj ustrezna za naš primer.

Naklon strešine in posredno kritine je mogoče izvesti tudi tako, da na nosilec v vzdolžni smeri položimo toplotno izolacijo različne debeline ali t. i. naklonsko toplotno izolacijo. S tem se posredno doseže nagib kritine in tako možnost odtoka meteorne vode. Izvedba s tem načinom bi vplivala na izbor kritine in otežila njeno nameščanje. Zato se nam ta izbira zdi manj ustrezna za naš primer.

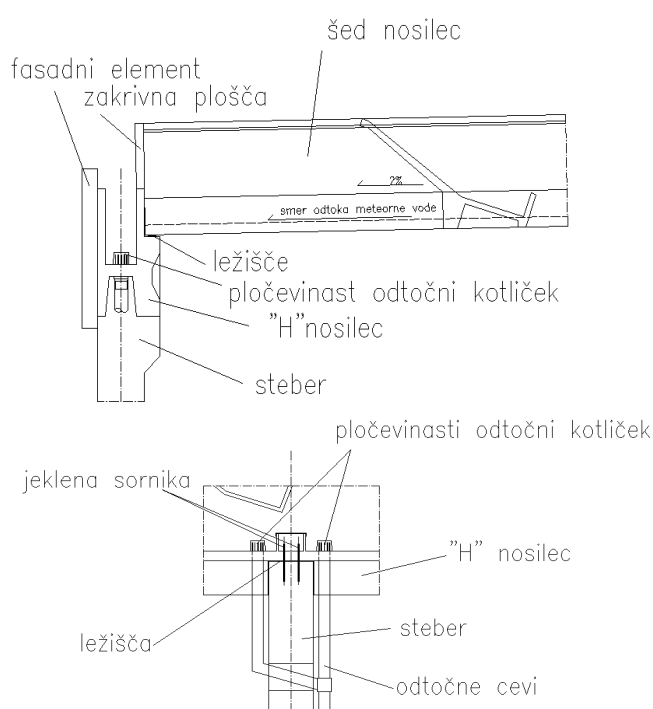


Slika 4. 6: Smeri odtoka meteorne vode s strešnega sklopa šed nosilcev ter kasneje v "H" nosilce, v katerem so nameščeni odtoki

Najbolj elegantna rešitev je, da strešni šed nosilec na centralnem delu nadvišamo tako, da dobimo naklon 1 % do 2 % ali dosežemo minimalni nagib 1° . Nadvišanje izvedemo s povečanjem višine stebrov. Na srednjem delu, kjer nalegajo šed nosilci, uporabimo "I" nosilec, kot je prikazano na sliki 4.7, na krajnem delu je mogoča izvedba s "H" ali "I" nosilecem. V primeru izvedbe s "H" nosilcem (glej sliki 4.6 in 4.8), v katerega bi namestili odtoke, bi vertikalni odvod potekal v notranjosti zgradbe, če uporabimo "I" nosilec, poteka odtok po zunanji strani fasade. Oba načina izvedbe nam omogočata kakovostno in natančno izvedbo kritine in toplotne izolacije. Na centralnem stičišču šed nosilcev se neposredno znebimo konstrukcijskega sklopa, v katerem je mogoč pojav toplotnih mostov. S tem načinom omogočimo tudi tvorbo dilatacije, s katero bi kompenzirali raztezanje in krčenje nosilca. Dilatacijo je potrebno konstrukcijsko obdelati, da ne kazi estetskega videza šed konstrukcije, iz notranjosti prostora pa je potrebno rešiti tudi kontinuirano vodenje toplotne izolacije in kritine čez njo ter na tem mestu definirati nameščanje svetlobnih površin (oken).



Slika 4. 7: Konstrukcijski sklop nalega na centralni "I" nosilec in primer odvoda vode po zunanosti fasade na krajnem delu

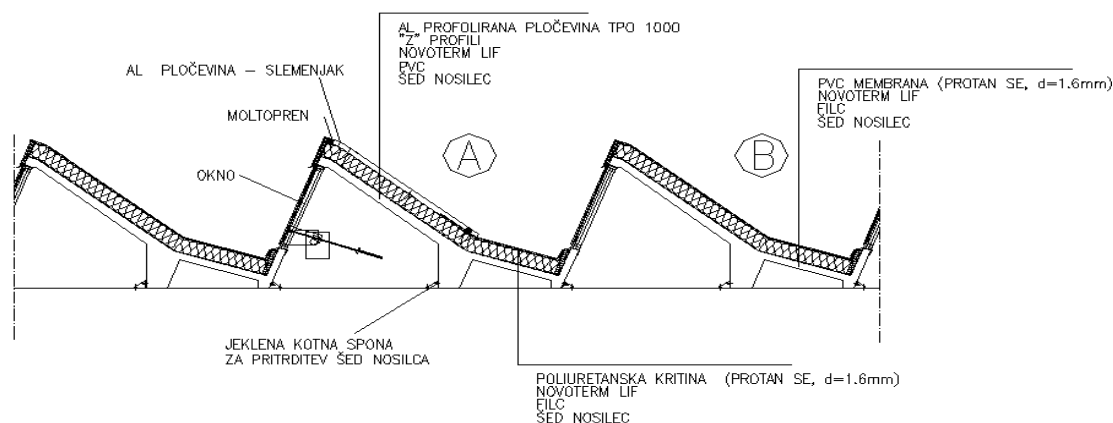


Slika 4. 8: Konstrukcijski sklop nalega na krajni "H" nosilec in odvod vode po notranji strani fasade

Izmed omenjenih variant reševanja odvoda vode s strešine (naklonski beton, različna debelina izolacije, nadvišanje nosilca) je v našem primeru kot najbolj primerna izbrana varianta z nadvišanjem na centralnem delu, kjer nosilec nalega na podkonstrukcijo.

4.5 Izbor kritine pri novem šed nosilcu

V primeru izvedbe šed nosilca je mogoča uporaba gostilne kritine po celoti nosilca ali pa kombiniranje gostilne in odvajalne kritine.



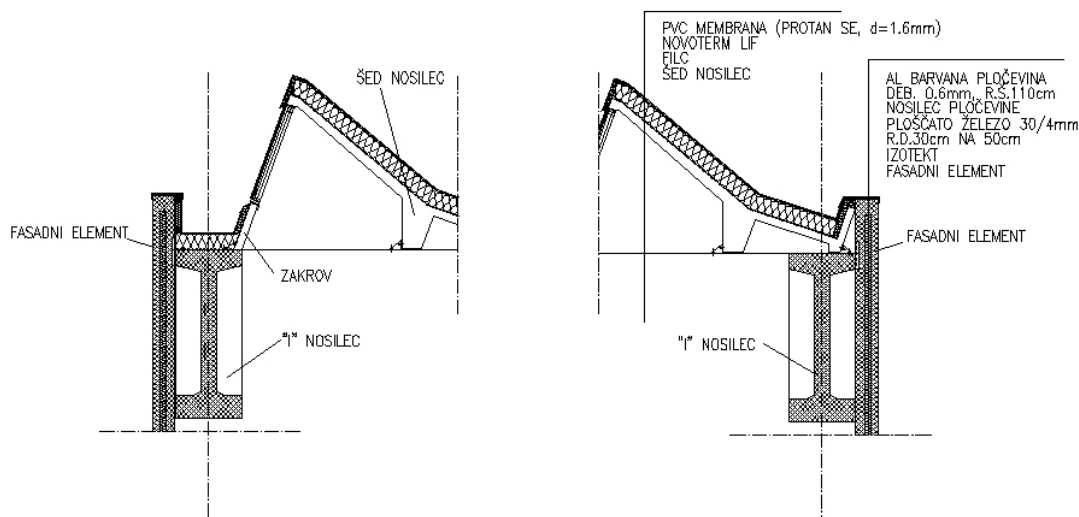
Slika 4. 9: Izbor kritine na novem šed nosilcu

Na sliki 4.9 je prikazan celotni sklop strešnega sistema, oblikovanega z novim AB strešnim elementom za konstruiranje šedastih streh. Podana sta dva načina konstruiranja in izbora kritine.

Varianta A: Pri tem izboru kritine se na delu strešine pod večjim kotom (40°)

polaga odvajalno kritino iz profilirane ali gladke pločevine. V tem primeru je potrebno zagotoviti podkonstrukcijo za njeno pritrjevanje z "Z" profili. Na krajnih delih pločevine je potrebno tudi preprečiti prodiranje atmosferilij pod kritino. V centralnem delu strešine nosilca (18°) in na delu, kjer je nameščena svetlobna površina (70°), se uporabijo nebitumenske kritine, ki delujejo po principu membrane (proizvajalec Protan itd.). Prednost izrabe pločevine kot krovnega materiala je v tem, da se le-ta izrablja tudi za izvedbo kleparskih detajlov za montažo oken in izvedbo žlote.

Varianta B: Pri tej varianti je izbor kritine za celo strešino enak in se celo ploskev krije s kritinami, ki bazirajo na PVC ali EPDM (etilen propilen kavčuk) osnovi in delujejo po principu membrane.



Slika 4. 10: Prikaz izvedbe zaključka izolacije in kritine strešnega niza šed nosilcev

Na sliki 4.9 je prikazana izvedba kritine in izolacije v centralnem delu niza šed nosilcev, na sliki 4.10 pa način izvedbe zaključka, kateremu je ravno tako potrebno posvetiti pozornost. Na pričetku in koncu niza šed nosilcev se ti stikajo s fasadnimi elementi. Na teh delih je potrebno zagotoviti kontinuiran potek kritine in toplotne izolacije. Pri kontinuiranju kritine je potrebno zagotoviti primerno prekrivanje in tesnenje, da ne bi prišlo do omočitve toplotne izolacije in zamakanja objekta.

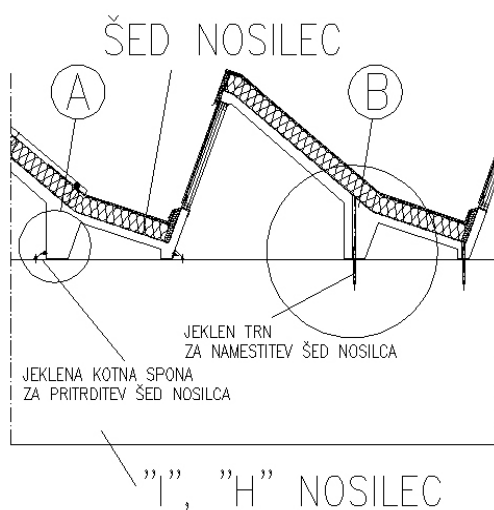
Pri krajših šed nosilcih je mogoče celoten sklop, toplotno izolacijo in kritino izvesti že v proizvodnem obratu, kar ob primernem ravnanju zagotavlja boljšo kakovost in natančnost vgradnje. V tem primeru je potrebno poskrbeti za nepoškodovanost sklopa, saj poškodbe lahko izničijo njegovo funkcionalnost. Postavitev celotnega sklopa v proizvodnji bi lahko otežilo deponiranje, prevoz in montažo.

4.6 Montaža novega šed nosilca

Novi šed nosilec je potem, ko je izdelan v proizvodnem obratu, potrebno še montirati, tj. vgraditi. Vgradnjo je mogoče izvesti na več načinov:

- s sidri, s profiliranim jeklom, z vijačenjem
- z varjenjem
- s prekrivanjem armature

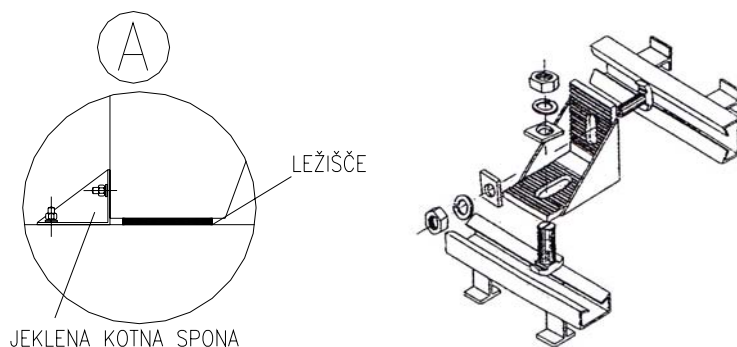
Montaža, tj. način pritrjevanja, mora biti kar se da enostavna in natančna. Novi šed nosilec naj bi na krajnih legah nalegal na konstrukcijske elemente že obstoječega programa montažnih objektov. Omogočeno mora biti pritrjevanje in montiranje na že obstoječe elemente. Pritrjevanje naj bi se izvedlo s profiliranimi jeklenimi kotniki (sponami) in z vijačenjem ali preko jeklenih trnov. V obeh primerih šed nosilec ne nalega direktno na nosilni element, vmes se polaga še ležišče iz neoprena.



Slika 4. 11: Varianti pritrjevanja novega šed nosilca

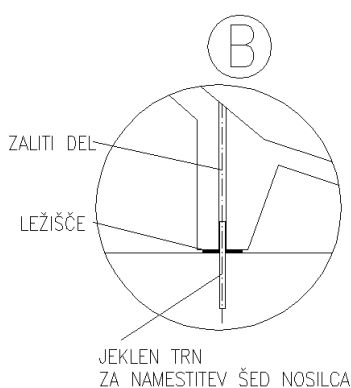
Na sliki 4.11 sta prikazani obe varianti pritrjevanja šed nosilca.

Varianta A: Pri tej varianti naj bi se v obstoječe nosilne elemente in v novi šed nosilec pri ulivanju elementa montiralo jeklene uture. Preko T-vijakov in kotne spona se šed nosilec pritrdi, tj. privijači na nosilni element. Na površino, kjer novi šed nosilec nalega na podkonstrukcijo, se položijo ležišča iz neoprena (glej sliko 4.12).



Slika 4. 12: Detajl pritrdjevanja A in jeklena kotna spona

Varianta B: Pri tem načinu bi se pri ulivanju nosilnega elementa na točno mesto nalega novega šed nosilca montiralo jeklen trn, ki bi omogočil pozicioniranje nosilca na določeno mesto. V šed nosilcu bi bila vdelana in vnaprej pripravljena odprtina, v katero bi trn nalegal, odprtino bi se kasneje zalilo z betonom ali z maltami, ki nabrekajo. Na površino, kjer novi šed nosilec nalega na podkonstrukcijo, se položijo ležišča iz gume (glej sliko 4.13). Kot najbolj primeren način montaže novega šed nosilca na podkonstrukcijo je bila izbrana varianta B.



Slika 4. 13: Detajl pritrdjevanja B

Na krajnih mestih, kjer novi šed nosilec nalega na podkonstrukcijo, je potrebno poleg elementov za pritrdjevanje namestiti tudi ležišča iz gume. Ležišče preprečuje neposreden stik med podkonstrukcijo in novim šed elementom in s tem možnost poškodb na naležnih površinah.

4.7 Statična zasnova

V tem poglavju je predstavljena statična zasnova novega AB strešnega elementa za konstruiranje šedastih streh. Iz prejšnjih delov naloge lahko vzamemo karakteristike plasti in materialov, ki jih potrebujemo za statični izračun. Podati je potrebno tudi posamezne obtežne primere in izdelati statični izračun za tipsko dolžino (10 m) ob konstantnem prerezu šed nosilca. Izračun je podan le za lokacijo objekta v Sežani, za vse druge lokacije bi bilo potrebno šed nosilec statično preveriti in analizirati. V primeru, ko je novi šed nosilec že nameščen na podkonstrukcijo, se pravi, je nameščen (vgrajen) kot celoten funkcionalen strešni sklop, je upoštevana obtežba, ki le delno zajema možnost pritrditve strojnih in drugih inštalacij na samo konstrukcijo. Pri dimenzioniranju je upoštevan EUROCOD in se vrši po metodi mejnih stanj.

Pri statičnem računu je potrebno upoštevati:

Obtežbe novega šed nosilca:

- lastno težo nosilca
- stalno obtežbo v vertikalni smeri na nosilec (toplotna izolacija, kritina in pritrditev inštalacij)
- koristno obtežbo v vertikalni smeri
- obtežbo z vetrom
- obtežbo s snegom
- temperaturne vplive

Obnašanje novega šed nosilca bomo preverili za kritično stanje, ko je le ta že nameščen na podkostrukcijo, se pravi, je nameščen (vgrajen) kot celoten funkcionalen strešni sklop.

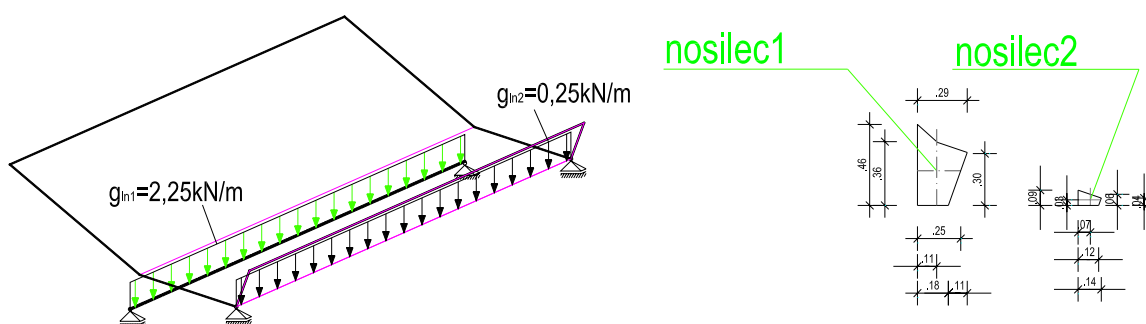
4.7.1 Analiza obtežbe novega šed nosilca

4.7.1.1 Lastna teža nosilca

Lastno težo nosilca nam program generira sam ali pa jo določimo sami. V našem primeru lastno težo podamo ročno.

$$\text{Lastna teža nosilca } A_{n1} = 0,09\text{m}^2 \quad g_{ln} = A \cdot \gamma_b = 0,09 \cdot 25\text{kN/m}^3 = 2,25\text{kN/m}^1$$

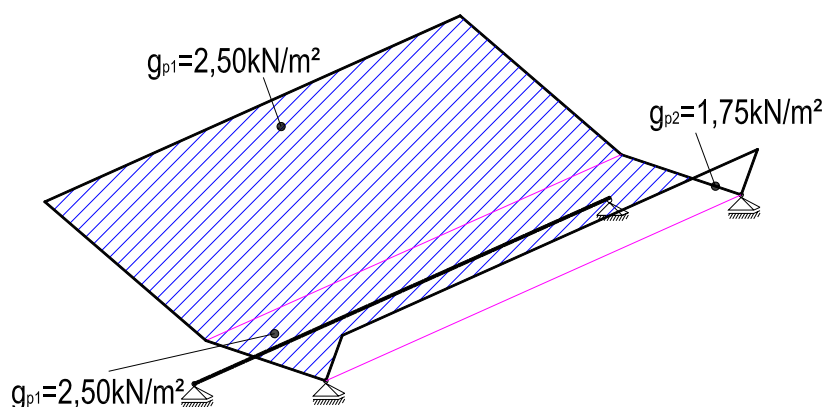
$$\text{Lastna teža nosilca } A_{n2} = 0,01\text{m}^2 \quad g_{ln} = A \cdot \gamma_b = 0,01 \cdot 25\text{kN/m}^3 = 0,25\text{kN/m}^1$$



Slika 4. 14: Lastna teža nosilcev

$$\text{Lastna teža lupine } d=0,10\text{m} \quad g_{lp1} = d \cdot \gamma_b = 0,10\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 = 2,50\text{kN/m}^2$$

$$\text{Lastna teža lupine } d=0,07\text{m} \quad g_{lp2} = d \cdot \gamma_b = 0,07\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 = 1,75\text{kN/m}^2$$



Slika 4. 15: Lastna teža lupine

4.7.1.2 Stalna obtežba nosilca

Stalno obtežbo razdelimo na obtežbo, ki deluje na strešino, in na tisto, ki deluje na nosilec.

Stalna obtežba na strešino je sestavljena iz obtežbe izolacije in kritine.

$$g_{0s} = g_{iz} + g_{kr}$$

g_{iz} obtežba zaradi lastne teže izolacijske plasti

g_{sk} obtežba zaradi lastne teže kritine

Stalna obtežba g_{0n} na na nosilec je sestavljena in obtežbe inštalacij.

Obtežba zaradi lastne teže izolacijske plasti:

$$g_{iz} = \rho_{izol} \cdot f = 0,0267 \text{ kN/m}^2$$

ρ_{izol} specifična masa (teža) izolacije – URSA LIF/S $\rho = 17 \text{ kg/m}^3$ ($0,1667 \text{ kN/m}^3$)

f debelina izolacije (0,16 m)

Obtežba zaradi lastne teže kritine:

$$g_{kr} = \rho_{krit} \cdot d = 0,188 \text{ kN/m}^2$$

ρ_{krit} specifična teža kritine – EPDM kritina $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$ ($11,772 \text{ kN/m}^3$)

d debelina kritine (0,016 m)

Obtežba na strešino

- strešna kritina	$g_{kr} =$	$0,19 \text{ kN/m}^2$
-------------------	------------	-----------------------

- izolacija	$g_{iz} =$	$0,03 \text{ kN/m}^2$
-------------	------------	-----------------------

Stalna obtežba na strešino:	$g_s =$	$0,22 \text{ kN/m}^2$
-----------------------------	---------	-----------------------

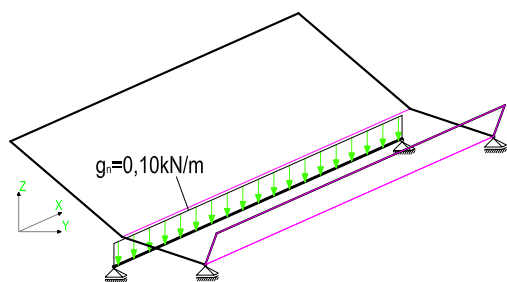
Obtežba na nosilce

- instalacije	$g_{ins} =$	$0,10 \text{ kN/m}^1$
---------------	-------------	-----------------------

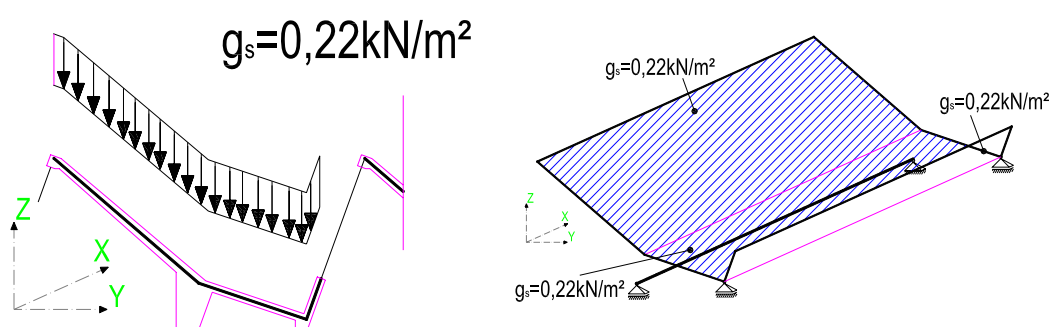
Stalna obtežba na nosilce:	$g_n =$	$0,10 \text{ kN/m}^1$
----------------------------	---------	-----------------------

Skupna obtežba kritine in izolacije:

$$g_s = g_{iz} + g_{kr} = 0,03 + 0,19 = 0,22 \text{ kN/m}^2$$

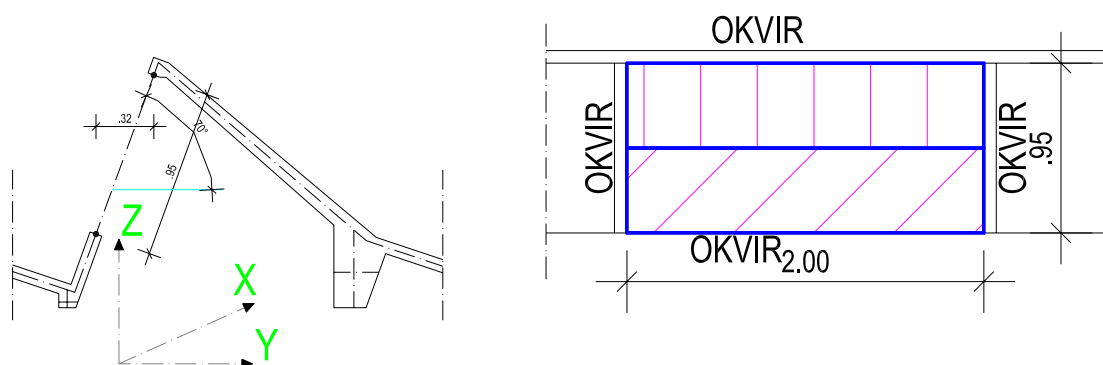


Slika 4. 16: Stalna obtežba instalacij

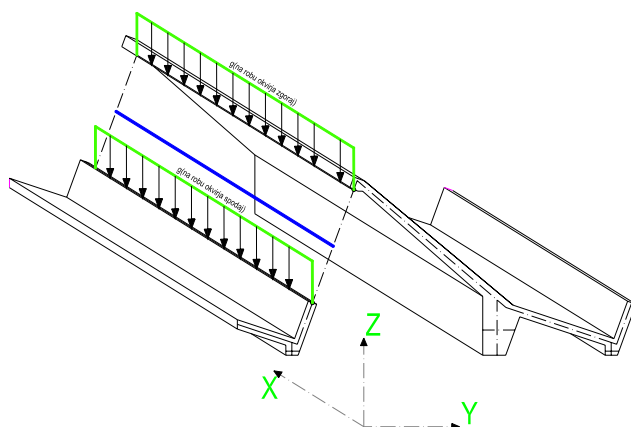


Slika 4. 17: Stalna obtežba izolacije in kritine

Iz slike 4.18: in 4.19 je razvidno, da stalno obtežbo, ki bi v primeru strešnega niza šed nosilcev obremenila površino strešnega okna (v nagibu 70°) aproksimiramo z linijsko obtežbo na spodnji rob in zgornji rob okvirja. Razdelimo jo po polovici okna.



Slika 4. 18: Razdelitev stalne obtežbe okenskega dela (linijska obtežba)



Slika 4. 19: Razdelitev stalne obtežbe okna na zgornji in spodnji del (linijska obtežba)

Stalna obtežba okenske konstrukcije:

$g_o = 0,65 \text{ kN/m}^2$ - katalog MIK Celje (dimenzija 2m x 1m)

$g_o \text{ (na robu okvirja zgoraj spodaj)} = 0,65 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,95 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = 0,31 \text{ kN/m}^1$

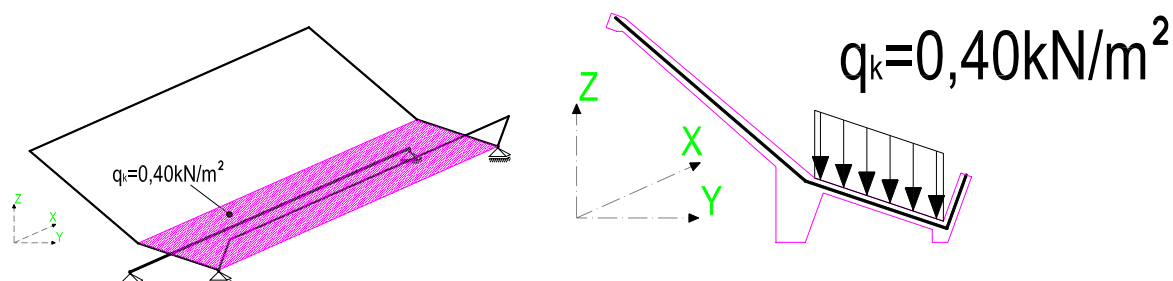
4.7.1.3 Koristna obtežba nosilca

Pri določitvi obtežbe je upoštevan SIST EN 1991-1-1:2004.

Po EUROCOD-ih izberem kategorijo uporabe H in nagib strešine $< 20^\circ$.

H-strehe niso pristopne, razen za normalno vzdrževanje, popravila in barvanje:
(izbrana priporočena vrednost)

$q_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$ (SIST EN 1991-1-1:2004; Preglednica 6.10; str. 20)



Slika 4. 20: Obtežba s koristno obtežbo

4.7.1.4 Obtežba snega

Obtežba s snegom je definirana za namišljeno lokacijo v Sežani. Račun in vrednosti obtežbe za naš šed nosilec veljao samo za to lokacijo, za vse druge ga bi bilo potrebno še preveriti.

Pri določitvi obtežbe sta upoštevana SIST EN 1991-1-3:2004, SIST EN 1991-1-3:2004/A101:2008.

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \text{ (SIST EN 1991-1-3:2004; str 13; (5.1))}$$

μ_i koeficient oblike obtežbe s snegom

C_e koeficient izpostavljenosti, izbrana vrednost 1,0 (izbrana vrednost velja za običajen teren) (SIST EN 1991-1-3:2004; Preglednica 5.1; str. 14)

C_t termični koeficient, izbrana vrednost 1,0 (izbrana osnovna nemodificirana vrednost) (SIST EN 1991-1-3:2004; str. 14)

s_k karakteristična obtežba snega na tleh v (kN/m²)

s_k karakteristična obtežba s snegom je odvisna od tega, koliko časa je sneg na strehi, od lokacije objekta, klime in nadmorske višine

Za primer objekta v Sežani je vrednost karakteristične obtežbe s snegom $s_k=0,81$ kN/m²

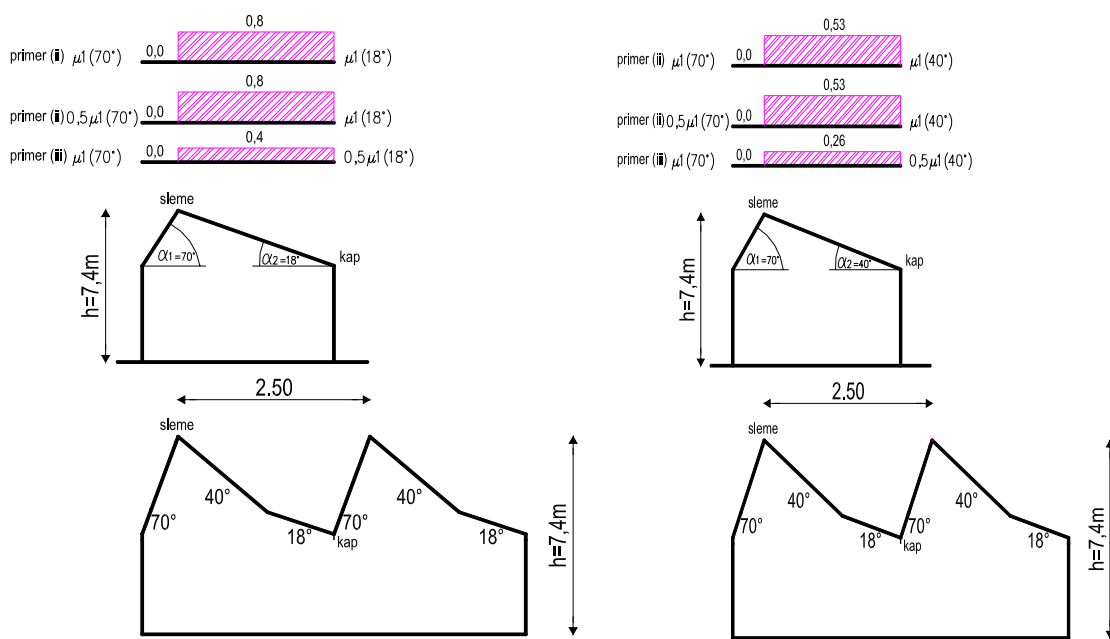
$$A=360 \text{ m nadmorske višine, cona A1, } s_k = 0,651 * \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$$

(SIST EN 1991-1-3:2004/ A101:2008; Slika 1; str. 4)

Pri računu koeficienta oblike obtežbe s snegom se znajdemo v zagati zaradi nesimetričnosti ter razgibanosti novega šed nosilca. EUROCOD predvideva dve možnosti izbire koeficienta oblike obtežbe s snegom; izbiram med streho dvokapne oblike z različnima nagiboma in večladijsko obliko strehe. Izberemo tisto možnost, ki nam da bolj negativne vrednosti.

Obtežba snega za dvokapno streho

Oblikovni koeficienti μ_i – dvokapnica, nenakopičen sneg



Slika 4. 21: Koeficienti obtežbe s snegom pri izboru dvokapne strehe

Na sliki 4.21 so prikazani koeficienti obtežbe s snegom za novi šed nosilec v primeru, da izberemo način dvokapne strehe za primera nagiba strehe $70^\circ - 18^\circ$ in $70^\circ - 40^\circ$. Oblikovni koeficienti za posamezne dele strehe z različnimi nagibi so izračunani in podani na osnovi preglednice 5.2 (SIST EN 1991-1-3:2004; Preglednica 5.2; str. 15). Upoštevamo, da lahko sneg zdrsne s strehe. V primeru nagiba strehe za več kot 70° je oblikovni koeficient enak 0.

Izračun obtežbe s snegom za posamezne obtežne primere

i. obtežni primer, razpored obtežbe nenakopičenega snega

$$S_{1(18^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,80 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{1(40^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{1(70^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,00 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

ii. obtežni primer, razpored obtežbe nakopičenega snega

$$S_{1(18^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,80 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{1(40^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{1(70^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,00 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

iii. obtežni primer, razpored obtežbe nakopičenega snega

$$S_{1(18^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,40 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,32 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{1(40^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,26 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,21 \text{ kN/m}^2$$

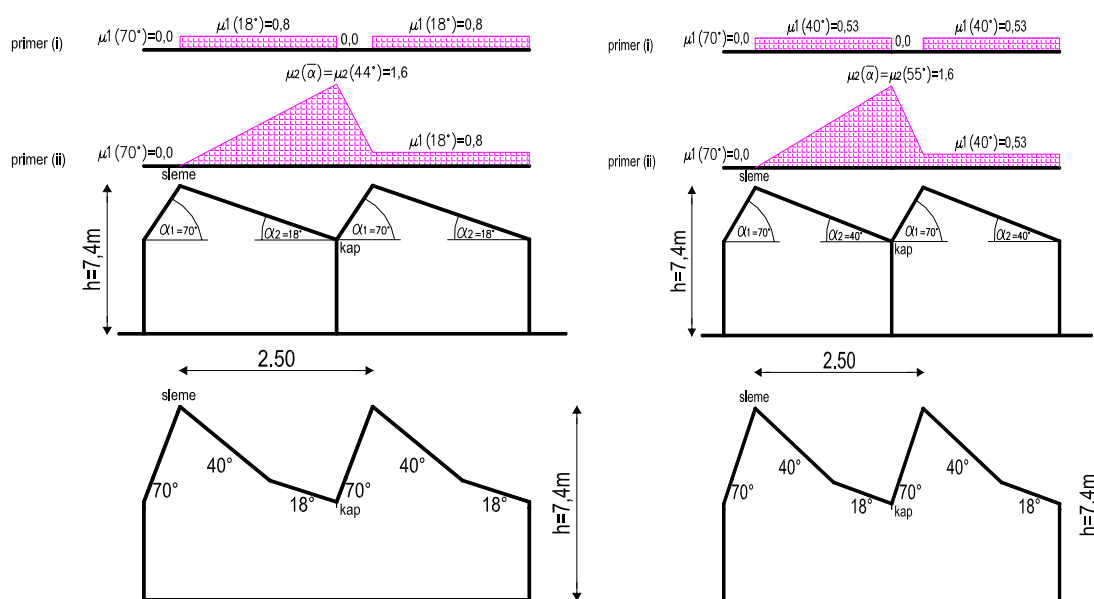
$$S_{1(70^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,00 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

V tem primeru dobimo maksimalno vrednost v primeru (i) nenakopičenega snega in (ii) nakopičenega snega, medtem ko obtežni primer (iii) ni merodajen.

Obtežba snega večladijske strehe

Oblikovni koeficienti μ_i – večladijska streha, nakopičen sneg

Na sliki 4.22: so izračunani oblikovni koeficienti μ_i za model, kjer upoštevamo obliko strehe kot večladijsko streho.



Slika 4. 22: Oblikovni koeficienti obtežbe s snegom pri izboru večladijske strehe

Na sliki 4.22 so prikazani koeficienti obtežbe s snegom za novi šed nosilec v primeru, da izberemo način večladijske strehe za primera nagiba strehe $70^\circ - 18^\circ$ in $70^\circ - 40^\circ$. Oblikovni koeficienti za posamezne dele strehe z različnimi nagibi so izračunani in podani na osnovi preglednice 5.2 (SIST EN 1991-1-3:2004; Preglednica 5.2; str. 15). Upoštevamo, da lahko sneg zdrzne s strehe. V primeru nagiba strehe za nagib 70° se upoštevan nagib strehe 60° in na podlagi nagiba 60° se izračuna $\bar{\alpha} = (\alpha_1 + \alpha_2)/2$ s katerim se za obtežni primer (ii) nakopičenega snega izračuna oblikovni koeficient μ_2 .

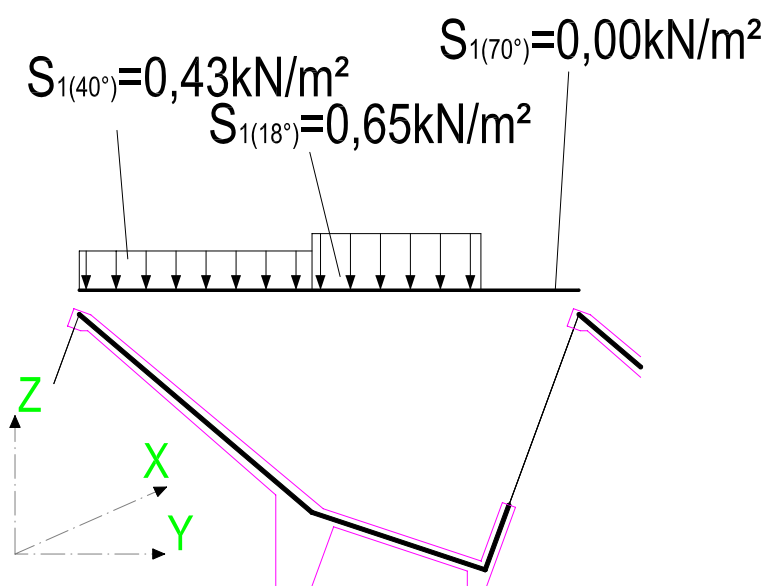
Izračun obtežbe s snegom za posamezne obtežne primere

i.obtežni primer, razpored obtežbe nenakopičenega snega (glej sliko 4.18)

$$S_{1(18^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,80 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{1(40^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{1(70^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,00 \text{ kN/m}^2$$



Slika 4. 23: Obtežba ob primeru (i) nenakopičenega snega na večladijski strehi

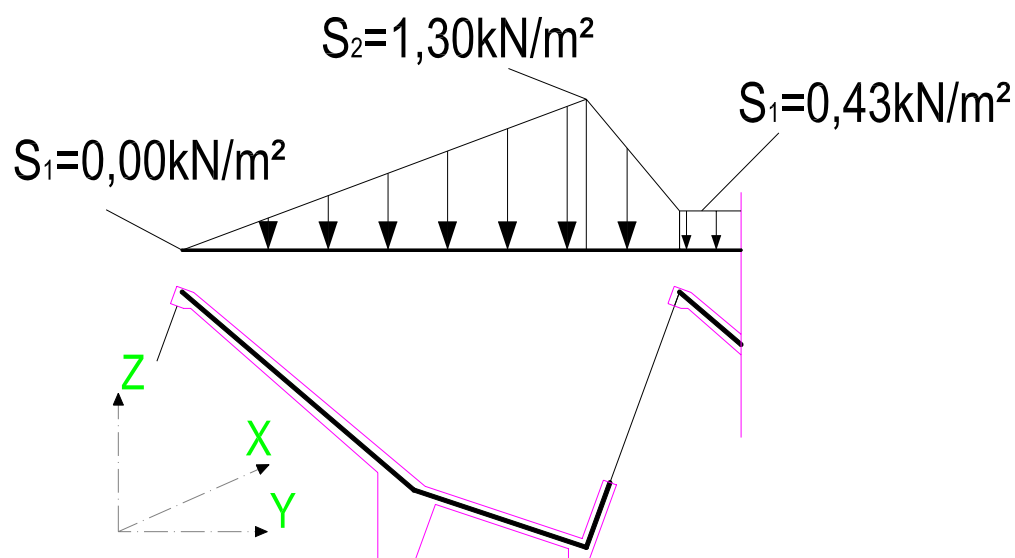
ii.obtežni primer, razpored obtežbe nakopičenega snega (glej sliko 4.19)

$$S_{1(18^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,80 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

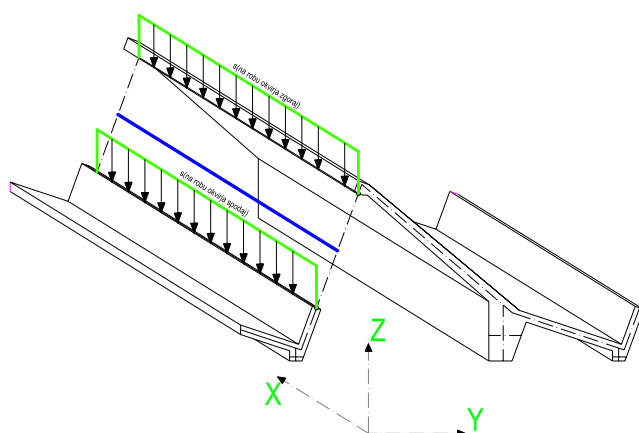
$$S_{1(40^\circ)} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{2(70^\circ-18^\circ)} = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 1,30 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{2(70^{\circ}-40^{\circ})} = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 1,30 \text{ kN/m}^2$$



Slika 4. 24: Obtežba ob primeru (ii) nakopičenega snega na večladijski strehi



Slika 4. 25: Razdelitev obtežbe s snegom in stalno obtežbo na robu okvirja okna (linijska obtežba)

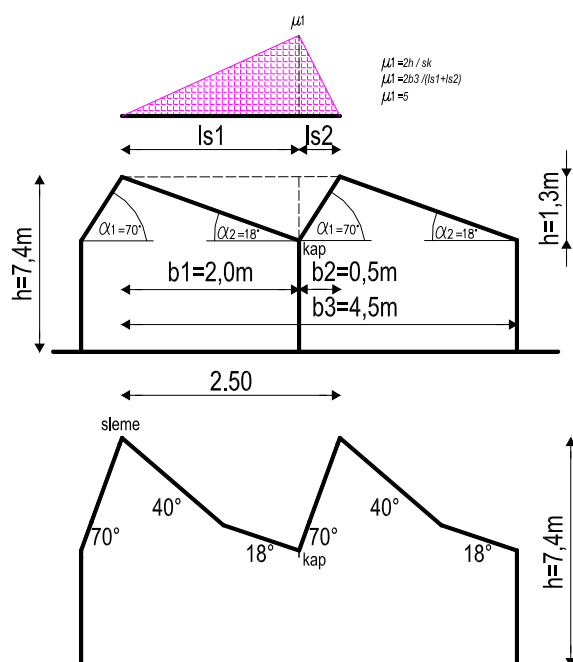
Obtežba s snegom, nakopičen sneg:

$$S(\text{na robu okvirja spodaj}) = 0,92 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,32 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = 0,15 \text{ kN/m}^1$$

$$S(\text{na robu okvirja zgoraj}) = 0,59 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,32 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = 0,09 \text{ kN/m}^1$$

Oblikovni koeficienti μ_i – večladijska streha pri izjemnem kopičenju

Na sliki 4.20: je so prikazani izračunani oblikovni koeficienti μ_i za večladijske strehe pri izrednem kopičenju snega.



Slika 4. 26: Oblikovni koeficienti obtežbe in dolžine nanosov s snegom pri izboru večladijske strehe pri izrednem kopičenju snega

Oblikovni koeficient pri izrednem kopičenju

$$\mu_1 = 2h/s_k = 2 \cdot 1,30/0,47 = 5,53$$

$$\mu_1 = 2b_3 / (l_{s1} + l_{s2}) = 2 \cdot 4,50 / (2,00 + 0,50) = 3,6$$

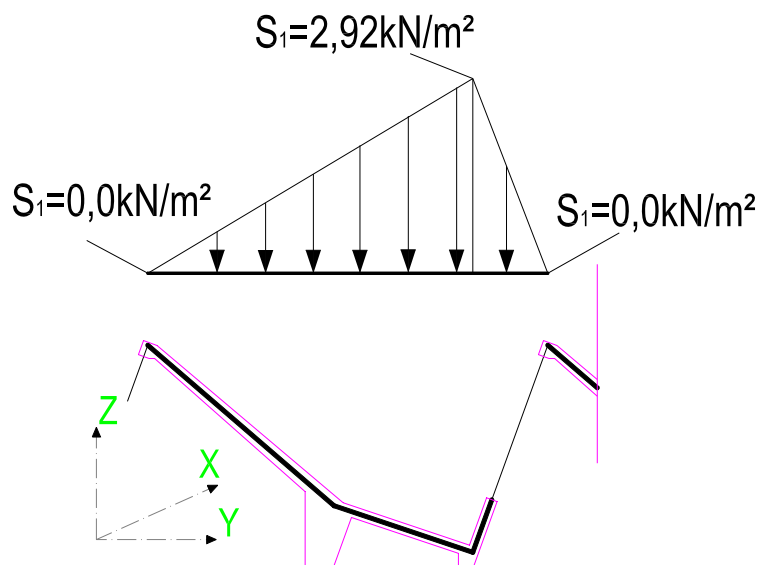
$$\mu_1 = 5$$

Izbrani oblikovni koeficient μ_1 je določen kot najmanjša vrednost izmed zgoraj izračunanimi.

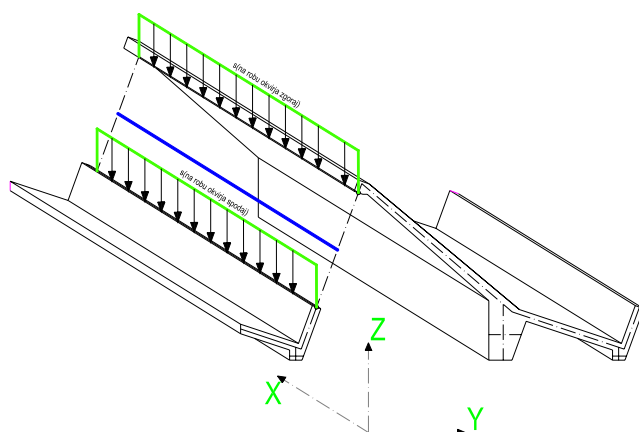
Izračun obtežbe z snegom za izbrani oblikovni koeficient

i.obtežni primer izrednega kopičenja snega (glej sliko 4.21)

$$S_1 = \mu_1 \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 3,60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 = 2,92 \text{ kN/m}^2$$



Slika 4. 27: Obtežba izrednega nakopičenja snega na večladijski strehi



Slika 4. 28: Razdelitev obtežbe s snegom in stalno obtežbo na robu okvirja okna (linijska obtežba)

Obtežba s snegom, izjemno kopičenje snega:

$$S(\text{na robu okvirja spodaj}) = 1,28 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,32 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = 0,20 \text{ kN/m}^1$$

$$S(\text{na robu okvirja zgoraj}) = 0,43 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,32 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = 0,07 \text{ kN/m}^1$$

4.7.1.5 Veter

V primeru računa obtežbe z vetrom se odločimo za namišljeno lokacijo v Sežani, ki naj bi se nahajala v okviru predmestja, t. i. industrijske cone, z zavetrno konfiguracijo terena. Račun in vrednosti obtežbe za naš šed nosilec veljejo samo za to lokacijo, za vse druge ga bi bilo potrebno še preveriti. Pri določitvi obtežbe sta upoštevani predstandard SIST ENV 1991-2-4, SIST EN 1991-1-4:2005 in SIST EN 1991-1-4:2005/A101:2008.

Tlak pri največji hitrosti ob sunkih vetra

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

$c_e(z)$ - faktor izpostavljenosti

q_b - osnovni tlak vetra

Osnovni tlak vetra q_b

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

$$q_b = 1,25/2 \cdot 30^2 \text{ [kg/m}^3 \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 \text{]} = 562,50 \text{ N/m}^2 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

ρ - gostota zraka v odvisnosti od nadmorske višine, temperature in zračnega tlaka, pričakovanega med neurjem na obravnavanem območju $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ (priporočena vrednost)

v_b - referenčna hitrost vetra, odvisna od zemljepisne lege

Naš primer za vetrno cono A in povprečno hitrost vetra na višini 10 m za dobo 50 let:

$$v_{b,0} = 30 \text{ m/s (SIST EN 1991-1-4:2005/A101:2008; Slika 1, str. 5)}$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

(za c_{dir} smerni faktor, c_{season} faktor letnega časa so izbrane priporočene vrednosti $c_{dir}=1,0$; $c_{season}=1,0$)

Faktor izpostavljenosti $c_e(z)$

višina podkonstrukcije $h_k=6,00 \text{ m}$

višina strešne konstrukcije $h_n=1,40 \text{ m}$

$$z = h = h_k + h_n = 7,40 \text{ m}$$

$c_e(z) = 1,55$; za III.kategorijo terena in ravno površino $c_0(z) = 1$
(SIST EN 1991-1-4:2005; Slika 4.2, str. 20)

Zunanji pritisk

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

$q_p(z_e)$ - največji tlak pri sunkih vetra (kN/m^2)

c_{pe} - koeficient zunanje tlaka, odvisen od oblike in površine

$$q_p(z_e) = q_b \cdot c_e(z) = 0,56 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,55 = 0,87 \text{ kN/m}^2$$

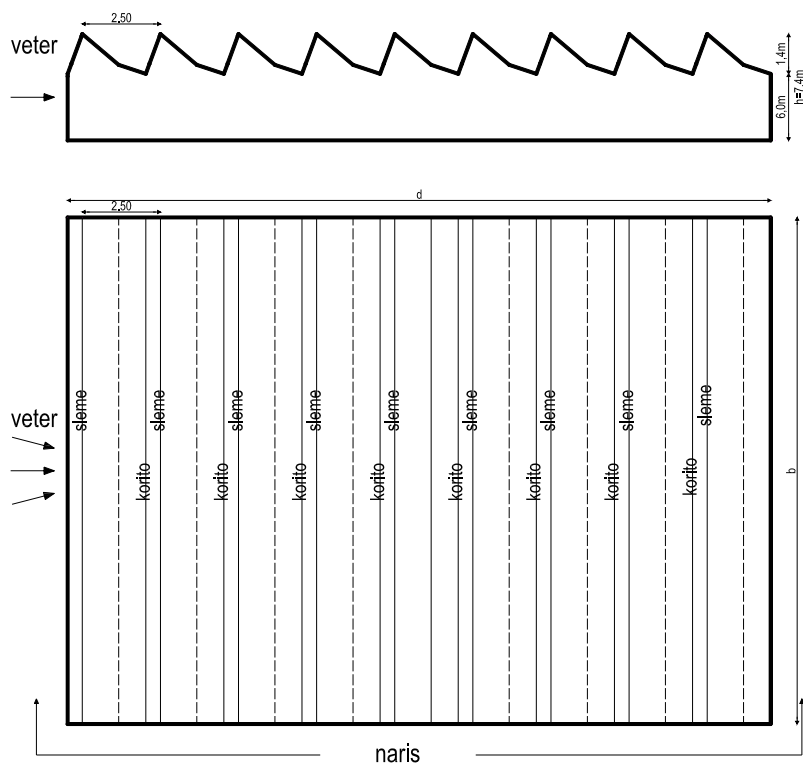
Koeficient zunanje tlaka c_{pe}

A – površina, ki je izpostavljena vetru

$$A < 1 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = c_{pe,1}$$

$$1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \log_{10} A$$

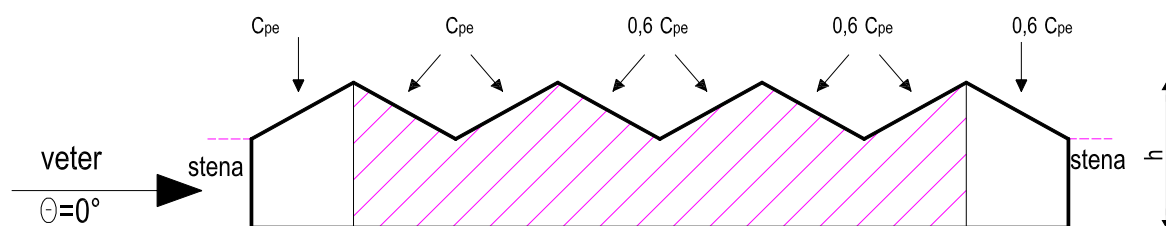
$$A \geq 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = c_{pe,10} \text{ (vzamemo ta primer)}$$



$b=10\text{m}$ (širina hale) $d=35\text{m}$ (dolžina hale)

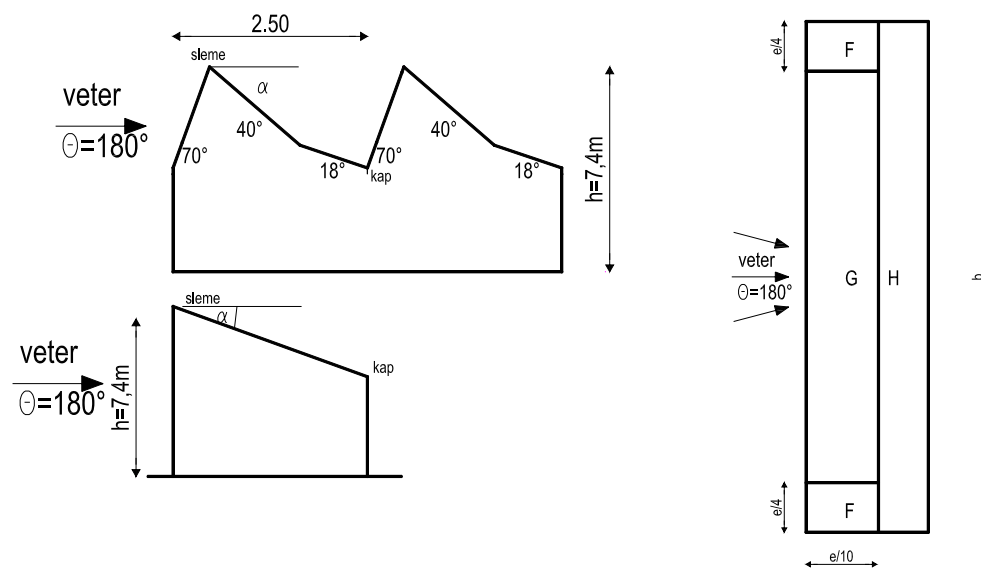
Slika 4. 29: Skica modela za analizo obtežbe z vetrom

V našem primeru obravnavamo celoten sklop strehe, katere del je AB nosilec, kot večslemensko streho. Modeliranje zunanje tlaka zajamemo z modelom, kot je prikazan na sliki 4.30, in sicer da je prvi c_{pe} za enokapnico, drugi in vsi naslednji c_{pe} pa so c_{pe} za koritaste strehe.



Slika 4. 30: Koeficienti zunanje tlaka na večslemenske strehe

Veter na streho enokapnice, smer 0°



Slika 4. 31: Cone vpliva tlaka vetra na konstrukcijo, smer vetra 180°

$e = b$ ali $2h$ (vzamemo manjšo vrednost)

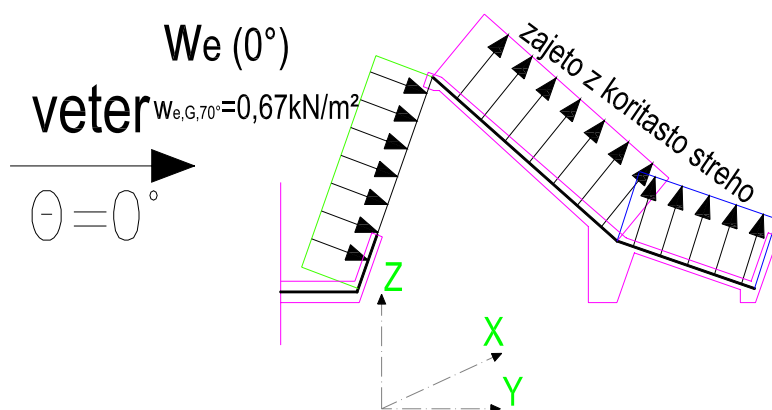
$e = 10 \text{ m}$ ali $2 \cdot 7,4 \text{ m} = 14,80 \text{ m} \rightarrow e = 10 \text{ m}$

za nagib strehe $\alpha = 70^\circ$

Cona:

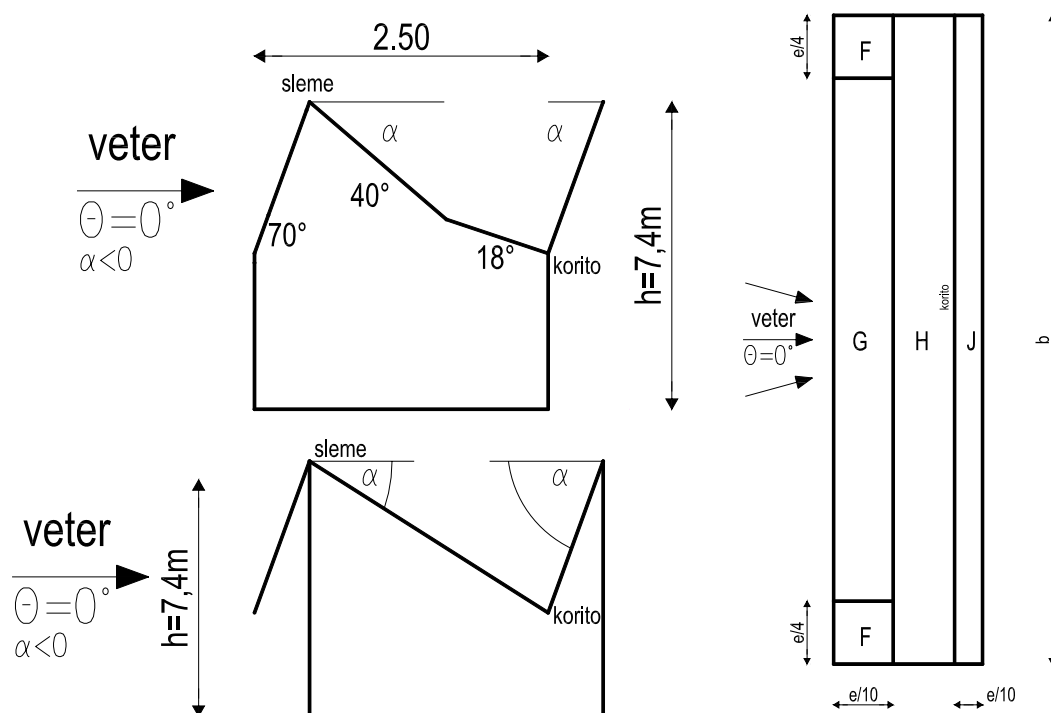
$$F; c_{pe,10} = 0,77; w_{e,F} = 0,87 \cdot (0,77) = 0,67 \text{ kN/m}^2$$

$$G; c_{pe,10} = 0,77; w_{e,G} = 0,87 \cdot (0,77) = 0,67 \text{ kN/m}^2$$



Slika 4. 32: Vrednosti zunanje tlaka vetra po posameznih delih strešine za lokacijo Sežana, smer vetra 0°

Veter na streho dvokapnice (koritasta streha), smer 0°



Slika 4. 33: Cone vpliva tlaka vetra na strešino, smer vetra 0°

$e = b$ ali $2h$ (vzamemo manjšo vrednost)

$e = 10\text{ m}$ ali $2 \times 7,4\text{ m} = 14,80\text{ m} \rightarrow e = 10,0\text{ m}$

Veter piha pravokotno z vzdolžne smeri

za nagib strehe $\alpha = 70^\circ$ (računamo kot dvokapno koritasto streho)

Cona:

$$J; c_{pe,10} = -1,00; w_{e,F} = 0,87 \cdot (-1,00) = -0,87\text{ kN/m}^2$$

za nagib strehe $\alpha = 40^\circ$ (računamo kot dvokapno koritasto streho)

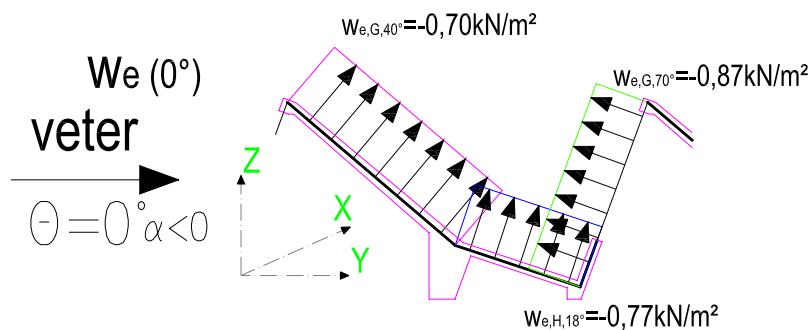
Cona:

$$G; c_{pe,10} = -0,80; w_{e,G} = 0,87 \cdot (-0,80) = -0,70\text{ kN/m}^2$$

za nagib strehe $\alpha = 18^\circ$ (računamo kot dvokapno koritasto streho)

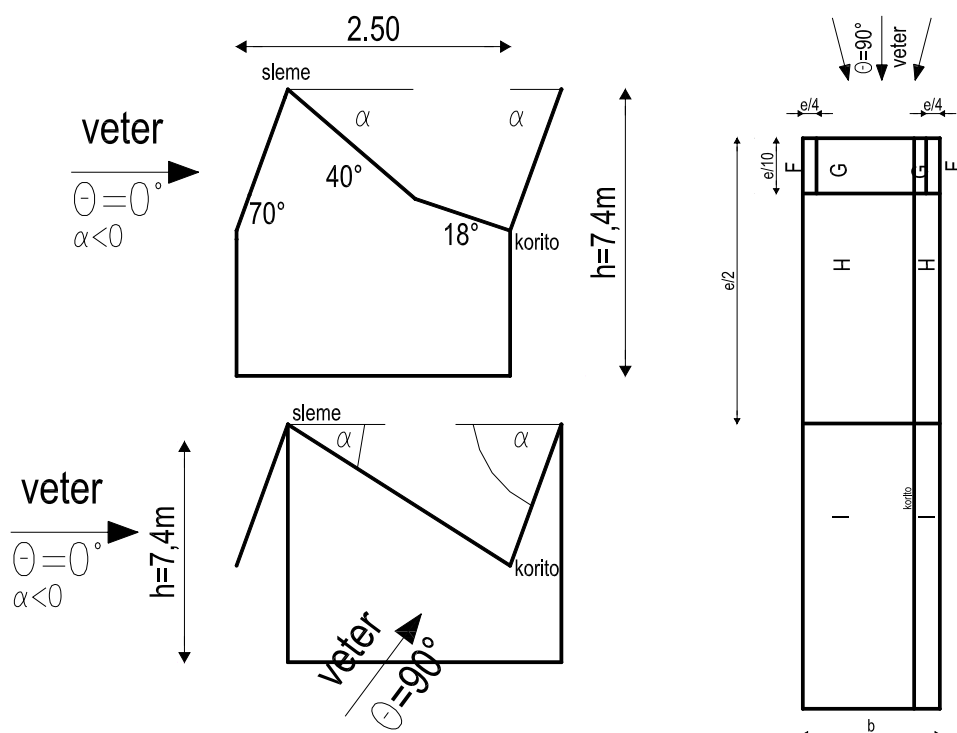
Cona:

$$H; c_{pe,10} = -0,88; w_{e,H} = 0,87 \cdot (-0,88) = -0,77\text{ kN/m}^2$$



Slika 4. 34: Vrednosti zunanjega tlaka vetra za koritasto streho za lokacijo Sežana, smer vetra 0°

Veter na streho enokapnice, smer 90°



Slika 4. 35: Cone vpliva tlaka vetra na strešino, smer vetra 90°

$e = b$ ali $2h$ (vzamemo manjšo vrednost)

$e = 2,50 \text{ m}$ ali $2 \cdot 7,4 \text{ m} = 14,80 \text{ m} \rightarrow e = 2,50 \text{ m}$

Veter piha pravokotno na čelni zid

za nagib strehe $\alpha = 70^\circ$ (računamo kot enokapno streho)

Cona:

$$F; c_{pe,10} = -1,40; w_{e,Fup} = 0,87 \cdot (-1,40) = -1,22 \text{ kN/m}^2$$

za nagib strehe $\alpha = 40^\circ$ (računamo kot enokapno streho)

Cona:

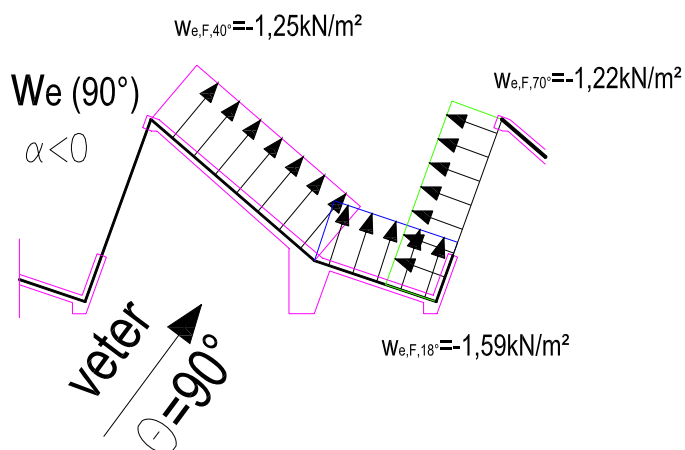
$$F; c_{pe,10} = -1,43; w_{e,Fup} = 0,87 \cdot (-1,43) = -1,25 \text{ kN/m}^2$$

za nagib strehe $\alpha = 18^\circ$ (računamo kot enokapno streho)

Cona:

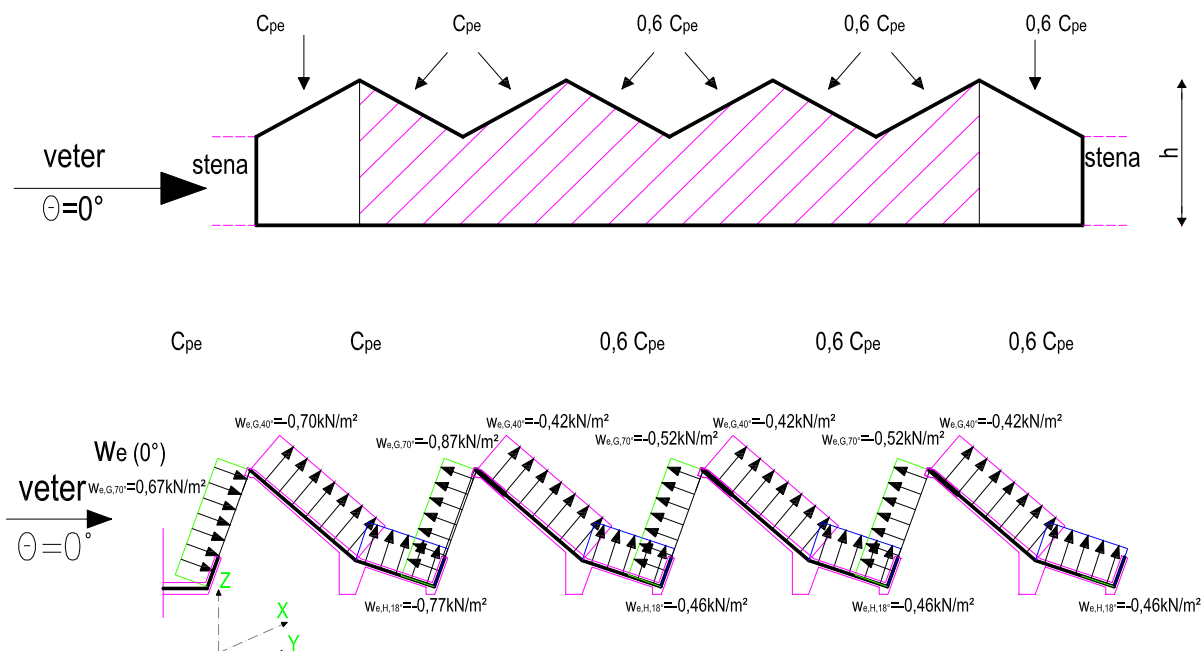
$$F; c_{pe,10} = -1,82; w_{e,Fup} = 0,87 \cdot (-1,82) = -1,59 \text{ kN/m}^2$$

Izbor maksimalnih negativnih in pozitivnih vrednosti c_{pe} za posamezne nagibe strešine. C_{pe} ni enoten po celi površini strešine, ampak je različen za vsak nagib.

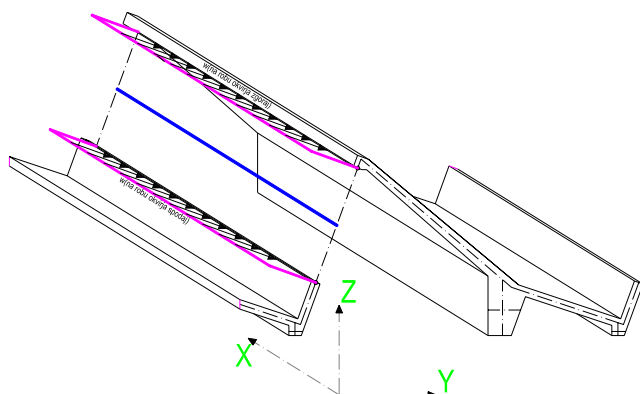


Slika 4. 36: Vrednosti zunanjega tlaka vetra po posameznih delih strešine za lokacijo Sežana, smer vetra 90°

Modifikacija vetra po večladijski strehi



Slika 4. 37: Modifikacija c_{pe} izračunane pripadajoče vrednosti w_e pri smeri vetra 0°



Slika 4. 38: Razdelitev obtežbe z vetrom na robu OKVIRJA (linijska obtežba)

Obtežba z vetrom 0° :

Prvi šed nosilec:

$$W_{(\text{na robu okvirja zgoraj spodaj})} = 0,67 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,95 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = 0,32 \text{ kN/m}^1$$

Drugi šed nosilec:

$$W_{(\text{na robu okvirja zgoraj spodaj})} = -0,87 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,95 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = -0,41 \text{ kN/m}^1$$

Ostali šed nosilci:

$$W_{(\text{na robu okvirja zgoraj spodaj})} = -0,52 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,95 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = -0,25 \text{ kN/m}^1$$

Obtežba z vetrom 90° :

Vsi šed nosilci:

$$W_{(\text{na robu okvirja zgoraj spodaj})} = -1,22 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,95 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = -0,58 \text{ kN/m}^1$$

Notranji pritisk:

$$w_i = q_p(z_e) \cdot c_{pi}$$

$q_p(z_e)$ - največji tlak pri sunkih vetra (kN/m^2)

c_{pi} - koeficient notranjega tlaka, odvisen od oblike in površine

Koeficienta odprtini μ_i dobimo tako, da vsoto odprtini na zavetrni strani in stranmi, vzporednimi s smerjo delovanja vetra, delimo z vsoto odprtini na vetrni in zavetrni strani ter

stranmi, vzporednimi z delovanjem vetra. V našem primeru ni mogoče dejansko določiti c_{pi} zato privzamemo, da je enak 0. (SIST EN 1991-1-4:2005).

4.7.1.7 Obtežni primeri in obtežne kombinacije

Kombinacije obtežb

(i) MSU

$$\text{Karakteristična: } \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\text{Pogosta: } \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

$$\text{Navidežno stalna: } \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Glej prilogo Tabela 4.1 Karakteristične obtežne kombinacije MSU

Glej prilogo Tabela 4.2 Navidežno stalne obtežne kombinacije MSU

(ii) Obtežne kombinacije MSN:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Tabela 4. 2: Obtežne kombinacije MSN

obtežna kombinacija	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16
lastna g_1	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00
stalna obtežba g_s		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
koristna obtežba q_1			1,50				0,6x1,5			1,50	1,50	1,50	1,50	1,50		
obtežba snega nenakopičen q_s				1,50						0,5x1,5						
obtežba snega nakopičen q_s					1,50						0,5x1,5					
obtežba snega izjemno kopičenje q_s						1,50	1,50					0,5x1,5				
obtežba vetra $q_{we,0}$								1,50					0,6x1,5		1,50	
obtežba vetra $q_{we,90}$									1,50					0,6x1,5		1,50

4.7.2 Računski model novega šed nosilca

Ena izmed glavnih nalog konstruiranja je tudi ocena mehanskega obnašanja konstrukcije, ki jo nameravamo zgraditi. Zato je za novi šed nosilec potrebno opisati njegove fizikalne lastnosti in vplive, ki nanj delujejo, ter jih prenesti v računski model. V primeru novega šed nosilca te dejanske vplive in lastnosti poenostavimo tako, da ga ne modeliramo kot sestavni del celotne konstrukcije zgradbe, katere del naj bi v realnosti postal, ampak se omejimo samo na šed nosilec kot samostojno enoto. SAP 2000 je eno izmed programskih orodij, ki nam omogoča pripravo računskega modela za analizo, oziroma analizo po MKE. Potek dela in uporabe in analize s tem programskim orodjem lahko razdelimo v tri sklope:

- priprava podatkov oziroma izdelava računskega modela
- analiza modela z MKE
- predstavitev ter analiza rezultatov

Pripravo podatkov in izdelavo računskega modela lahko razčlenimo še na naslednje sklope:

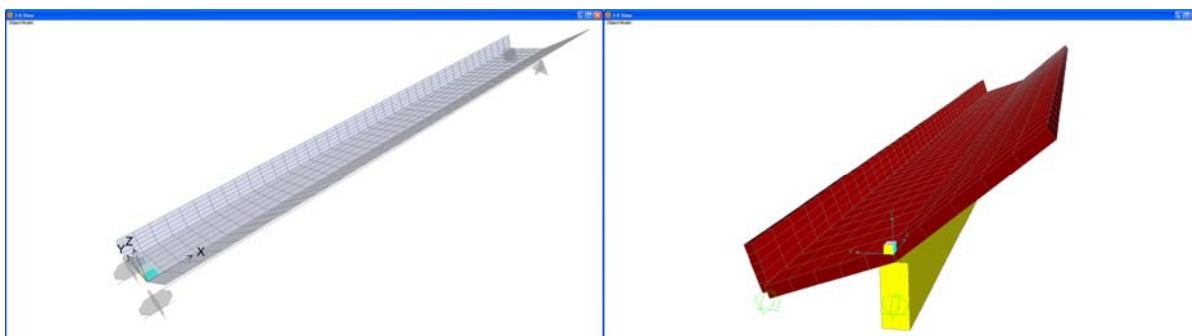
- geometrijsko modeliranje konstrukcije
- vnos materialnih lastnosti
- vnos robnih pogojev v konstrukciji
- preverjanje ustreznosti računskega modela

Za novi šed nosilec smo naredili analizo za stanje, ko je novi šed nosilec že nameščen na podkonstrukcijo, se pravi, je nameščen kot celoten funkcionalen strešni sklop.

4.7.2.1. Priprava računskega modela s SAP 2000

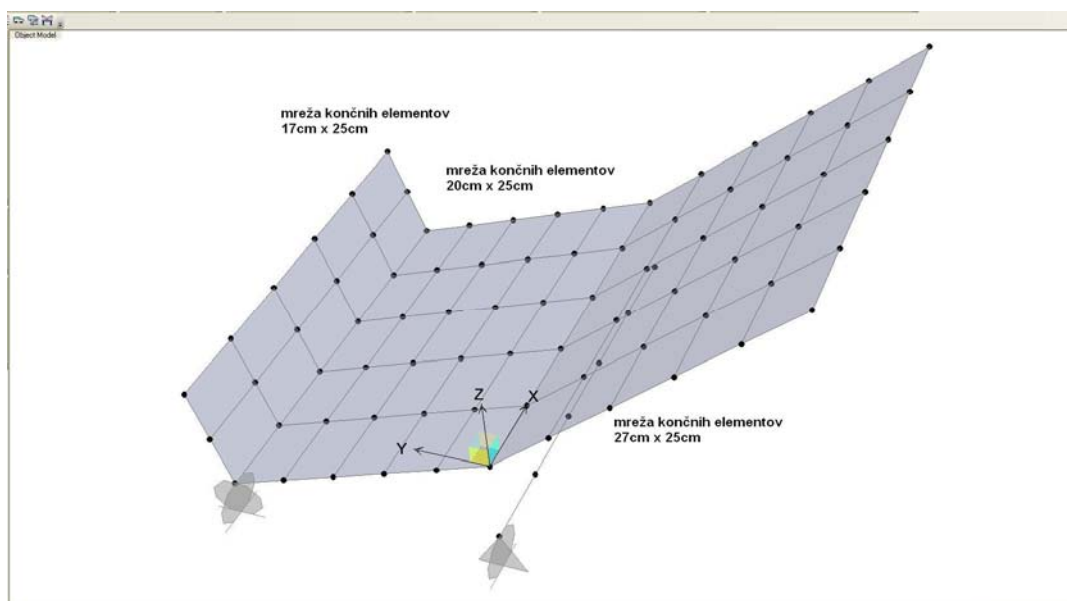
V primeru modelov bomo skušali z računskim modelom zajeti obnašanje strešnega sklopa, izvedenega s šed nosilci.

Ko smo sestavili mrežo pomožnih črt kartezičnega koordinatnega sistema, lahko nanje napnemo nosilce in lupine. Z ukazom Draw Frame Element rišemo linijske elemente med dvema točkama, medtem ko z ukazom Draw Shell Element narišemo ploskovni element med štirimi točkami, te točke so lahko prej definirana vozlišča ali sečišče dveh pomožnih črt.



Slika 4. 40: Računski model v programu SAP

Ko smo narisali glavne elemente modela, lahko le-te razdelimo v končne elemente. V smeri x, torej po dolžini, razdelimo nosilec in lupine na razdalji 25 cm, medtem ko posamezne lupine razdelimo še na manjše dele, v mrežo končnih elementov velikosti 27 cm x 25 cm, 20 cm x 25 cm, 17 cm x 25 cm. Izračuni za model konstrukcije bodo natančnejši v primeru vnosa zelo goste mreže končnih elementov.



Slika 4. 41: Mreža končnih elementov lupine in nosilca v SAP 2000

Definirati je potrebno tudi materialne in geometrijske lastnosti ter določiti imena posameznim konstrukcijskim delom računskega modela. To storimo tako, da v meniju Define izberemo ukaz Frame Sections za linijske elemente in Shell Sections za ploskovne elemente.

Ploskovni elementi, Shell Sections, se v primeru novega šed nosilca med seboj praktično razlikujejo le po debelini. Določiti moramo torej ime ploskovnega elementa (npr. plošča, lupina) material, iz katerega je (beton), debelino (7 cm, 10 cm; glej sliko 4. 39), tip ploskovnega elementa (Shell-Thick) ter podamo material armature.

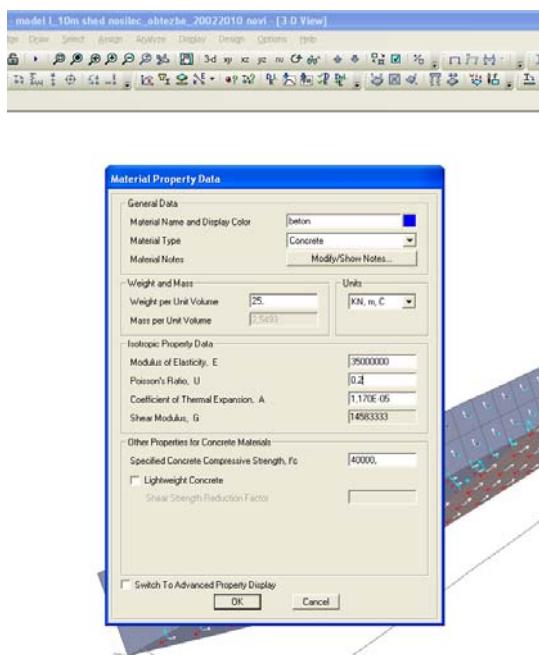
Za določitev geometrijskih lastnosti prereza za primer vzdolžnih nosilcev izberemo ukaz Concrete in Rectangular ter vnesemo podatke, ki jih SAP potrebuje pri analizi računskega modela, dimenzijo; $b \times h = 20 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}$, dolžine 10 m (glej sliko 4. 38), kakovost materiala in armaturo.

Da bi povezali nosilec z lupino v enovito tego celoto, moramo med točkami na lupini in nosilcih določiti vezi. V programu SAP v meniju Assign izberemo ukaz Joint in nato ukaz Constraint in točkam določimo vez, imenovano Body, s katero vozlišča ohranijo medsebojno razdaljo, torej se gibajo kot tego telo. Vez moramo podati za vsak par točk posebej (ena točka na lupini in ena točka na nosilcu, njima sta enaki koordinati "x" in "y", koordinata "z" pa je različna).

Vnos materialnih lastnosti

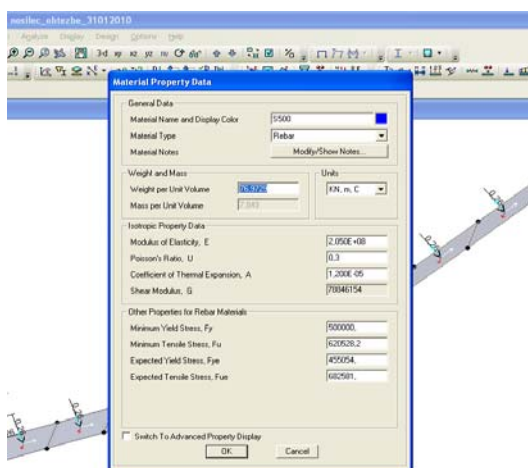
V programu SAP 2000 definiramo materialne lastnosti tako, da v meniju Define izberemo ukaz Materials, v katerem določimo lastnosti materialov (beton oz. Concrete, jeklo oz. Steel ali drugi oz. Other). V primeru, ki ga obravnavamo, vrednosti določimo ročno.

- beton C40/50: $f_{ck}=4 \text{ kN/cm}^2$, $E_{cm}=3500 \text{ kN/cm}^2$, $\tau_{Rd}=0.03 \text{ kN/m}^2$



Slika 4. 42: Določitev materialnih karakteristik za beton

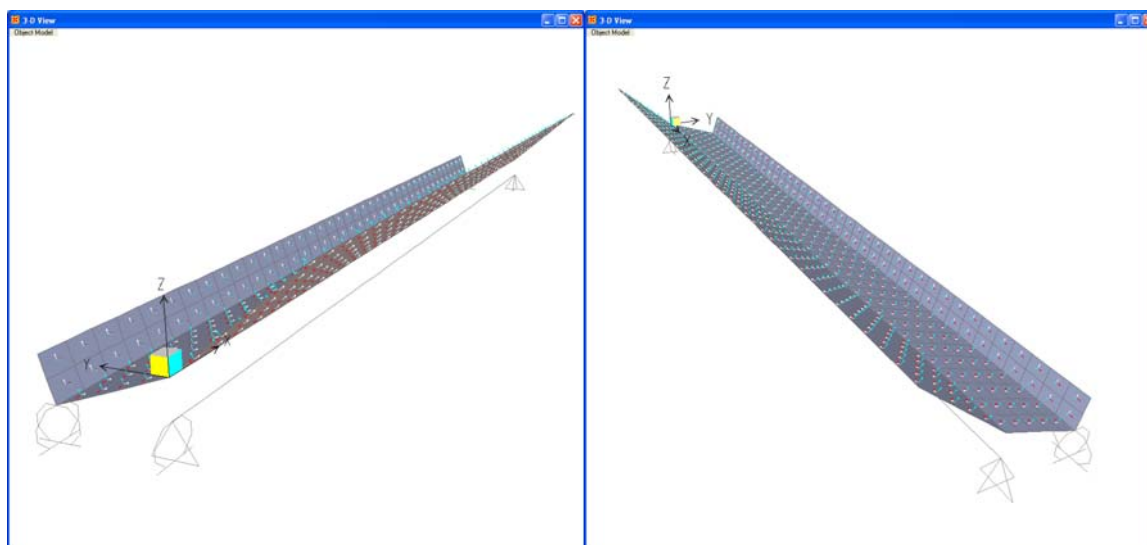
- armatura S500: $f_{yk}=50 \text{ kN/m}^2$ (rebraste arm. palice)



Slika 4. 43: Določitev materialnih karakteristik za armaturo

Vnos robnih pogojev računskega modela

Novi šed nosilec bo na svojih krajnih delih nalegal na nosilno podkonstrukcijo. To se bo izvedlo s točkovnim vpetjem s trni. V računskem modelu trne modeliramo kot vrtljive podpore. Na začetni točki pri obeh vzdolžnih nosilcih določimo podporo, s katero preprečimo pomike v Y in Z smeri globalnega koordinatnega sistema, medtem ko dovolimo vse zasuke in pomik v X smeri. Na končni točki vzdolžnih nosilcev določimo podporo, s katero preprečimo pomike v X, Y in Z smer globalnega koordinatnega sistema, dovolimo pa vse zasuke okoli te točke. V SAP programu podpore točkam določimo tako, da označimo določeno točko, izberemo meni Assign, nato v njem izberemo podmeni Joint in nato ukaz Restraints in v tem okencu označimo, katere robne pogoje bomo tem točkam določili.

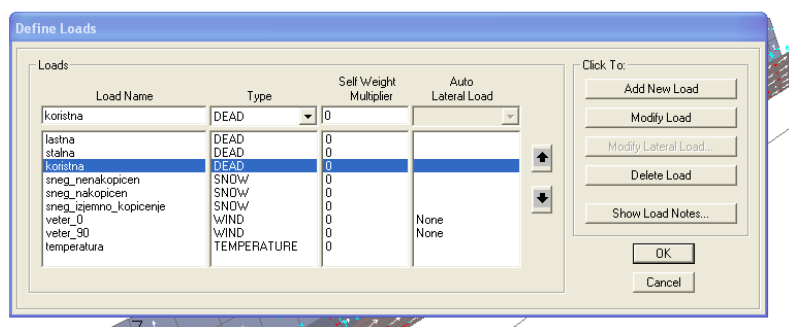


Slika 4. 44: Določitev podpor na začetku ($l=0$ m) in na koncu ($l=10$ m) nosilca

Vnos vplivov na konstrukcijo in obtežne kombinacije

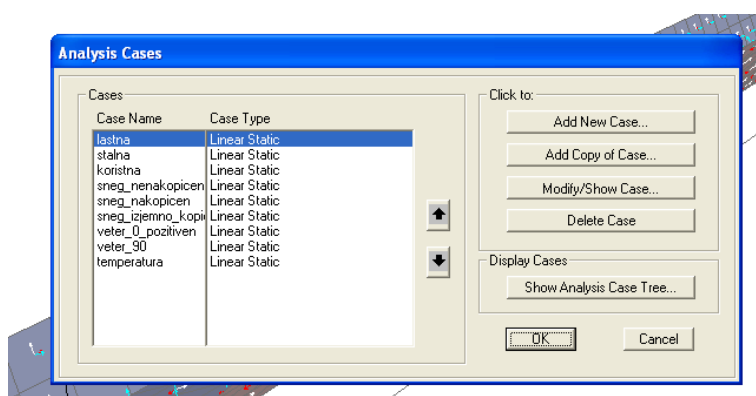
Po definiranju robnih pogojev vpetja sledi definiranje obtežnih primerov, ki delujejo na računski model novega šed nosilca. Obtežne primere definiramo v meniju Define, v katerem izberem ukaz Load Cases. Podamo ime obtežbenega primera in za vsakega izberemo tip

obtežbe. Za vse obtežne primere je faktor za lastno težo 0, saj bomo lastno težo elementov modela podali ročno in jo program ne bo zgeneriral sam.



Slika 4. 45: Določitev obtežnih primerov

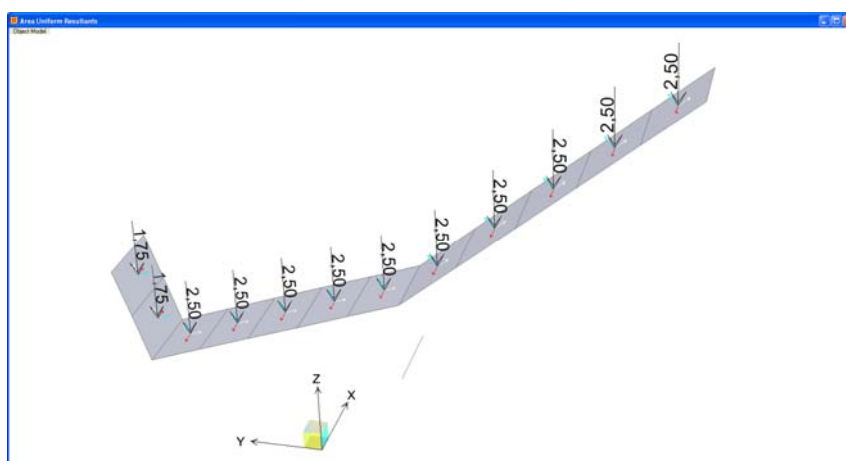
Ko določimo obtežne primere, programu določimo še obtežbe, ki jih bo upošteval v analizi računskega modela. Obtežne primere za analizo računskega modela definiramo v meniju Define, v katerem izberemo ukaz Analysis Cases.



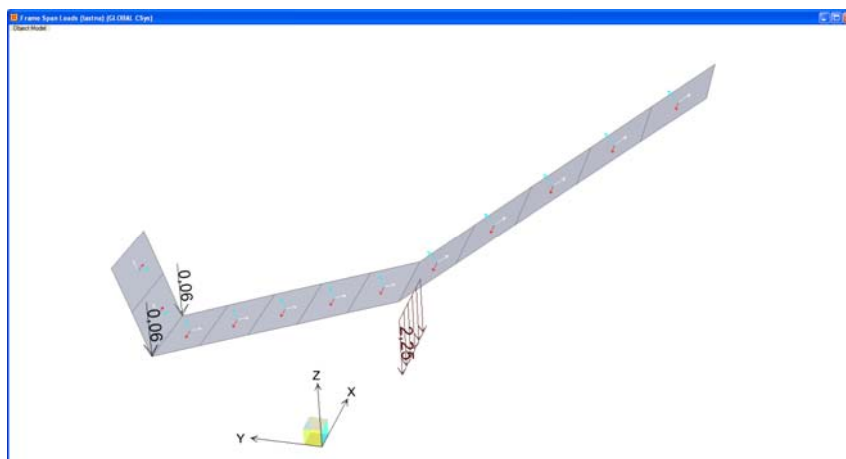
Slika 4. 46: Določitev primerov za analizo

Ko določimo obtežne primere, je z njimi potrebno obtežiti posamezne dele računskega modela novega šed nosilca. Obtežni primer določenemu delu računskega modela, lupini ali linijskem elementu določimo z menijem Assign. Najprej označimo določen del, v našem primeru lupino, in potem v meniju Assign izberemo Shell Static Loads. Znotraj tega izberemo ukaz za enakomerno obtežbo Uniform. V okencu, ki se odpre, izberemo obtežni primer Load Case Name, temu primeru določimo smer, v katero deluje (ta je lahko v smeri globalnega X,

Lastno težo lupine in nosilcev podamo kot površinsko ali linijsko obtežbo v smeri Z globalnega koordinatnega sistema modela konstrukcije.

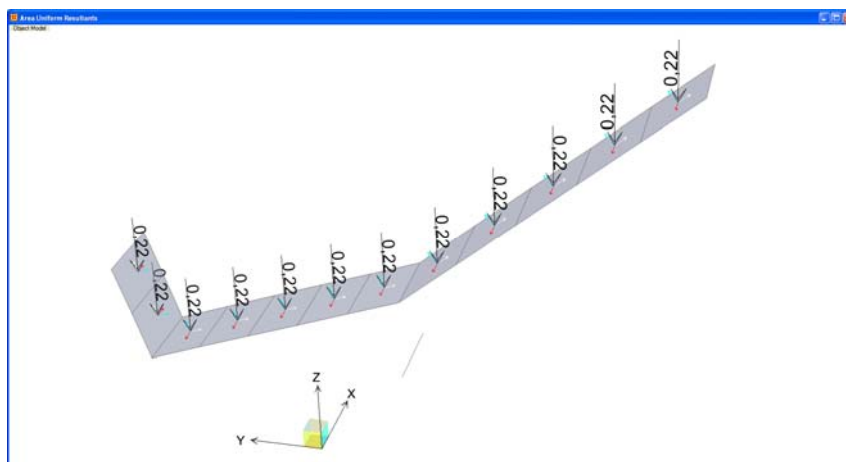


Slika 4. 47: Lastna teža na lupino nosilca

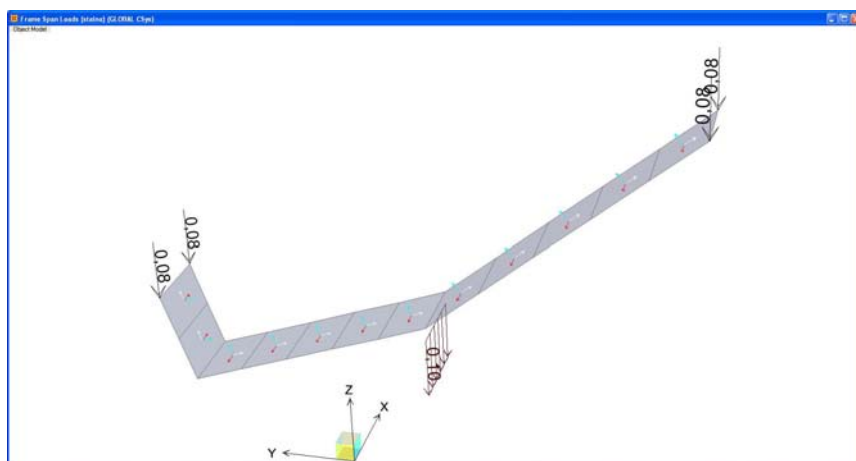


Slika 4. 48: Lastna teža na nosilec

Stalno obtežbo lupine in nosilcev podamo kot površinsko ali linijsko obtežbo v smeri Z globalnega koordinatnega sistema modela konstrukcije.

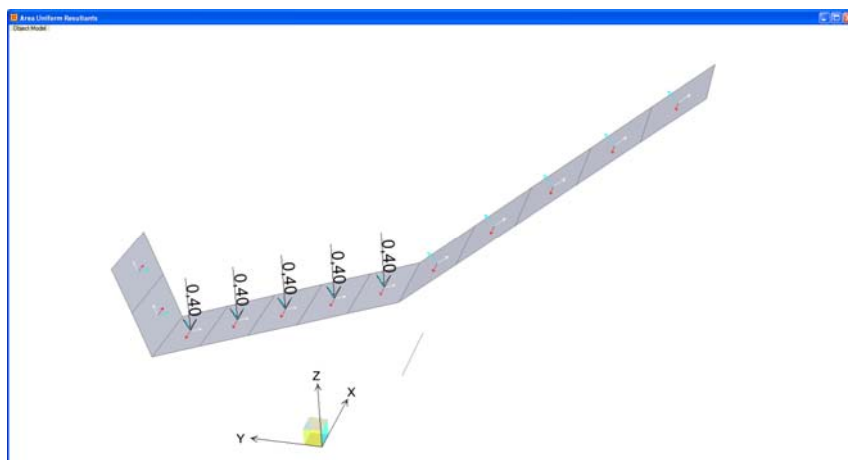


Slika 4. 49: Stalna obtežba na lupino nosilca



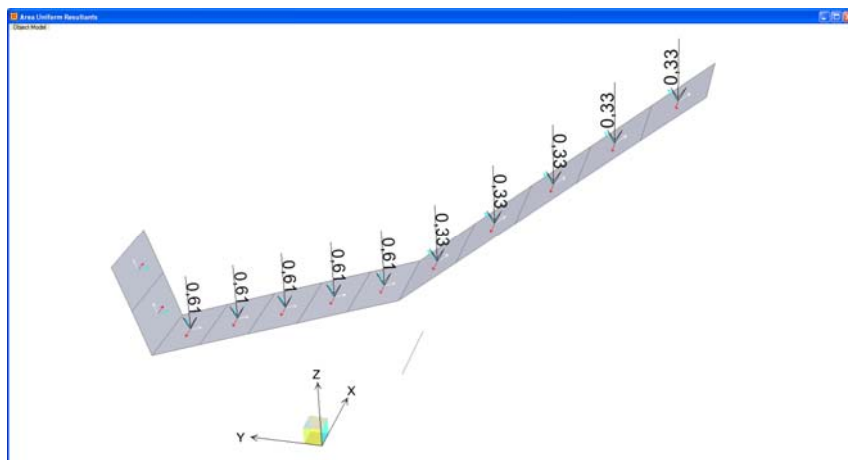
Slika 4. 50: Stalna obtežba na nosilec in obtežba stalne teže oken na lupino

Koristno obtežbo lupine podamo kot površinsko ali linijsko obtežbo v smeri Z globalnega koordinatnega sistema modela konstrukcije.

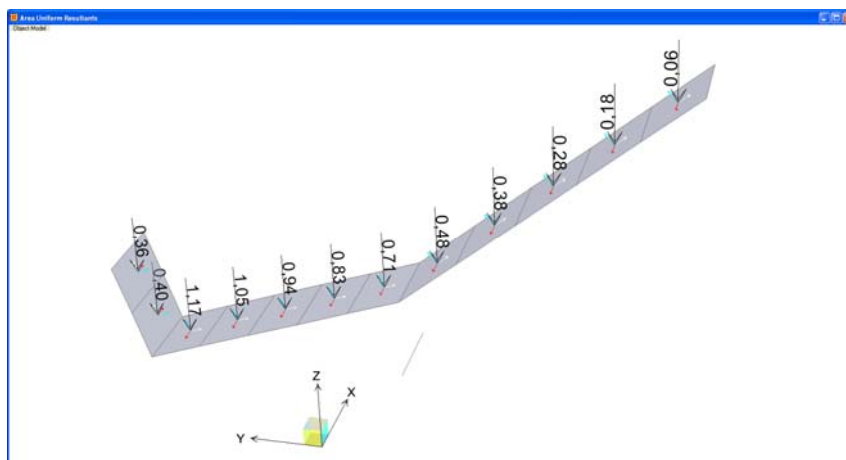


Slika 4. 51: Koristna obtežba na lupino nosilca

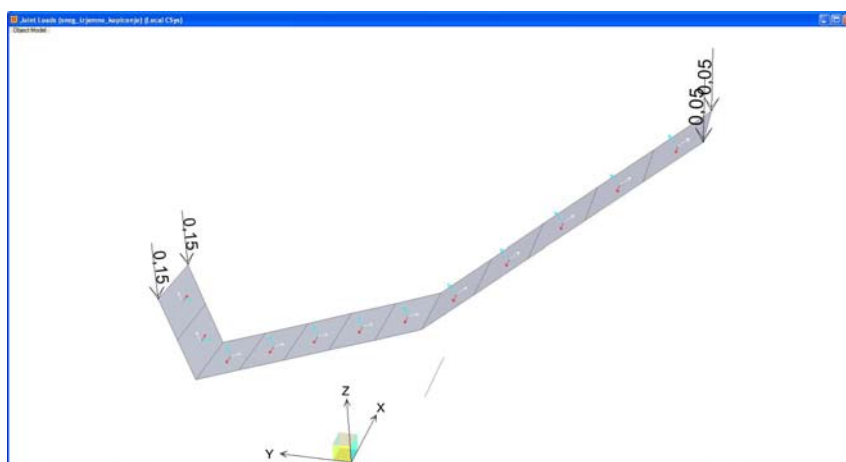
Obtežbo snega na lupino podamo kot površinsko ali linijsko obtežbo, kot projekcijo v smeri Z globalnega koordinatnega sistema modela konstrukcije.



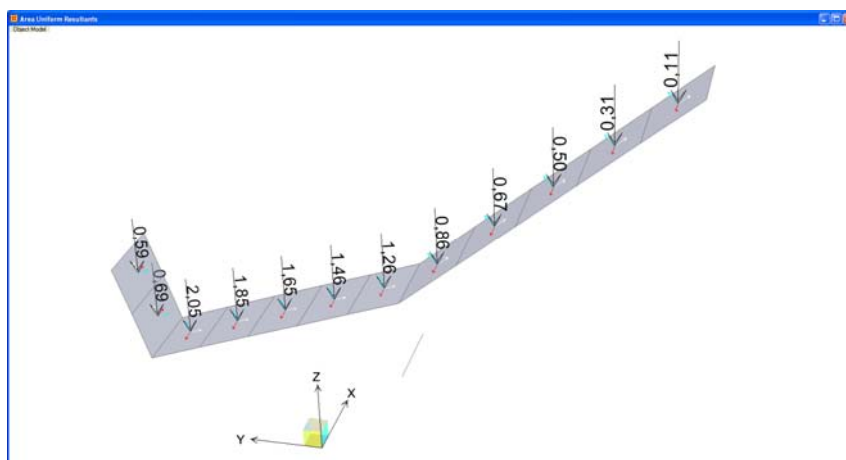
Slika 4. 52: Obtežba nenakopičenega snega na lupino nosilca



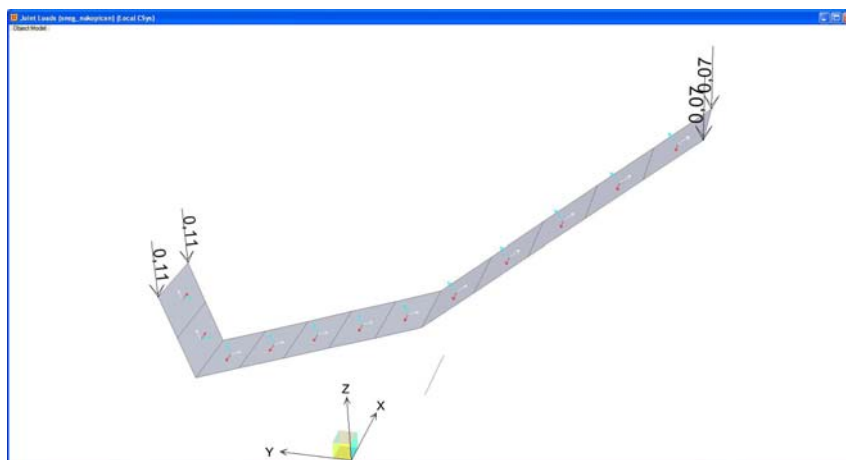
Slika 4. 53: Obtežba nakopičenega snega na lupino nosilca



Slika 4. 54: Obtežba nakopičenega snega na lupino nosilca okna

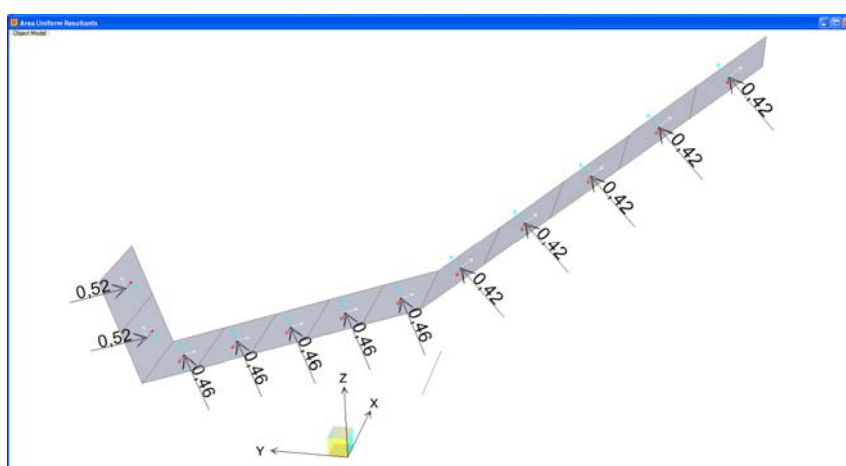


Slika 4. 55: Obtežba ob izjemnem kopičenju snega na lupino nosilca

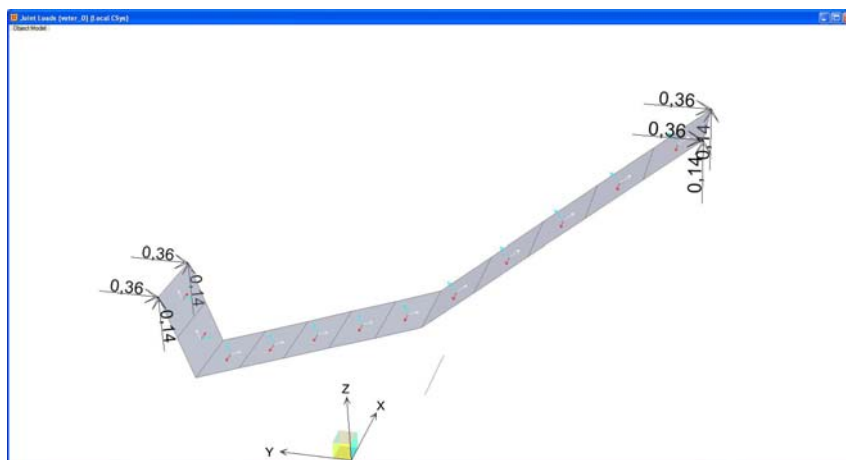
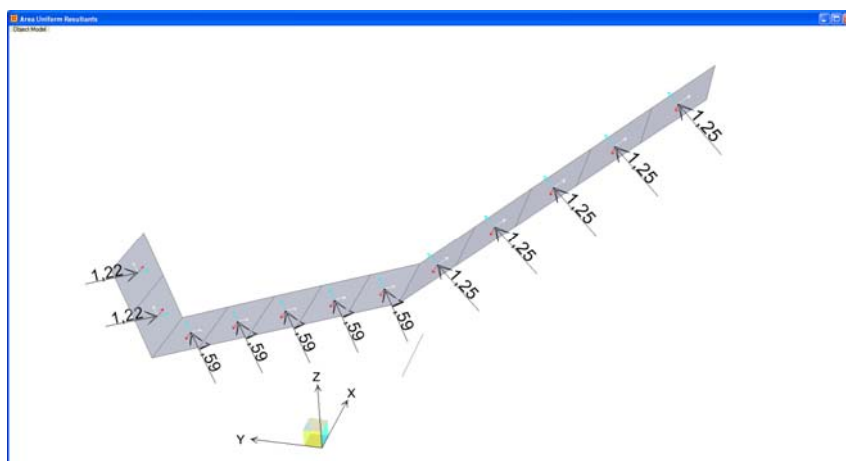
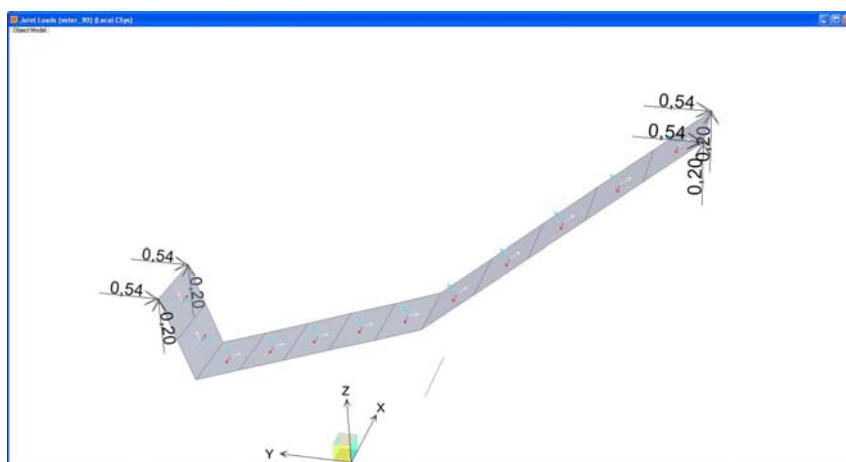


Slika 4. 56: Obtežba ob izjemnem kopičenju snega na lupino nosilca okna

Obtežbo z vetrom na lupino podamo v smeri 3 lokalnega koordinatnega sistema lupine.



Slika 4. 57: Obtežba vetra v smeri 0° na lupino nosilca

Slika 4. 58: Obtežba vetra v smeri 0° na lupino nosilca oknaSlika 4. 59: Obtežba vetra v smeri 90° na lupino nosilcaSlika 4. 60: Obtežba vetra v smeri 90° na lupino nosilca okna

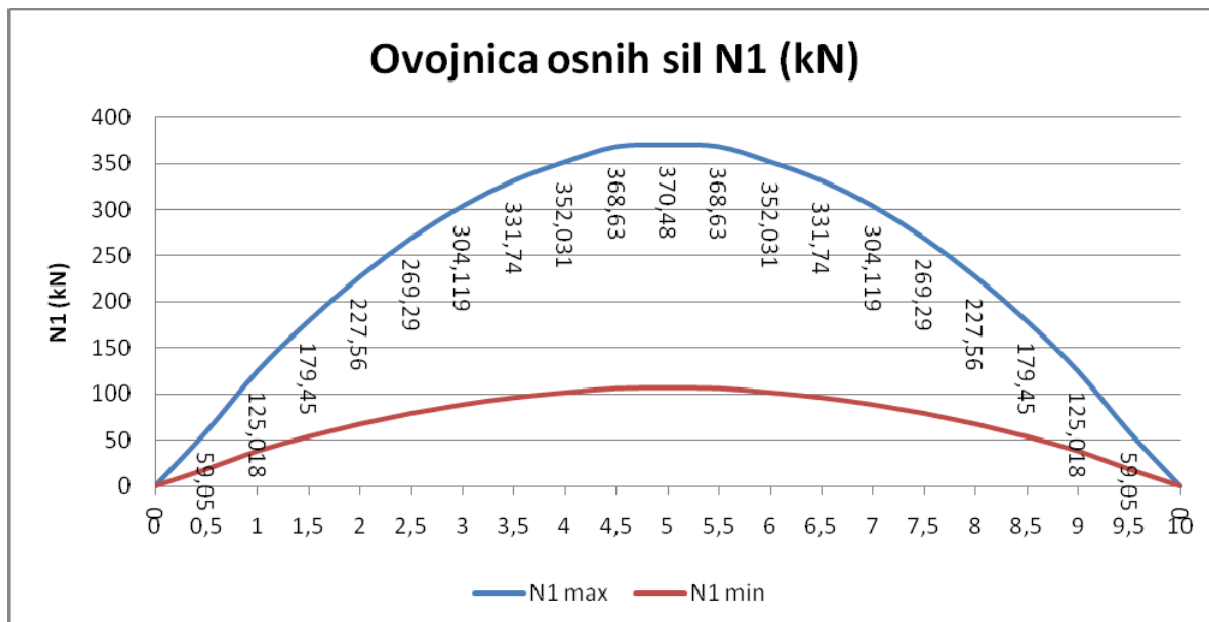
Obtežne kombinacije na računskem modelu določimo v meniju Define z ukazom Load Combinations. V tem meniju izberemo ukaz Add New Combo, kjer določimo ime obtežne kombinacije (Load Combination Name) in njen tip (Load Combination Type). Za vse obtežne kombinacije smo izbrali tip ADD, kjer so vsi obtežni primeri v kombinaciji pomnoženi s svojim faktorjem (Scale Factor) in seštet. Izbiramo lahko že prej določene in definirane obtežne primere in vpišemo modifikacijske faktorje za vsako obtežbo ter določimo, za kateri material se obtežni primer nanaša (Steel, Concrete).

4.8 Predstavitev in analiza rezultatov

4.8.1 Analiza rezultatov modela novega šed elementa

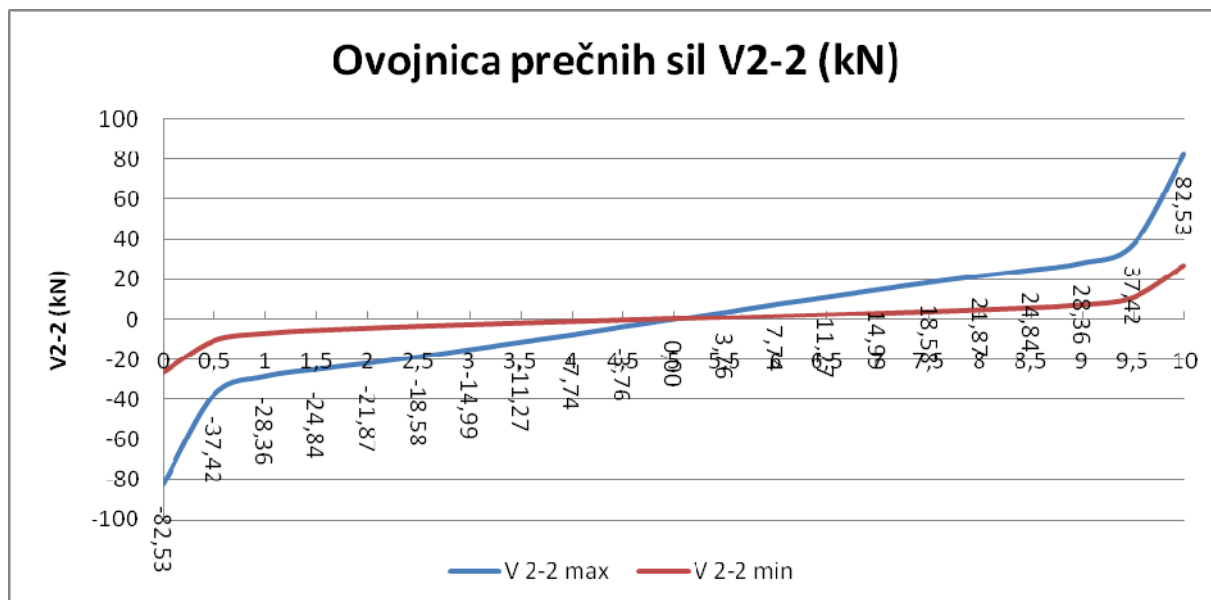
Analiza rezultatov nosilcu:

Ovojnica osnih sil MSN:



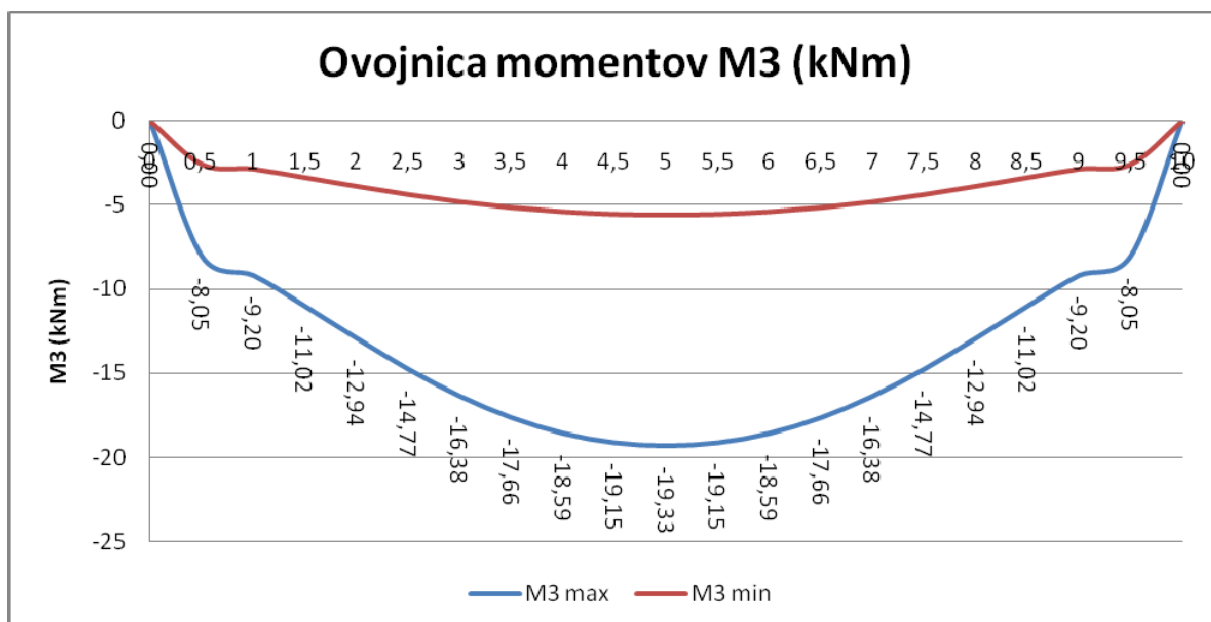
Slika 4. 61: Ovojnica osnih sil N (kN) v nosilcu

Ovojnica prečnih sil MSN:

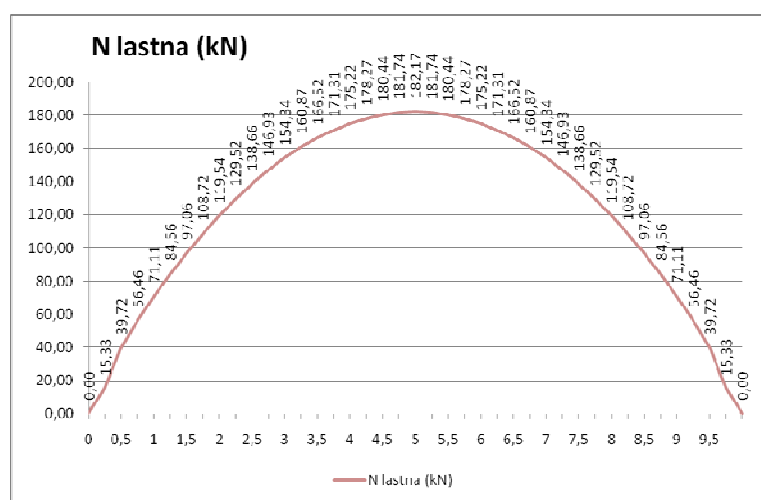
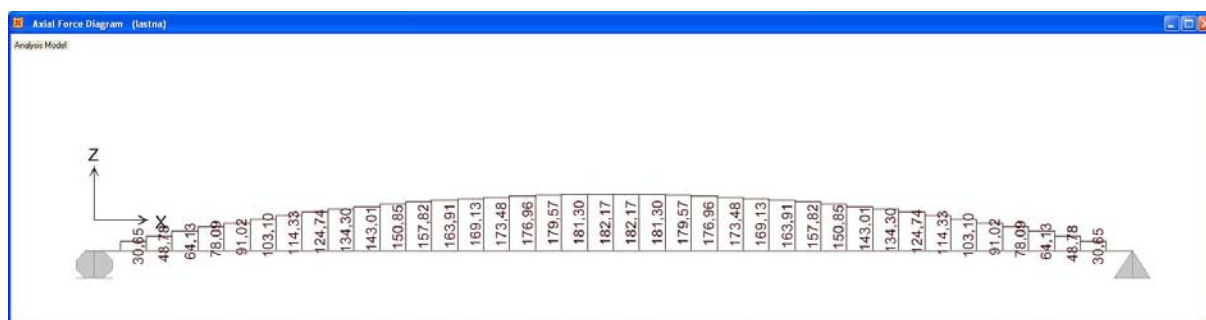


Slika 4. 62: Ovojnica prečnih sil V (kN) v nosilcu

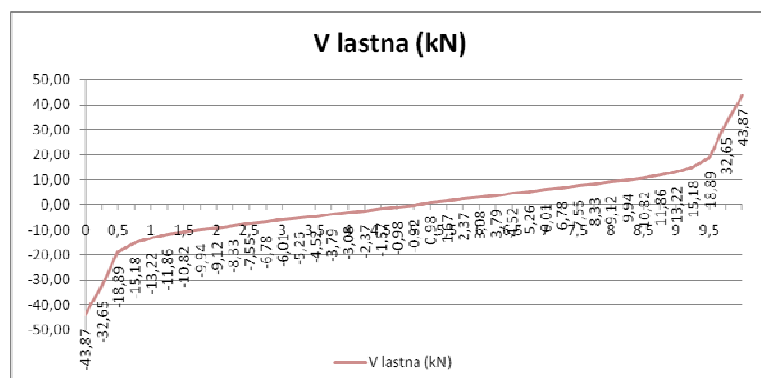
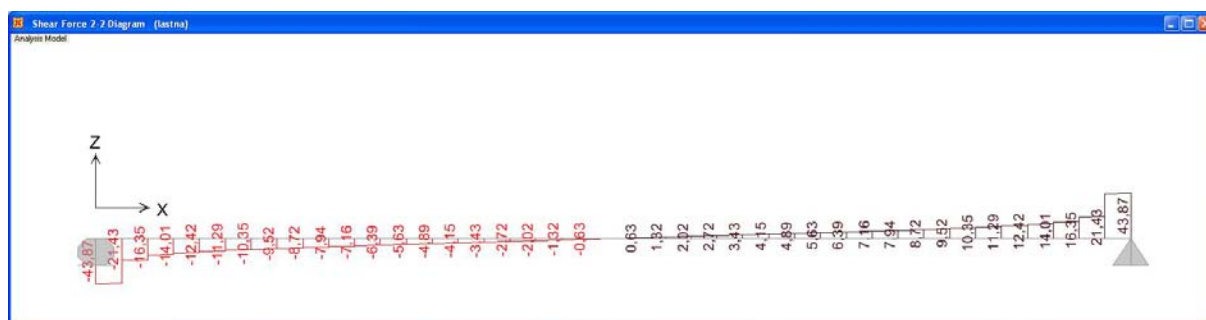
Ovojnica momentov MSN:



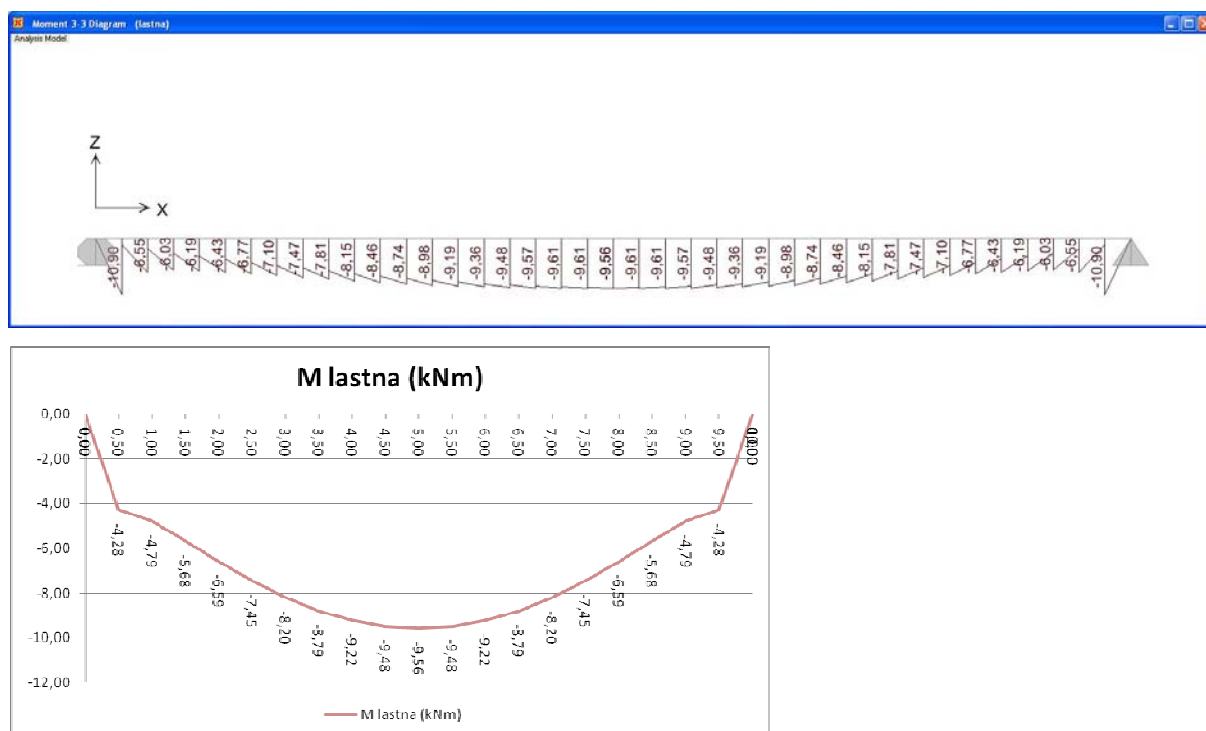
Slika 4. 63: Ovojnica momentov M (kNm) v nosilcu



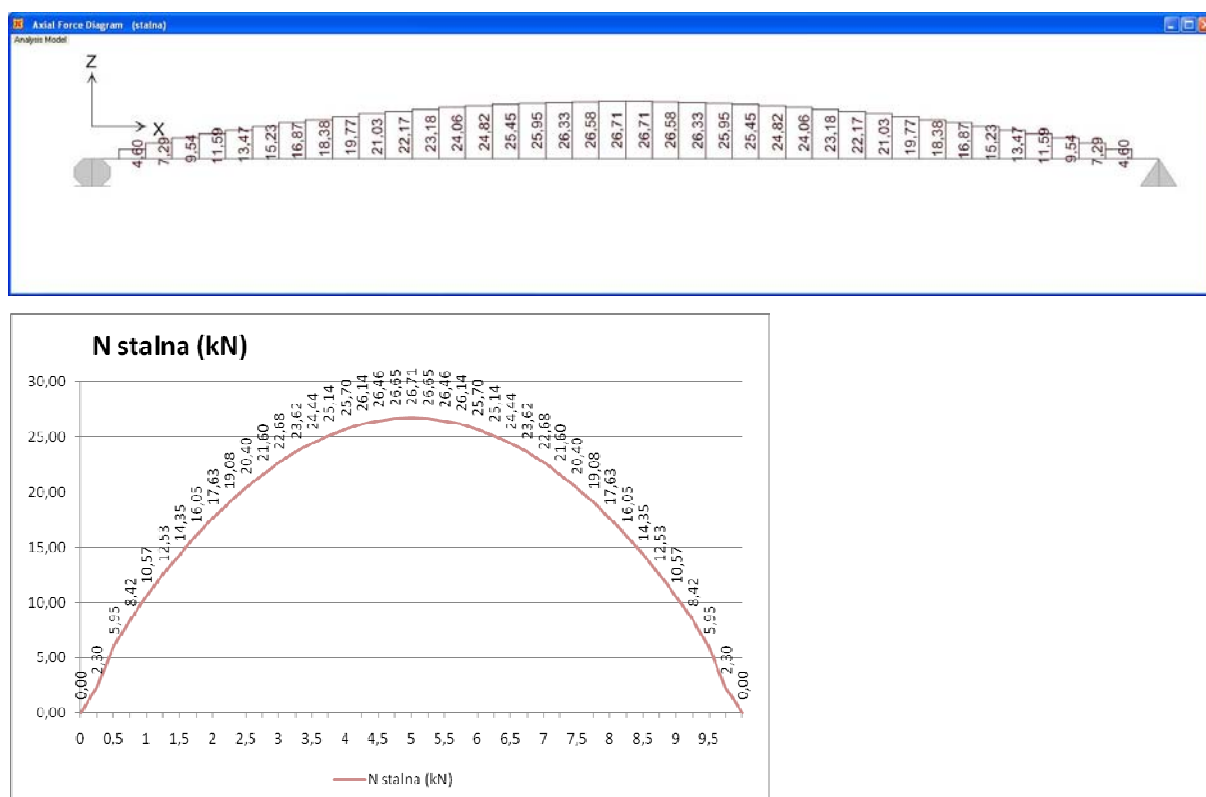
Slika 4. 64: Diagram osne sile v nosilcu pri lastni obteži



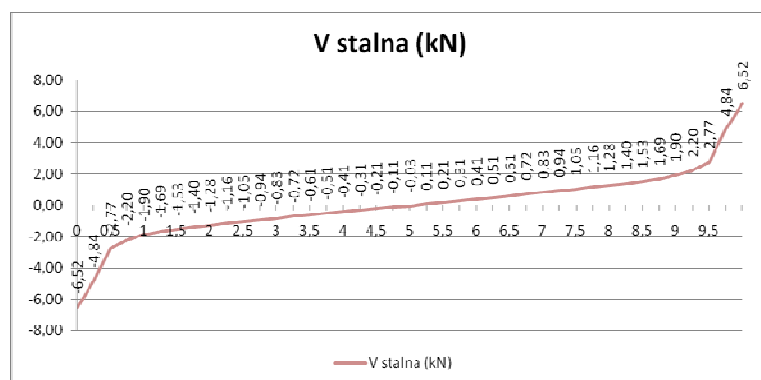
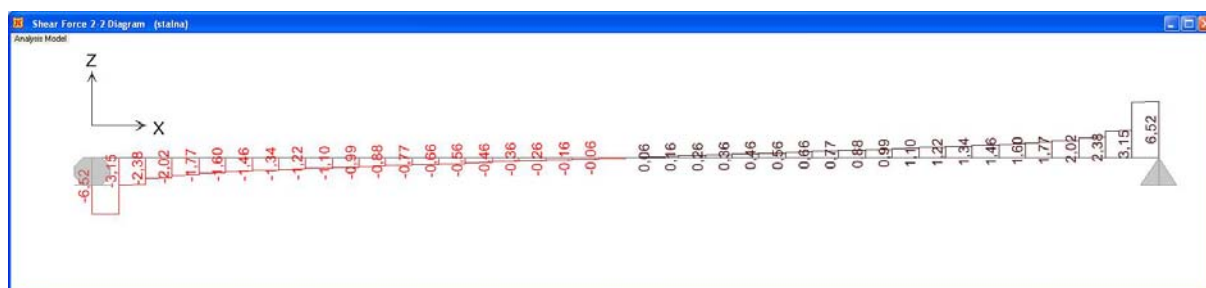
Slika 4. 65: Diagram prečne sile v nosilcu pri lastni obteži



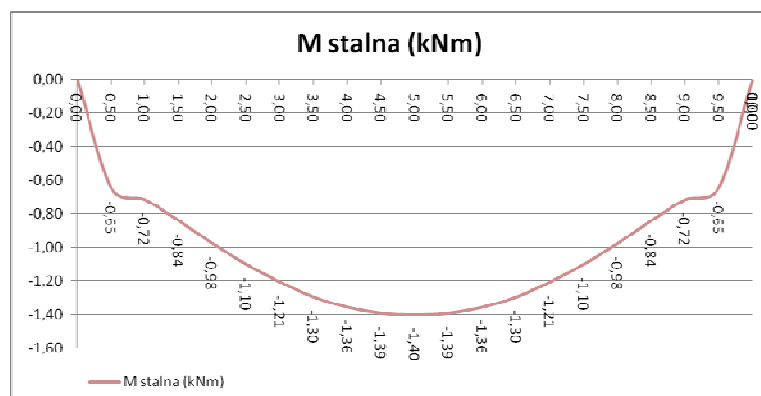
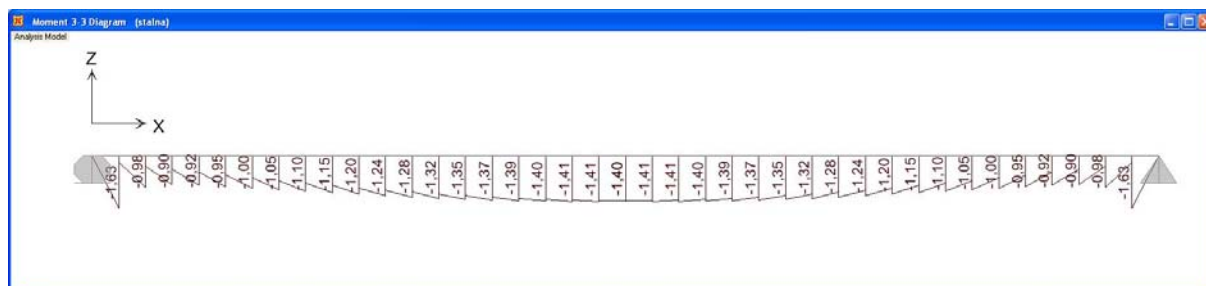
Slika 4. 66: Diagram momentov v nosilcu pri lastni obtežbi



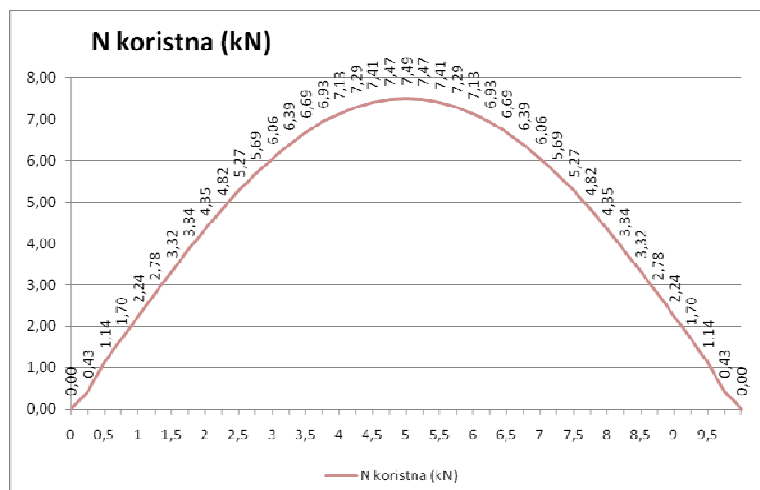
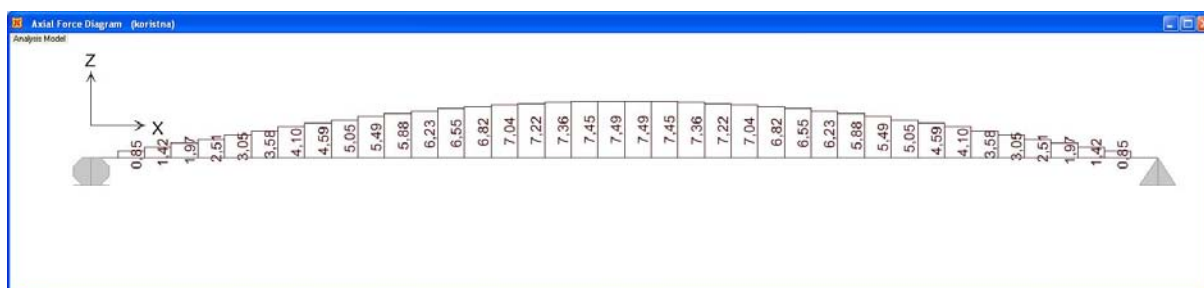
Slika 4. 67: Diagram osne sile v nosilcu pri stalni obtežbi



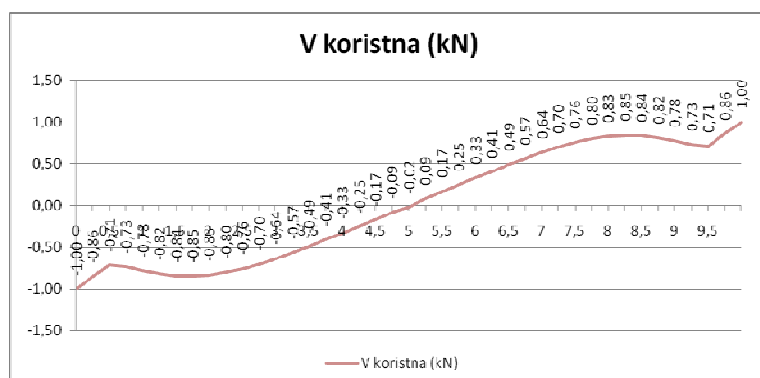
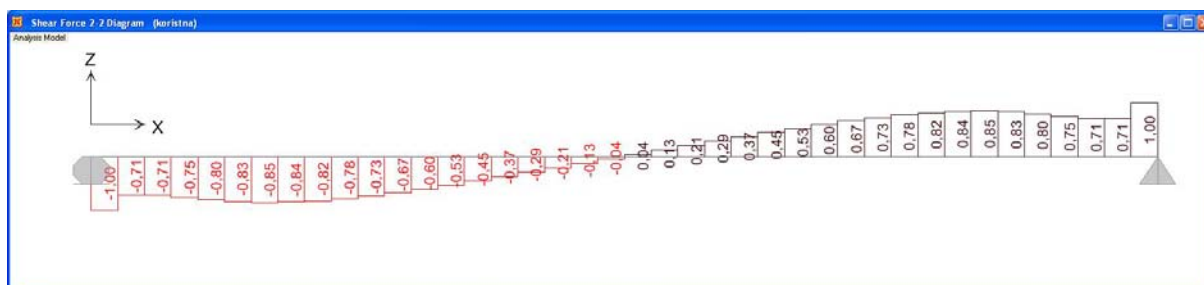
Slika 4. 68: Diagram prečne sile v nosilcu pri stalni obtežbi



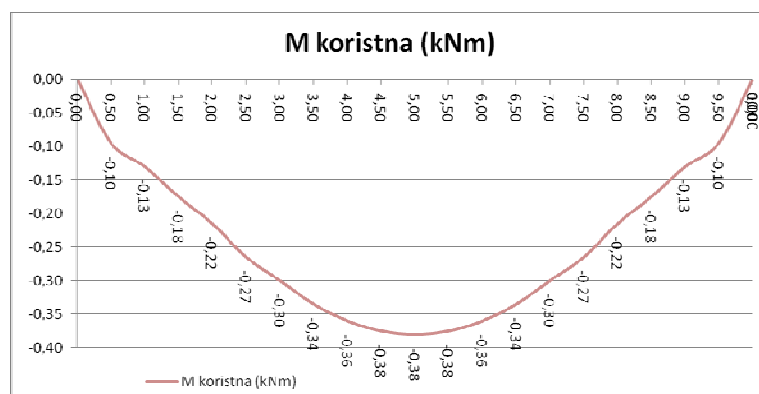
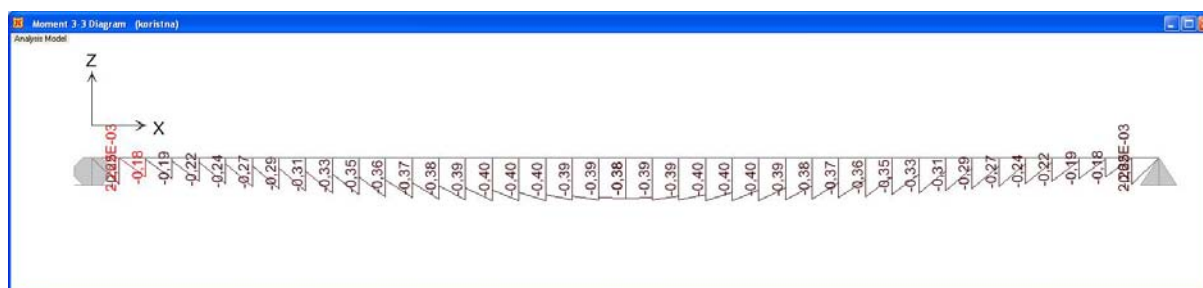
Slika 4. 69: Diagram momentov v nosilcu pri stalni obtežbi



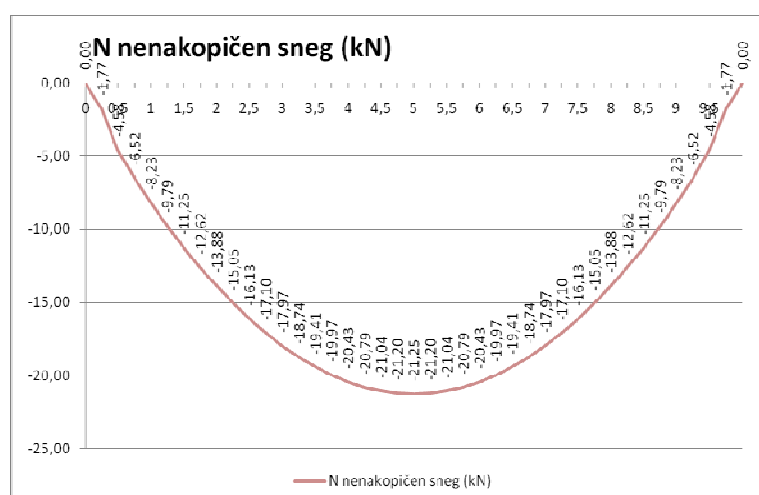
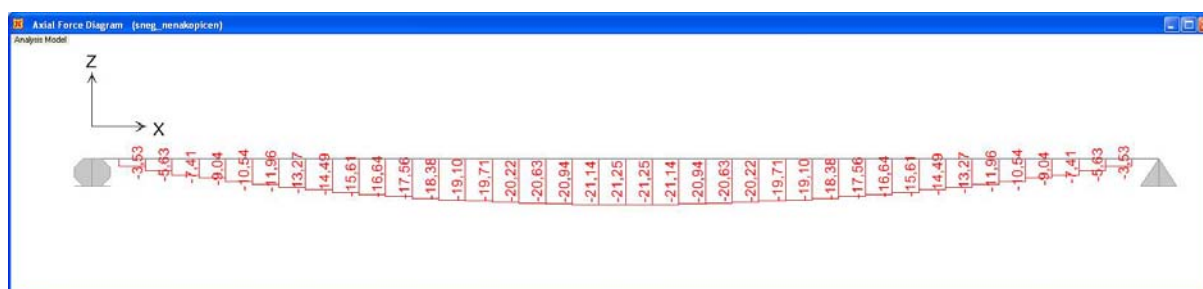
Slika 4. 70: Diagram osne sile v nosilcu pri koristni obtežbi



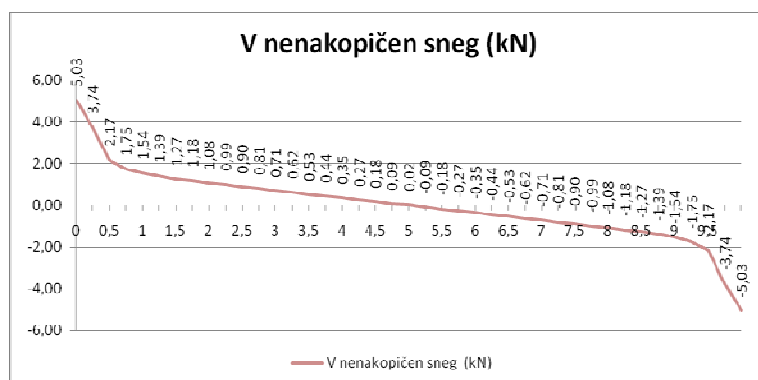
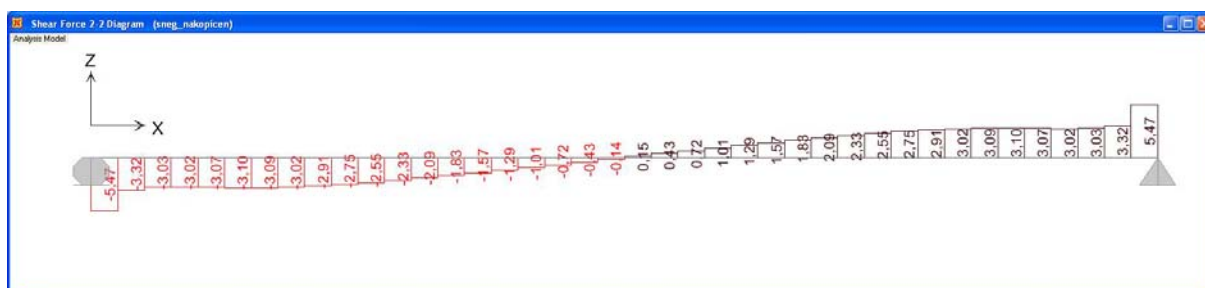
Slika 4. 71: Diagram prečne sile v nosilcu pri koristni obtežbi



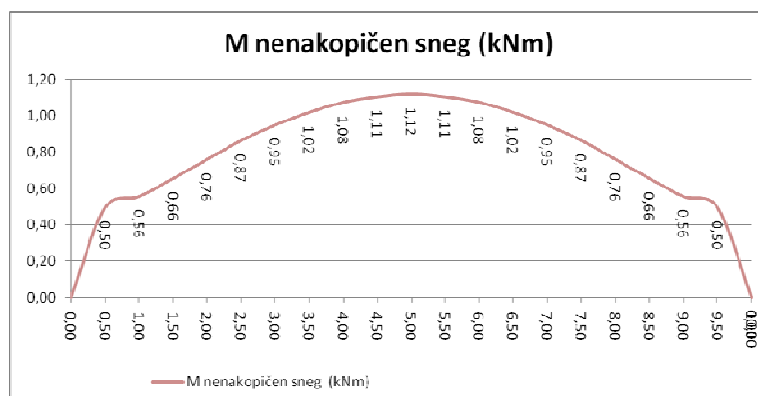
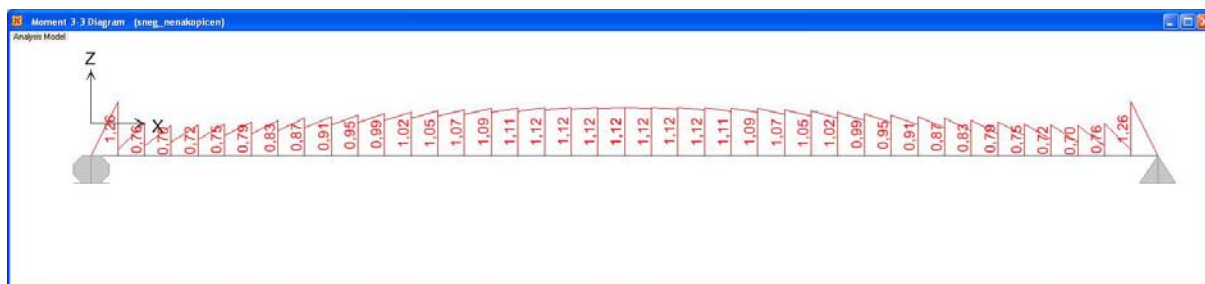
Slika 4. 72: Diagram momentov v nosilcu pri koristni obtežbi



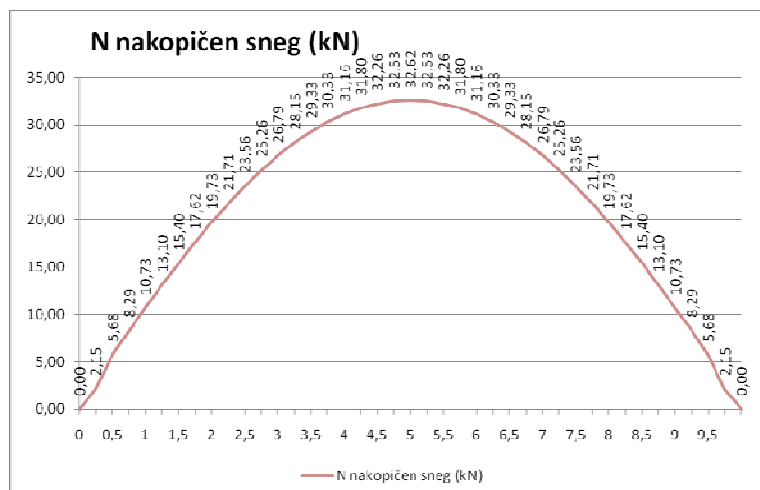
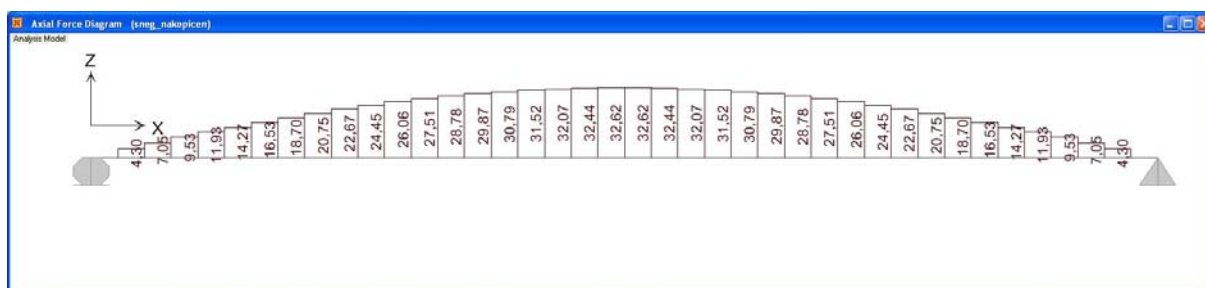
Slika 4. 73: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi nenakopičenega snega



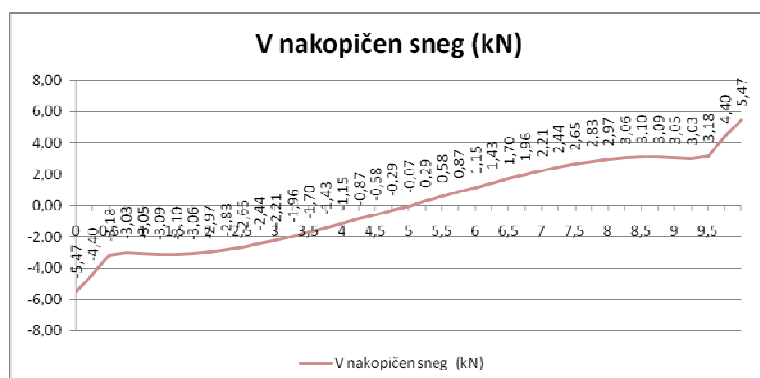
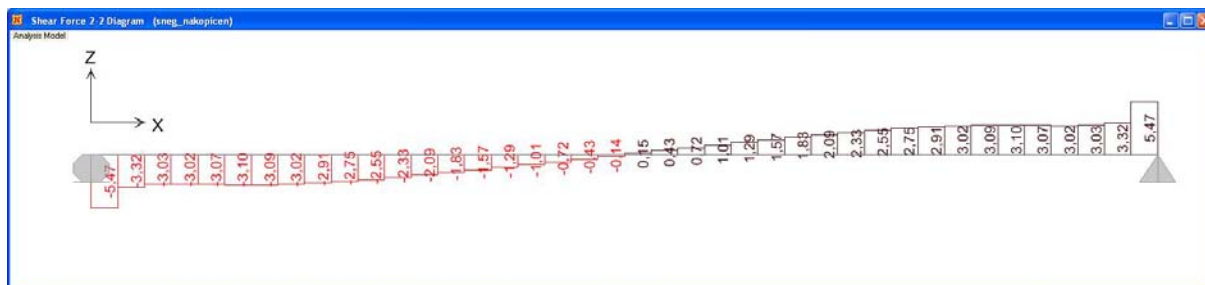
Slika 4. 74: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi nenakopičenega snega



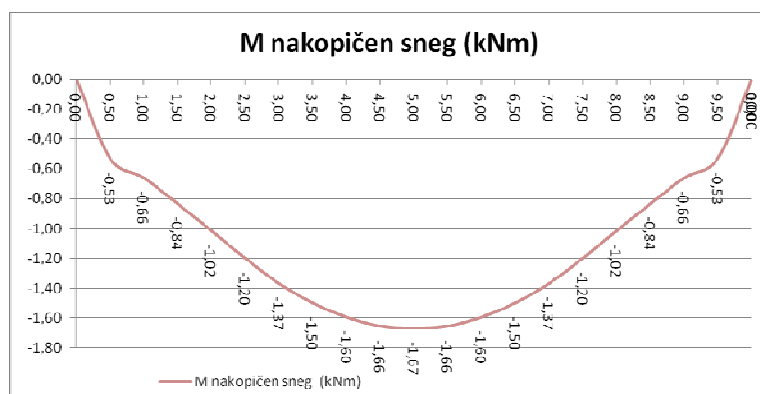
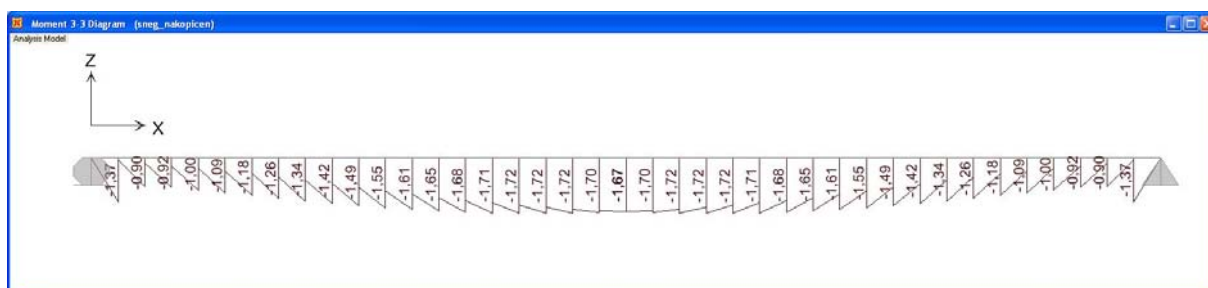
Slika 4. 75: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi nenakopičenega snega



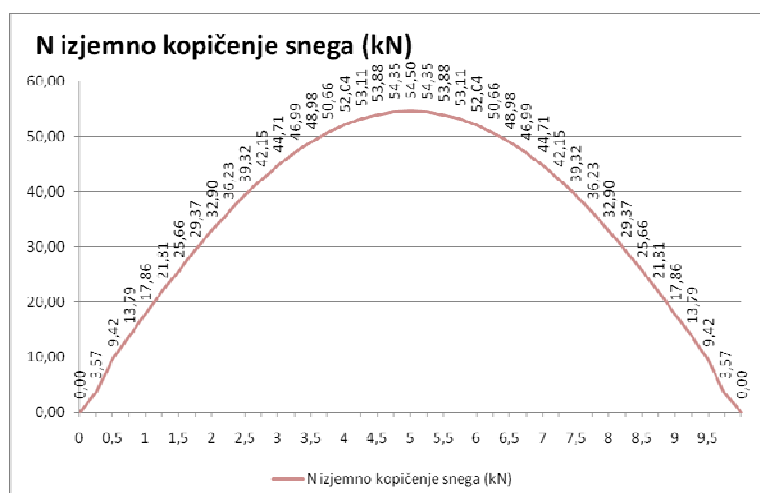
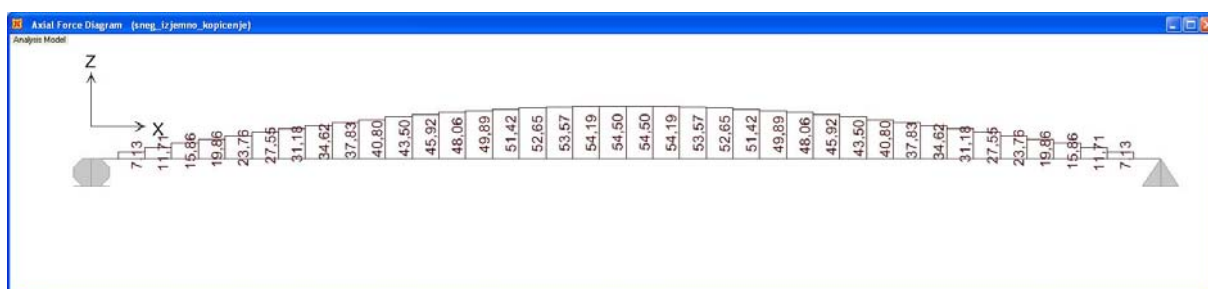
Slika 4. 76: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi nakopičenega snega



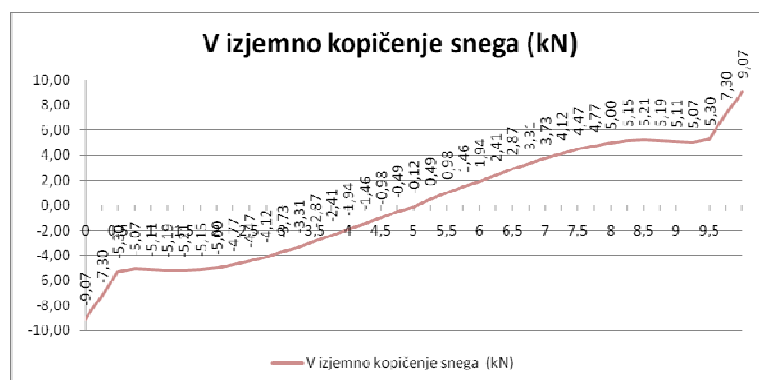
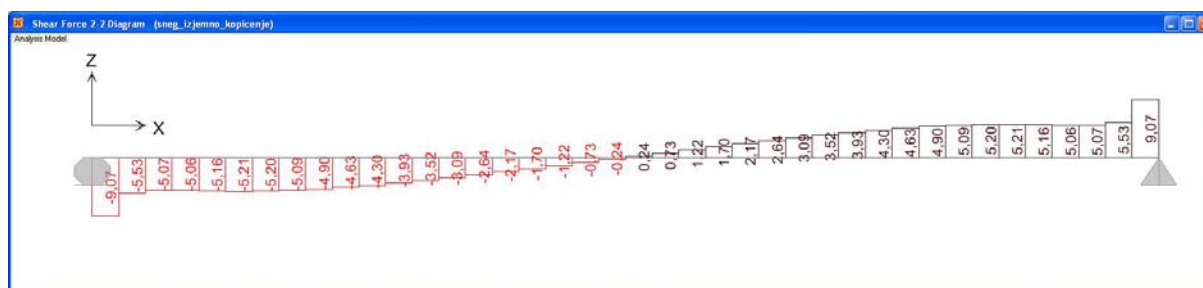
Slika 4. 77: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi nakopičenega snega



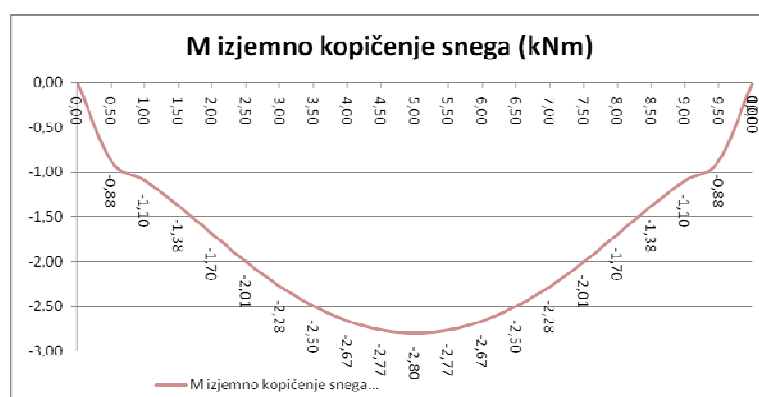
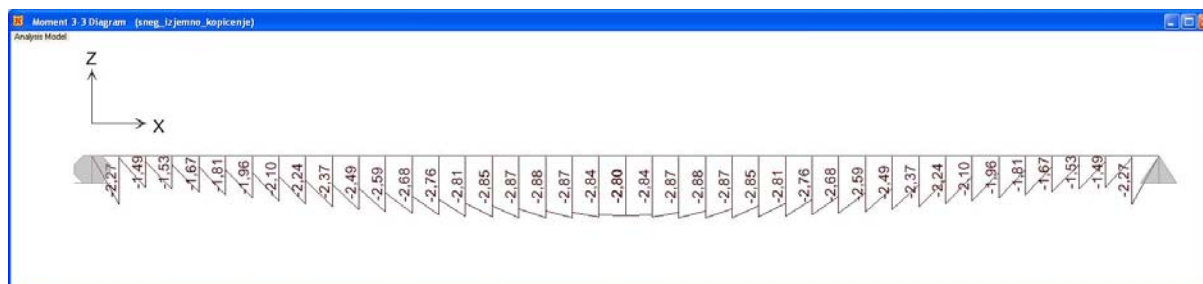
Slika 4. 78: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi nakopičenega snega



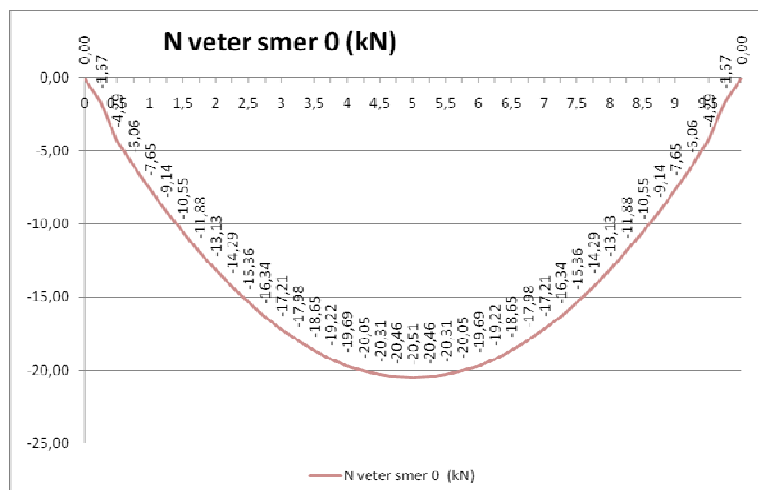
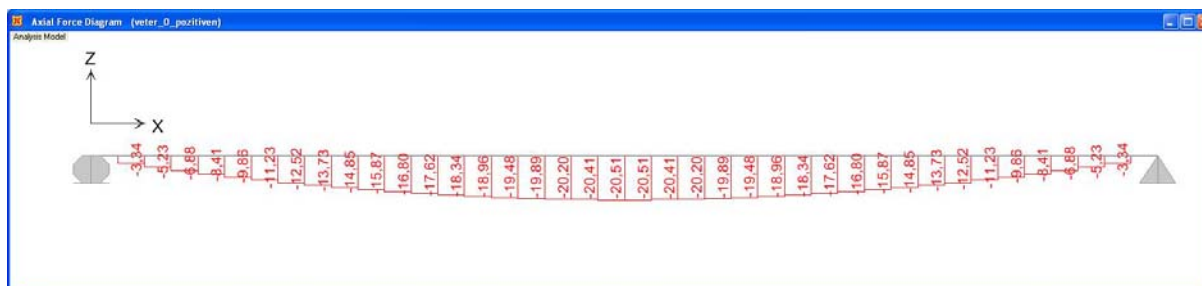
Slika 4. 79: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi izjemnega kopičenja snega



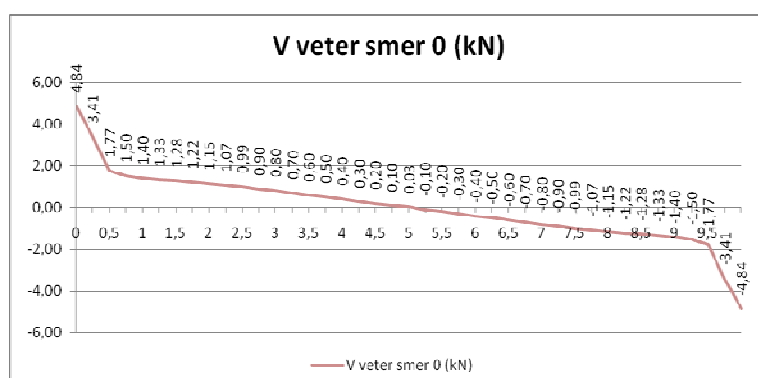
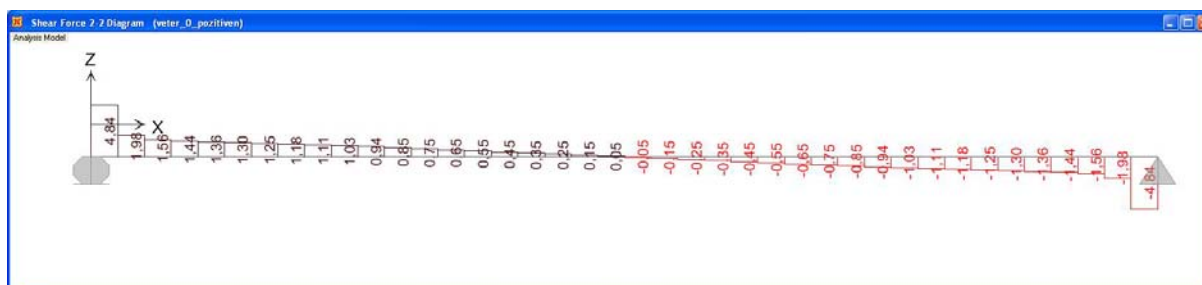
Slika 4. 80: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi izjemnega kopičenja snega



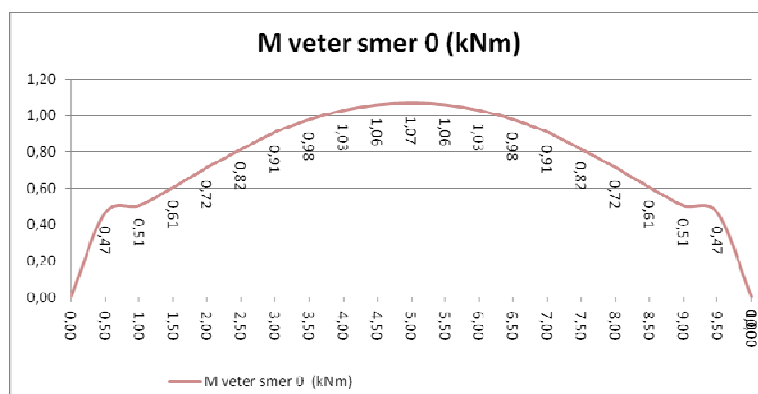
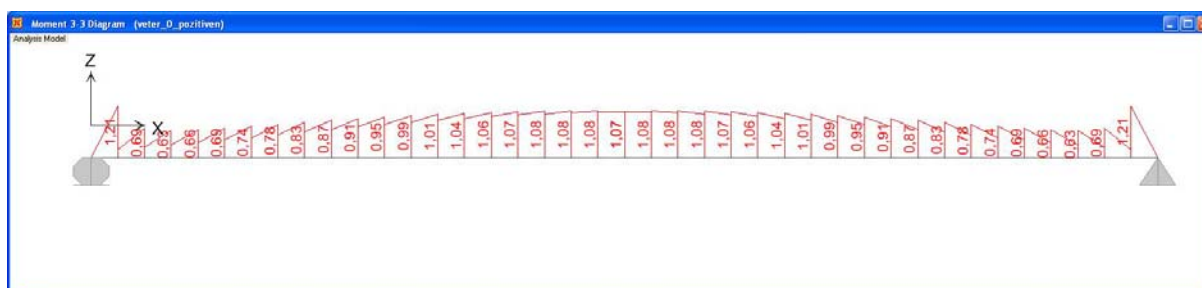
Slika 4. 81: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi izjemnega kopičenja snega



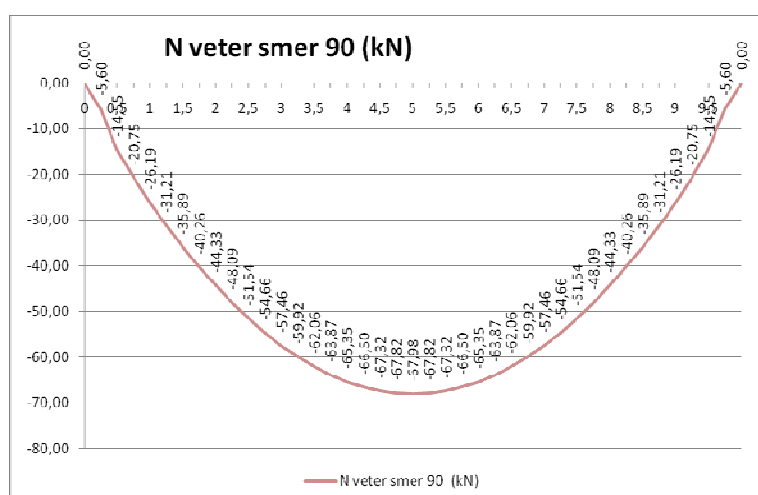
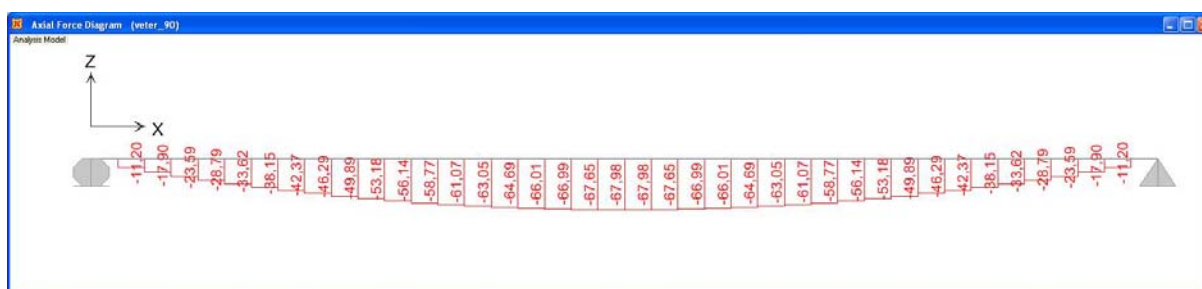
Slika 4. 82: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 0



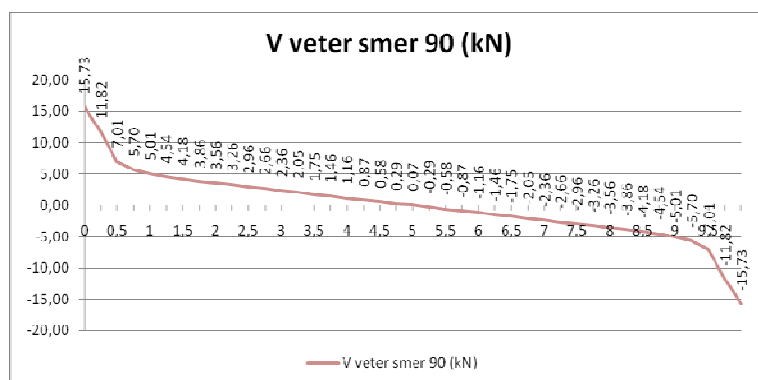
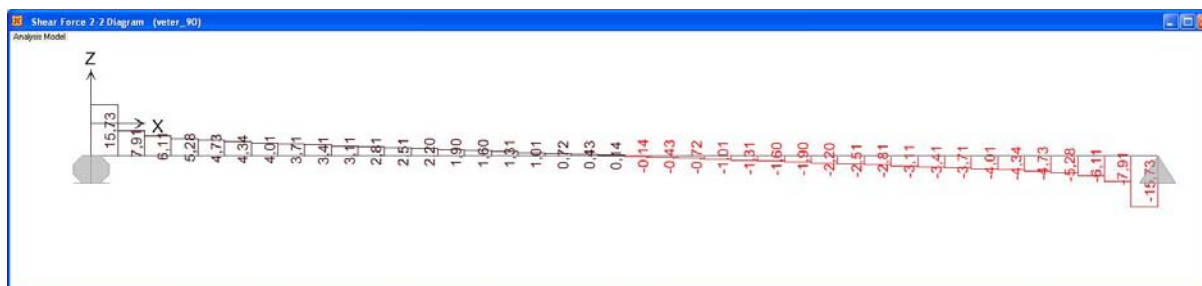
Slika 4. 83: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 0



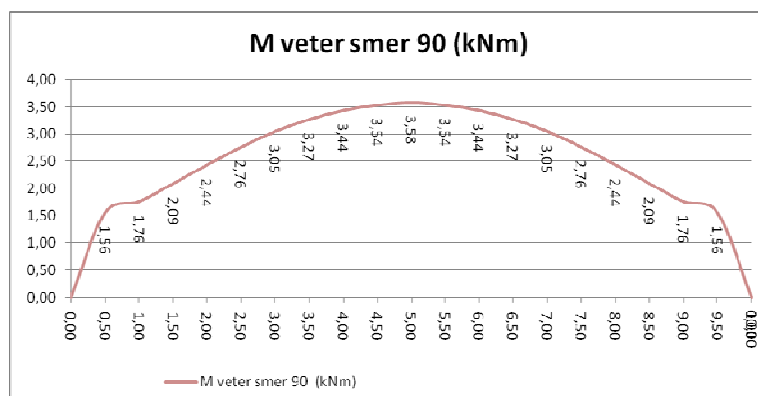
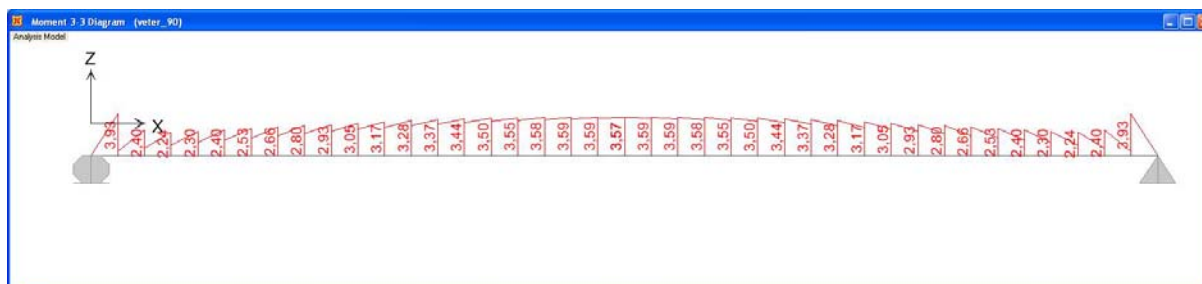
Slika 4. 84: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 0



Slika 4. 85: Diagram osne sile v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 90



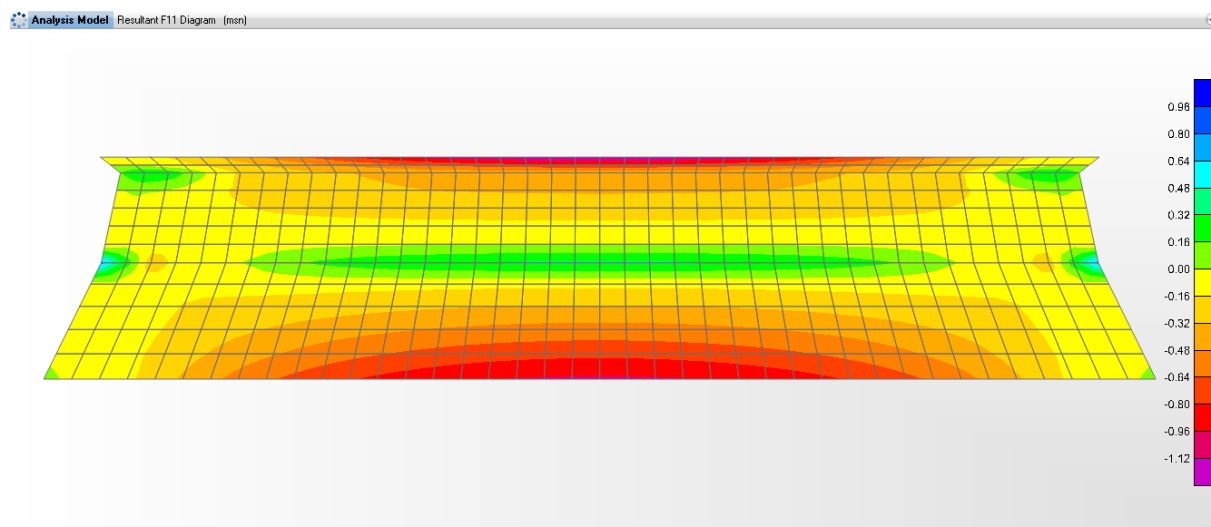
Slika 4. 86: Diagram prečne sile v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 90



Slika 4. 87: Diagram momentov v nosilcu pri obtežbi z vetrom v smeri 90

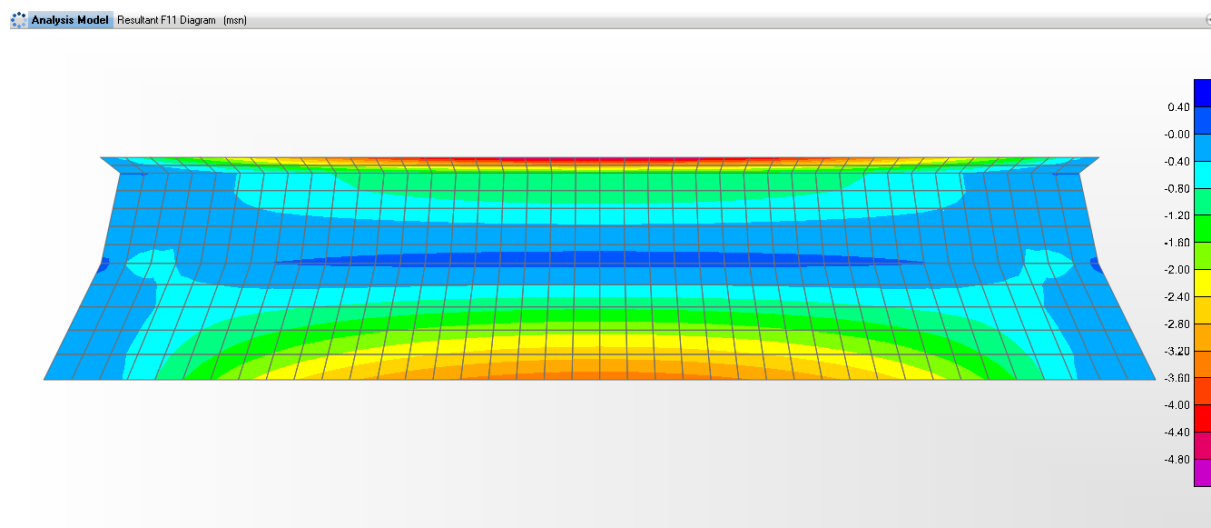
Analiza rezultatov v lupini:

Maksimalne vrednosti za ovojnico sil (F11) MSN:



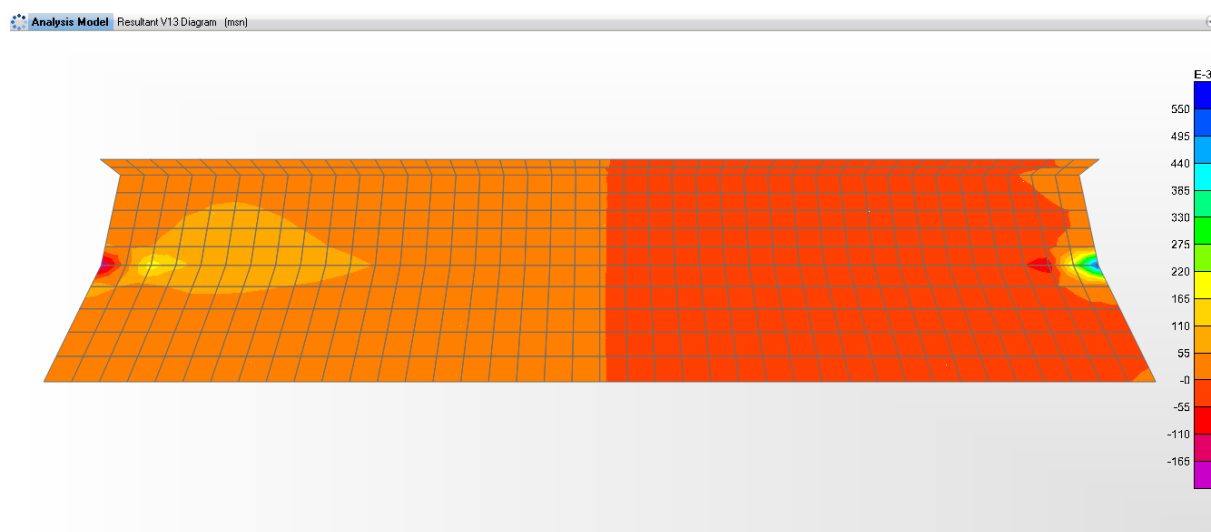
Slika 4. 88: Maksimalne vrednosti za ovojnico sil F11 (kN/m) MSN

Minimalne vrednosti za ovojnico sil (F11) MSN:



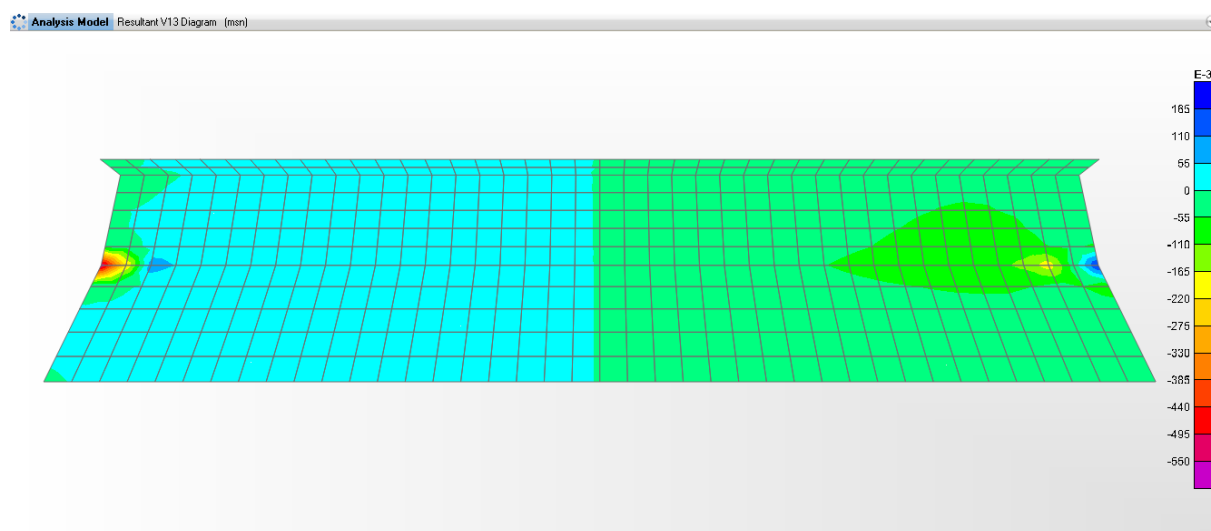
Slika 4. 89: Minimalne vrednosti za ovojnico sil F11 (kN/m) MSN

Maksimalne vrednosti za ovojnico prečnih sil (V13) MSN:



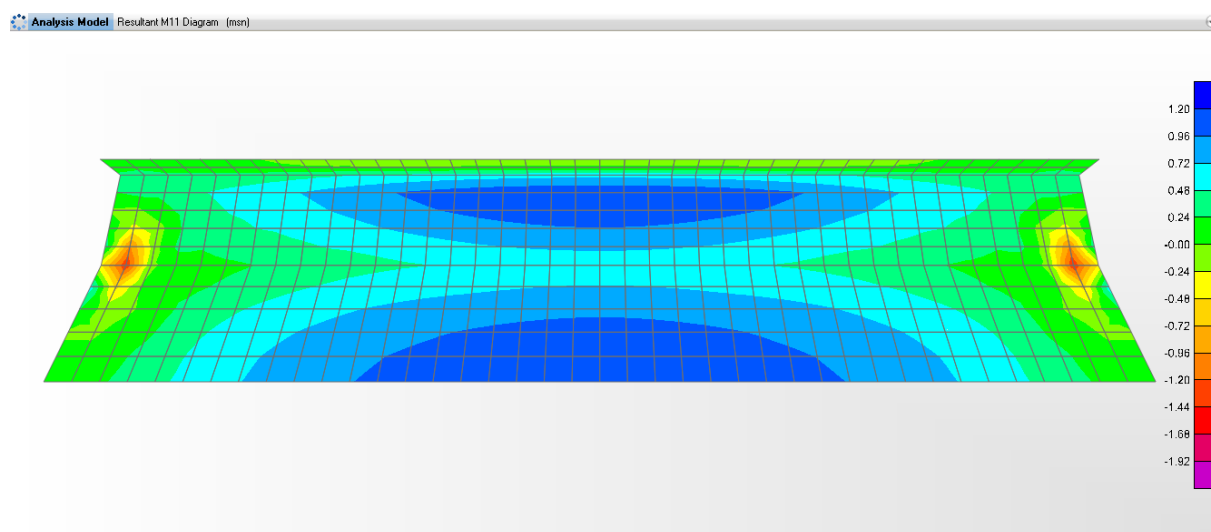
Slika 4. 90: Maksimalne vrednosti za ovojnico prečnih sil V13 (kN/m) MSN

Minimalne vrednosti za ovojnico prečnih sil (V13) MSN:



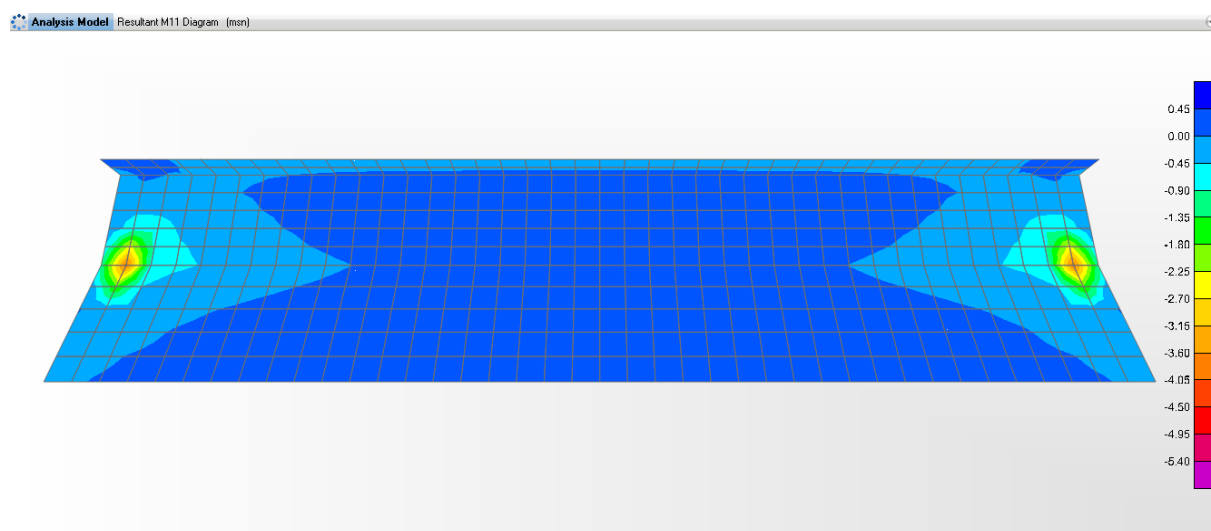
Slika 4. 91: Minimalne vrednosti za ovojnico prečnih sil V13 (kN/m) MSN

Maksimalne vrednosti za ovojnico momentov (M11) MSN:



Slika 4. 92: Maksimalne vrednosti za ovojnico sil M11 (kNm/m) MSN

Minimalne vrednosti za ovojnico momentov (M11) MSN:



Slika 4. 93: Minimalne vrednosti za ovojnico momentov M11 (kNm/m) MSN

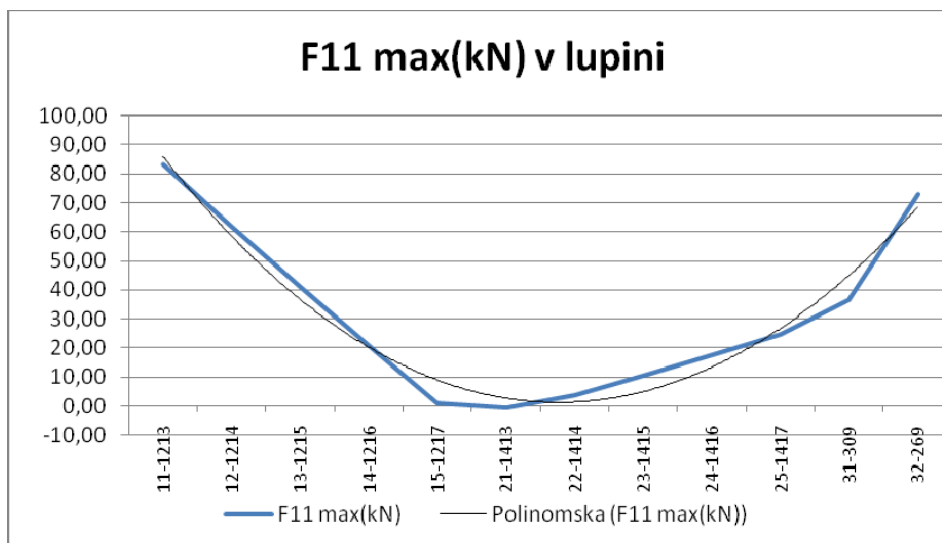
Ko smo v programu SAP 2000 pripravili računske modele, s katerimi smo izvedli preračun po metodi končnih elementov, lahko s tem programom tudi izpišemo rezultate za posamezne dele konstrukcije in/ali njene gradnike (nosilci, lupine).

Račun maksimalnih in minimalnih notranjih sil na sredini AB nosilca za ovojnico MSN

V tem delu smo naredili kontrolo pravilnosti izračuna notranjih sil in momentov s pomočjo programa SAP 2000. Da bi preverili ustreznost modela, smo na sredi nosilca izračunali rezultantske vrednosti notranjih sil. To preverimo tako, da izračunamo vrednost notranjih sil za lupino in nosilec posebej ter z vsoto le-teh vrednosti dobimo rezultantske vrednosti notranjih sil na sredini nosilca. Če smo pravilno predpostavili in modelirali sam model kot prostoležeč nosilec, bi morali dobiti osno silo vrednosti 0 s pripadajočim upogibnim momentom.

Tabela 4. 3: Račun maksimalnih vrednosti notranjih sil v končnih elementih lupine na sredini nosilca s pomočjo programa SAP 2000

SectionCut-Lupina	OutputCase	StepType	F1	M2	GlobalZ	h	M2I=F1*h	
Text	Text	Text	KN	KN-m	m	m	kN-m	
11-1213	msn	Max	83,22	0,58	0,79	0,68	56,44	
12-1214	msn	Max	61,71	0,57	0,61	0,50	31,01	
13-1215	msn	Max	40,94	0,54	0,44	0,33	13,39	
14-1216	msn	Max	20,66	0,51	0,26	0,15	3,13	
15-1217	msn	Max	1,00	0,47	0,09	-0,02	-0,02	
21-1413	msn	Max	-0,67	0,07	-0,03	-0,15	0,10	
22-1414	msn	Max	3,73	0,11	-0,10	-0,21	-0,80	
23-1415	msn	Max	10,66	0,14	-0,17	-0,28	-3,02	
24-1416	msn	Max	17,74	0,16	-0,24	-0,35	-6,23	
25-1417	msn	Max	24,93	0,18	-0,31	-0,42	-10,47	
31-309	msn	Max	36,76	0,55	-0,25	-0,37	-13,43	
32-269	msn	Max	72,92	0,55	-0,08	-0,19	-13,69	VSOTA M2I+M2
			373,60	4,43			56,40	60,82



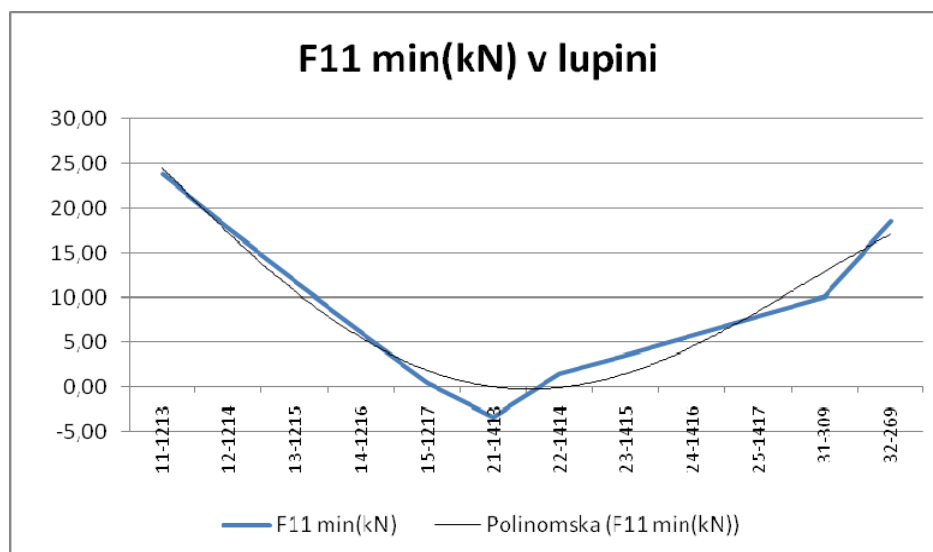
Slika 4. 94: Porazdelitev maksimalnih osnih sil po celotni lupini na sredi AB nosilca

Tabela 4. 4: Račun minimalnih vrednosti notranjih sil v končnih elementih lupine na sredini nosilca s pomočjo programa SAP 2000

SectionCut-Lupina	OutputCase	StepType	F1	M2	GlobalZ	h	M2I=F1*h	
Text	Text	Text	KN	KN-m	m	m	kN-m	
11-1213	msn	Min	23,86	0,18	0,79	0,68	16,18	
12-1214	msn	Min	17,78	0,17	0,61	0,50	8,93	
13-1215	msn	Min	11,91	0,16	0,44	0,33	3,89	
14-1216	msn	Min	6,18	0,15	0,26	0,15	0,94	
15-1217	msn	Min	0,49	0,14	0,09	-0,02	-0,01	
21-1413	msn	Min	-3,38	0,04	-0,03	-0,15	0,49	
22-1414	msn	Min	1,47	0,04	-0,10	-0,21	-0,32	
23-1415	msn	Min	3,61	0,05	-0,17	-0,28	-1,02	
24-1416	msn	Min	5,75	0,05	-0,24	-0,35	-2,02	
25-1417	msn	Min	7,92	0,05	-0,31	-0,42	-3,32	
31-309	msn	Min	10,09	0,13	-0,25	-0,37	-3,68	
32-269	msn	Min	18,54	0,13	-0,08	-0,19	-3,48	VSOTA M2I+M2
			104,21	1,29			16,58	17,87

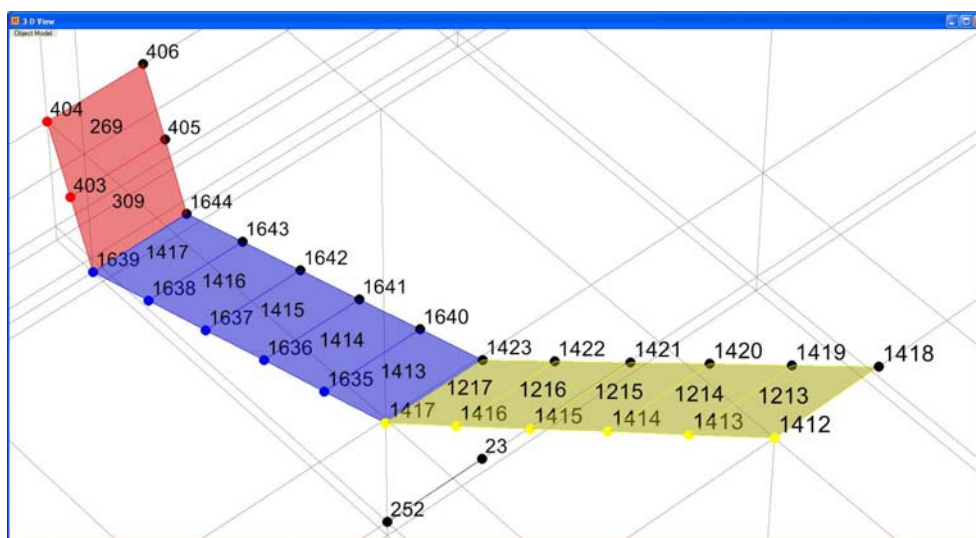
h-RAZDALJA MED TEŽIŠČEM KONČNEGA ELEMENTA LUPINE IN TEŽIŠČEM CELEGA NOSILCA

M 2- moment okoli osi Z globalnega koordinatnega sistema



Slika 4. 95: Porazdelitev minimalnih osnih sil po celotni lupini na sredi AB nosilca

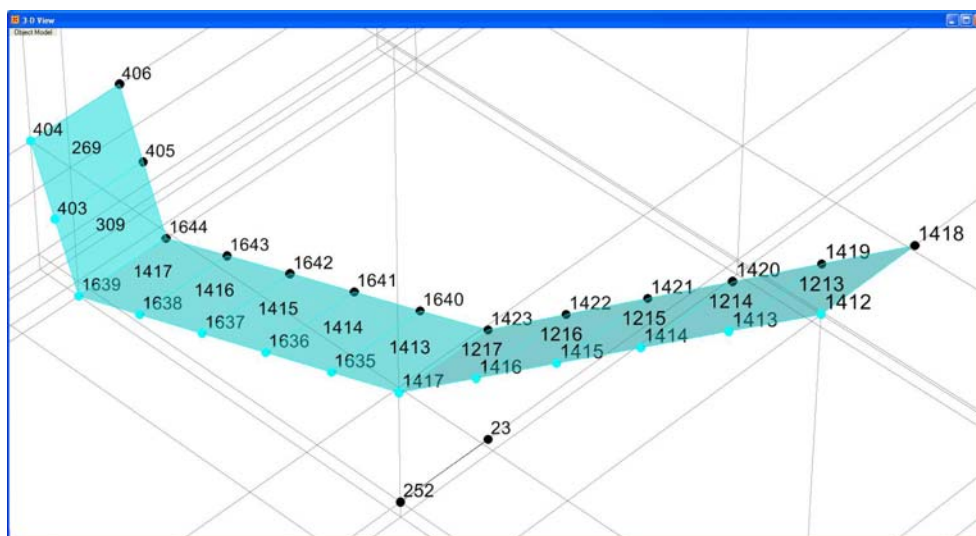
Na sliki 4.94 in 4.95 je razvidna porazdelitev osnih sil v lupini. Pokaže se, da imamo na krajnih delih tlake in na sredinskem delu natezne osne sile.



Slika 4. 96: Section Cut čez posamezne končne elemente lupine in prikaz skupin

Tabela 4. 5: Račun rezultante notranjih sil v končnih elementih lupine na sredini nosilca s pomočjo programa SAP 2000

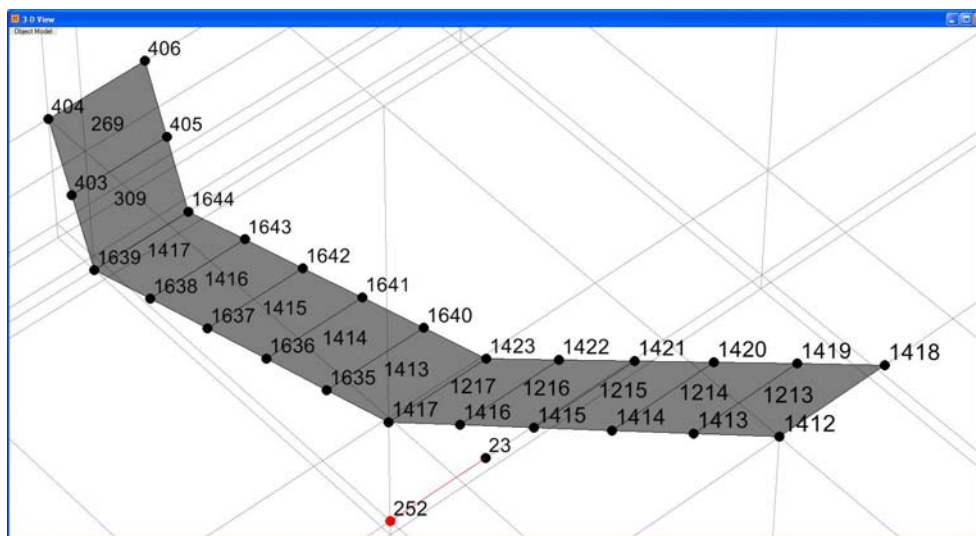
SectionCut	OutputCase	StepType	F1	M2	GlobalZ
Text	Text	Text	KN	KN-m	m
CEZ_LUPINO	msn	Max	370,48	61,24	0,11
CEZ_LUPINO	msn	Min	106,91	17,47	0,11



Slika 4. 97: Section Cut čez celo lupino in prikaz skupin

Tabela 4. 6: Račun rezultante notranjih sil v linijskem elementu na sredini AB nosilca s pomočjo programa SAP 2000

SectionCut	OutputCase	StepType	F1	M2	GlobalZ
Text	Text	Text	KN	KN-m	m
NOSILEC	msn	Max	-106,91	19,34	-0,30
NOSILEC	msn	Min	-370,48	5,62	-0,30



Slika 4. 98: Section Cut čez nosilec in prikaz skupin

Tabela 4. 7: Račun rezultante notranjih sil na sredini AB nosilca z enačbami preko računa z vrednostmi posameznih končnih elementov

SectionCut	OutputCase	StepType	F1	M2
Text	Text	Text	KN	KN-m
CEZ_CEL_PREREZ	msn	Max	0,00	219,52
CEZ_CEL_PREREZ	msn	Min	0,00	80,87

V tabeli 4.7 so prikazani rezultante izračuna notranjih sil za primer, ko smo izračunali notranje sile za posamične končne elemente na AB sredini nosilca, za lupino in nosilec brez uporabe programa SAP. V tabeli 4.8 in 4.9 je program SAP sam zgeneriral vrednosti notranjih sil na sredini nosilca. Vrednost rezultante upogibnih momentov je za primer, ki jih je izračunal program SAP, večja od vrednosti kot smo jih izračunali sami. Odstopanja se pojavijo zaradi večje natančnosti računa z programom.

Tabela 4. 8: Račun rezultante notranjih sil na sredini AB nosilca s pomočjo programa SAP 2000

SectionCut	OutputCase	StepType	F1	M2
Text	Text	Text	KN	KN-m
CEZ_CEL_PREREZ	msn	Max	0,00	233,24
CEZ_CEL_PREREZ	msn	Min	0,00	67,14

Tabela 4. 9: Račun rezultante notranjih sil na robu pri podpori AB nosilca s pomočjo programa SAP 2000

SectionCut	OutputCase	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
CEL_NOSILEC_STRIG	msn	Max	0,00	0,89	93,10	-1,39	0,00	0,00
CEL_NOSILEC_STRIG	msn	Min	0,00	-0,87	26,82	-6,64	0,00	0,00

Računa s programom SAP s koncentracijo vseh obtežb na nosilec preko nadomestne obtežbe

Nosilec obremenimo z nadomestnimi obtežbami, ki delujejo na celotno širino lupine in jih apliciramo na linijske obtežbe.

Določitev linijske obtežbe na nosilec:

Lastna teža: $g_{\text{lastna}} = 8,50 \text{ kN/m}^1$

Stalna obtežba: $g_{\text{stalna}} = 1,33 \text{ kN/m}^1$

- obtežba instalacij na nosilec $0,10 \text{ kN/m}^1$

- obtežba na nosilec na delu z okni: $0,31 \text{ kN/m}^1 \cdot 2 = 0,62 \text{ kN/m}^1$

- obtežba na nosilec po strešini 1, 2, 3: $0,22 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,77 \text{ m} = 0,61 \text{ kN/m}^1$

Koristna obtežba: $q_{\text{koristna}} = 0,34 \text{ kN/m}^1$

- po strešini 2; $0,40 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,85 \text{ m} = 0,34 \text{ kN/m}^1$

Obtežba nenakopičenega snega: $q_{\text{sneg, nenakopičen}} = 1,05 \text{ kN/m}^1$

- po strešini 1 (nagib 40°); $10,43 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,25 \text{ m} = 0,54 \text{ kN/m}^1$

- po strešini 2 (nagib 18°) $0,65 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,79 \text{ m} = 0,51 \text{ kN/m}^1$

Obtežba nakopičenega snega: $q_{\text{sneg, nakopičen}} = 1,96 \text{ kN/m}^1$

- po strešini 1 in 2; $1,3/2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,04 \text{ m} = 1,33 \text{ kN/m}^1$

- po strešini 3 (nagib 18°); $(1,30 + 0,43)/2 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,46 \text{ m} = 0,40 \text{ kN/m}^1$

- robovi od oken; $0,15 \text{ kN/m}^1 + 0,09 \text{ kN/m}^1 = 0,24 \text{ kN/m}^1$

Obtežba izjemno kopičenje snega: $q_{\text{sneg, izjemno}} = 3,92 \text{ kN/m}^1$

- po strešini 1 in 2; $2,92/2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,04 \text{ m} = 2,98 \text{ kN/m}^1$

- po strešini 3; $2,92/2 \text{ kN/m}^2 * 0,46 \text{ m} = 0,67 \text{ kN/m}^1$
- robovi od oken; $0,20 \text{ kN/m}^1 + 0,07 \text{ kN/m}^1 = 0,27 \text{ kN/m}^1$

Obtežba z vetrom v smeri 0: $q_{w,0} = -1,30 \text{ kN/m}^1$

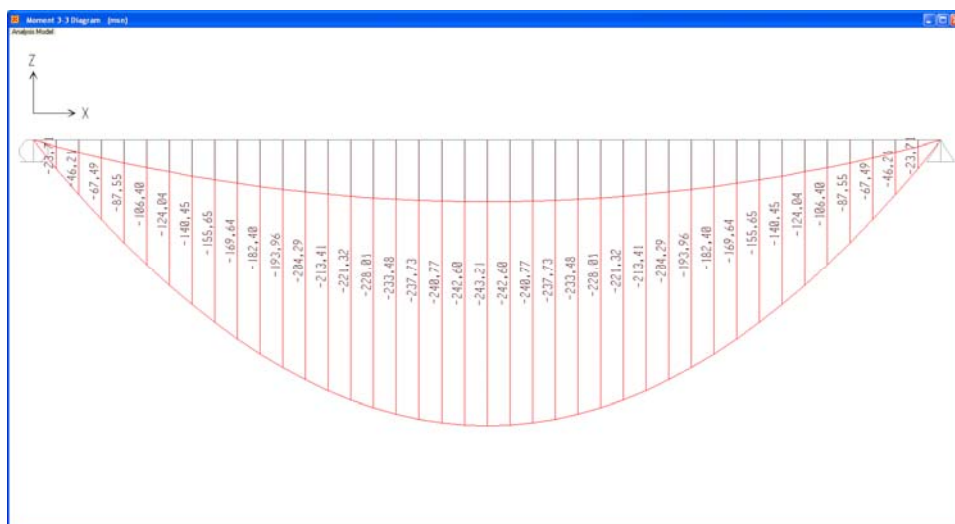
- po strešini 1; $-0,42 \text{ kN/m}^2 * 1,52 \text{ m} * \cos 40^\circ = -0,49 \text{ kN/m}^1$
- po strešini 2; $-0,46 \text{ kN/m}^2 * 0,85 \text{ m} * \cos 18^\circ = -0,37 \text{ kN/m}^1$
- po strešini 3; $-0,52 \text{ kN/m}^2 * 0,31 \text{ m} * \cos 70^\circ = -0,27 \text{ kN/m}^1$
- robovi od oken; $-0,25 \text{ kN/m}^2 * \cos 70^\circ * 2 = -0,18 \text{ kN/m}^1$

Obtežba z vetrom v smeri 90: $q_{w,90} = -3,77 \text{ kN/m}^1$

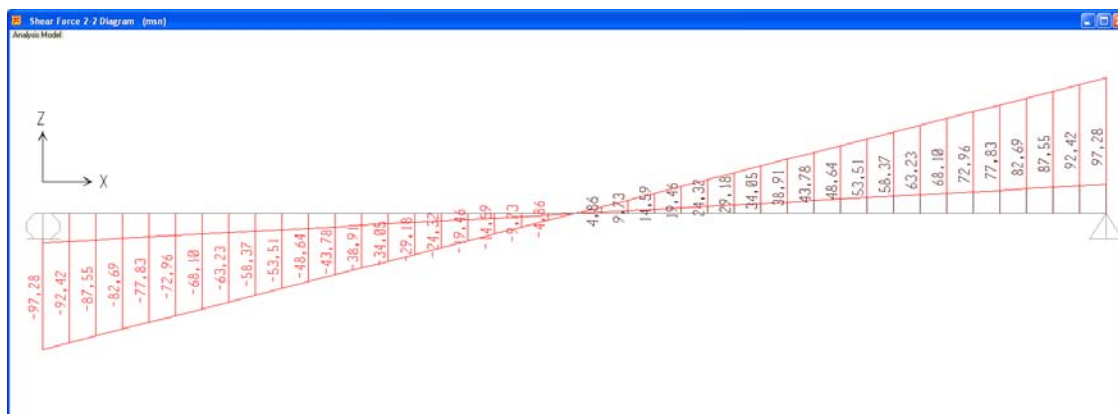
- po strešini 1; $-1,25 \text{ kN/m}^2 * 1,52 \text{ m} * \cos 40^\circ = -1,46 \text{ kN/m}^1$
- po strešini 2; $-1,59 \text{ kN/m}^2 * 0,85 \text{ m} * \cos 18^\circ = -1,29 \text{ kN/m}^1$
- po strešini 3; $-1,22 \text{ kN/m}^2 * 0,31 \text{ m} * \cos 70^\circ = -0,63 \text{ kN/m}^1$
- robovi od oken; $-0,58 \text{ kN/m}^2 * \cos 70^\circ * 2 = -0,40 \text{ kN/m}^1$

Linijske obtežbe kombiniramo z istimi obtežnimi kombinacijami kot smo to izvedli za prostorski model (glej tabelo 4.2).

Rezultati ovojníc momentov in prečnih sil, ki jih dobimo za obtežne kombinacije MSN, so prikazani na slikah 4.99 in 4.100, osna sila v nosilcu je enaka 0.



Slika 4. 99: Ovojnica momentov na nadomestni nosilec.



Slika 4. 100: Ovojnica prečnih sil na nadomestni nosilec.

Maksimalne in minimalne vrednosti ovojnice upogibnih momentov na sredini razpona AB nosilca.

$$M_{\max} = 243,21 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = 52,18 \text{ kNm}$$

Maksimalne in minimalne vrednosti ovojnice prečnih strižnih sil ob podpori AB nosilca.

$$V_{\max} = 97,28 \text{ kN}$$

$$V_{\min} = 20,87 \text{ kN}$$

Primerjava rezultatov:

Vrednost rezultante ovojnic upogibnih momentov za prostorski model v katerem smo linijski model povezali z lupino z body vezmi znaša $M_2 = 233,24 \text{ kNm}$ (glej tabelo 4.8) v primeru linijskega modela nosilca pa je $M_2 = 243,21 \text{ kNm}$ (glej sliko 4.99). Izračunane prečne sile ob podpori za prostorski model znašajo $93,1 \text{ kN}$, ter za linijski model $97,28 \text{ kN}$. Razlika med vrednostima upogibnih momentov je $4,1\%$, medtem ko je razlika pri prečni sili $4,29\%$.

Za dimenzioniranje uporabimo vrednosti notranjih sil pridobljene z linijskim modelom.

Dimenzioniranje AB nosilca tako izvedemo na dva osnovna načina. V prvem primeru AB nosilec dimenzioniramo s programom SAP tako, da linijski element dimenzioniramo kot steber (Design Type –Column). Lupino dimenzioniramo samo z programom SAP. Rezultati prvega načina dimenzioniranja so podani v poglavju 4.8.2.1. V drugem primeru linijski del modela AB nosilca dimenzioniramo preko interakcijskih diagramov ter za preverbo izvedemo

še dimenzioniranje z programom SAP kot nosilec (Design Type Beam). Za dimenzioniranje privzamemo nadomestni pravokotni nosilec s polno višino v katero vključimo tudi debelino lupine. Rezultati drugega načina dimenzioniranja so podani v poglavju 4.8.2.2.

4.8.2 Dimenzioniranje novega šed elementa

4.8.2.1 Dimenzioniranje s programom SAP 2000

Prostorski model v programu SAP zdimenzioniramo na obtežne kombinacije MSN.

Dimenzioniranje nosilca

- beton: C40/50: $f_{ck}=4,0 \text{ kN/cm}^2$, $E_{cm}=3500 \text{ kN/cm}^2$, $\tau_{Rd}=0.03 \text{ kN/m}^2$

- armatura: S500 $f_{yk}=50 \text{ kN/cm}^2$ (rebraste arm. palice)

EUROCODE 2-1992 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Frame Units: KN, m, C

Element: 41
Station Loc 0,000
Section ID NOSILEC
Combo ID msn

Material Partial Factors of Safety $\Gamma_{C}=1,5$ $\Gamma_{S}=1,15$

$L=0,250$
 $B=0,200$ $D=0,450$ $dc=0,036$
 $E=35000000,0$ $f_{yk}=500000,000$ $f_{ck,cyl}=40000,000$ Light Wt. Shr. Fac.=1,000 $f_{yw}=500000,000$
 $RLLF=1,000$

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
0,002	-370,479	-3,705	19,338	3,705	8,336

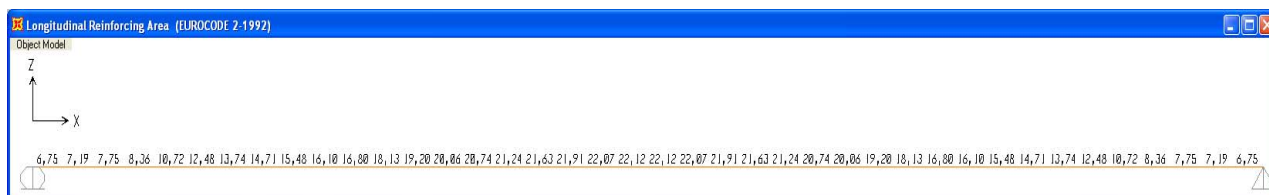
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

	Mi Moment	Madd Moment	Ma Moment	Beta Factor	L Length
Major Bending (M3)	0,000	0,000	0,000	1,000	10,000
Minor Bending (M2)	0,000	0,000	0,000	1,000	10,000

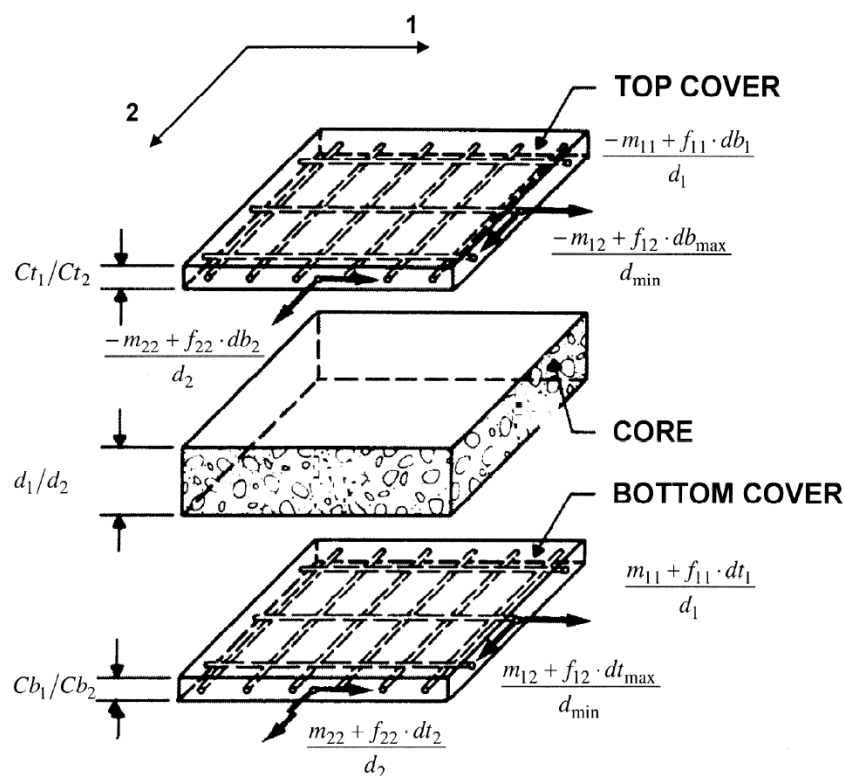
SHEAR DESIGN FOR V2,V3

	Design Rebar	Shear Vu	Shear Vc/GammaC	Shear Vs/GammaS
Major Shear (V2)	0,000	0,542	42,725	0,000
Minor Shear (V3)	0,000	0,275	39,908	0,000

Slika 4. 101: Izpis dimenzioniranja nosilca v SAP-u.

Slika 4. 102: Rezultat dimenzioniranja vzdolžne armature (cm²) v nosilcu v programu SAP 2000

Dimenzioniranje lupine, prikaz principa dimenzioniranja



Slika 4. 103: Skica principa dimenzioniranja lupine SAP 2000

$$dt_1 = \frac{h}{2} - Ct_1; dt_2 = \frac{h}{2} - Ct_2; db_1 = \frac{h}{2} - Cb_1; db_2 = \frac{h}{2} - Cb_2;$$

$$d_1 = h - Ct_1 - Cb_1; d_2 = h - Ct_2 - Cb_2$$

$$d_{min} = \text{Min}(d_1, d_2)$$

$$db_{max} = \text{Max}(db_1, db_2)$$

$$dt_{max} = \text{Max}(dt_1, dt_2)$$

$$N_{11}(top) = \frac{-m_{11} + f_{11} \cdot db_1}{d_1}; N_{11}(bot) = \frac{m_{11} + f_{11} \cdot dt_1}{d_1}$$

$$N_{22}(top) = \frac{-m_{22} + f_{22} \cdot db_2}{d_2}; N_{22}(bot) = \frac{m_{22} + f_{22} \cdot dt_2}{d_2};$$

$$N_{12}(top) = \frac{-m_{12} + f_{12} \cdot db_{max}}{d_{min}}; N_{12}(bot) = \frac{m_{12} + f_{12} \cdot dt_{max}}{d_{min}}$$

$$NDes_1(top) = N_{11}(top) + Abs\{N_{12}(top)\}$$

$$NDes_1(bot) = N_{11}(bot) + Abs\{N_{12}(bot)\}$$

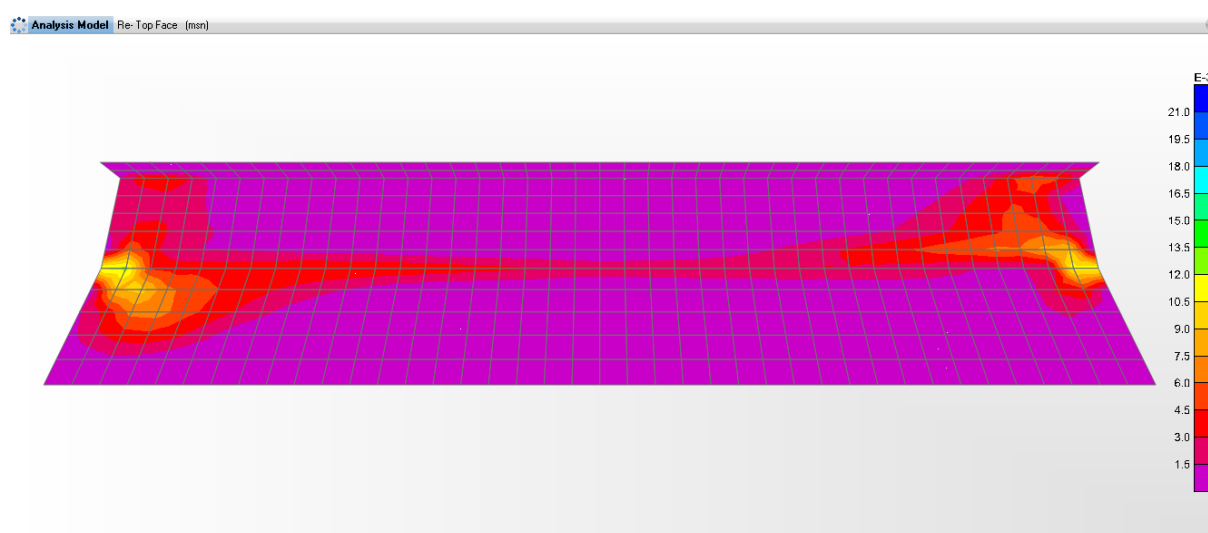
$$NDes_2(top) = N_{22}(top) + Abs\{N_{12}(top)\}$$

$$NDes_2(bot) = N_{22}(bot) + Abs\{N_{12}(bot)\}$$

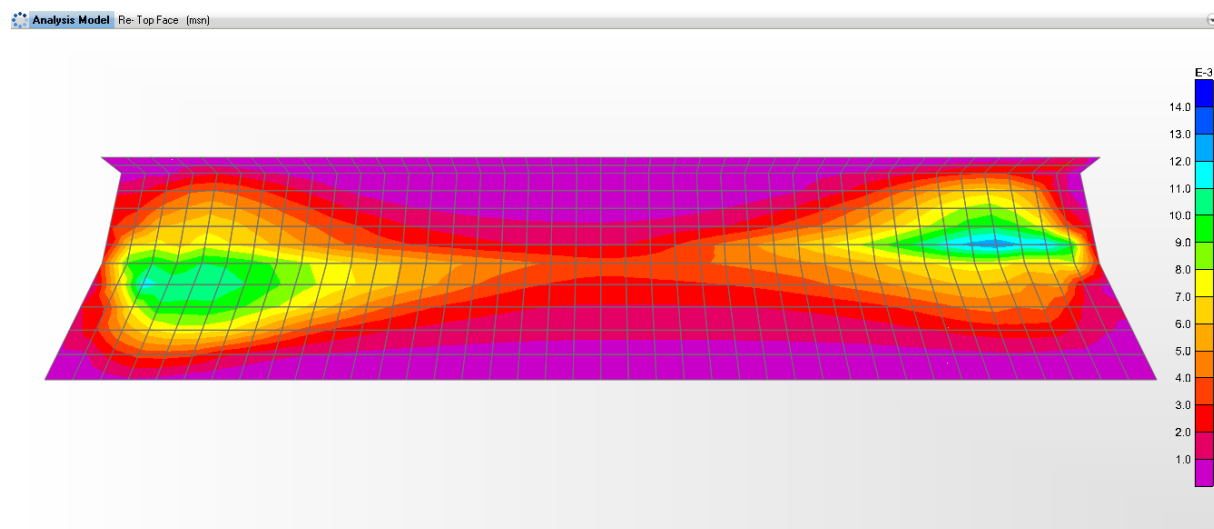
$$Ast_1(top) = \frac{NDes_1(top)}{0.9(fy)}; Ast_1(bot) = \frac{NDes_1(bot)}{0.9(fy)};$$

$$Ast_2(top) = \frac{NDes_2(top)}{0.9(fy)}; Ast_2(bot) = \frac{NDes_2(bot)}{0.9(fy)};$$

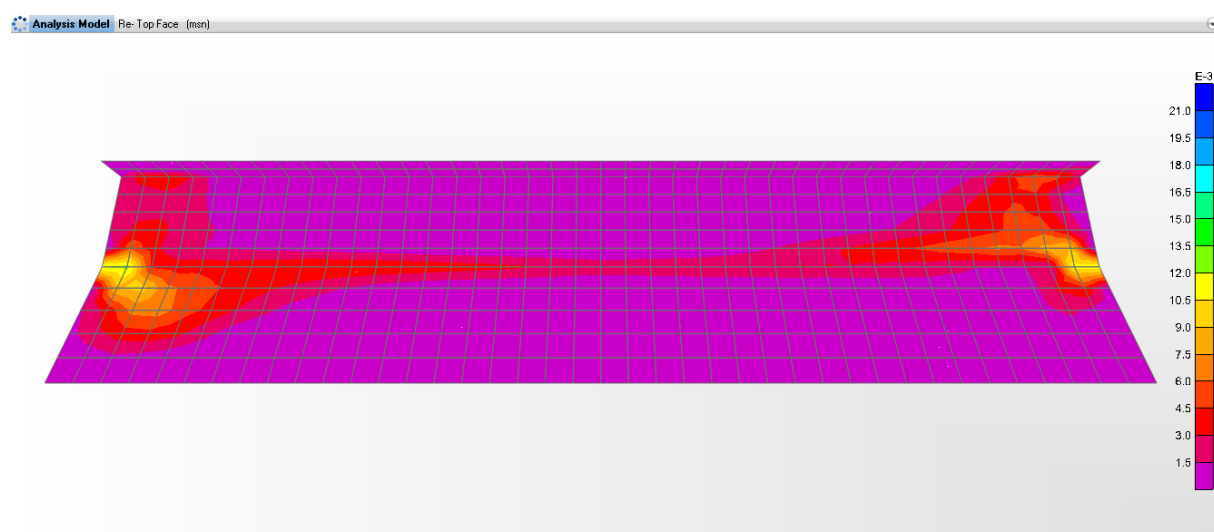
Prikaz rezultatov dimenzioniranja v lupini



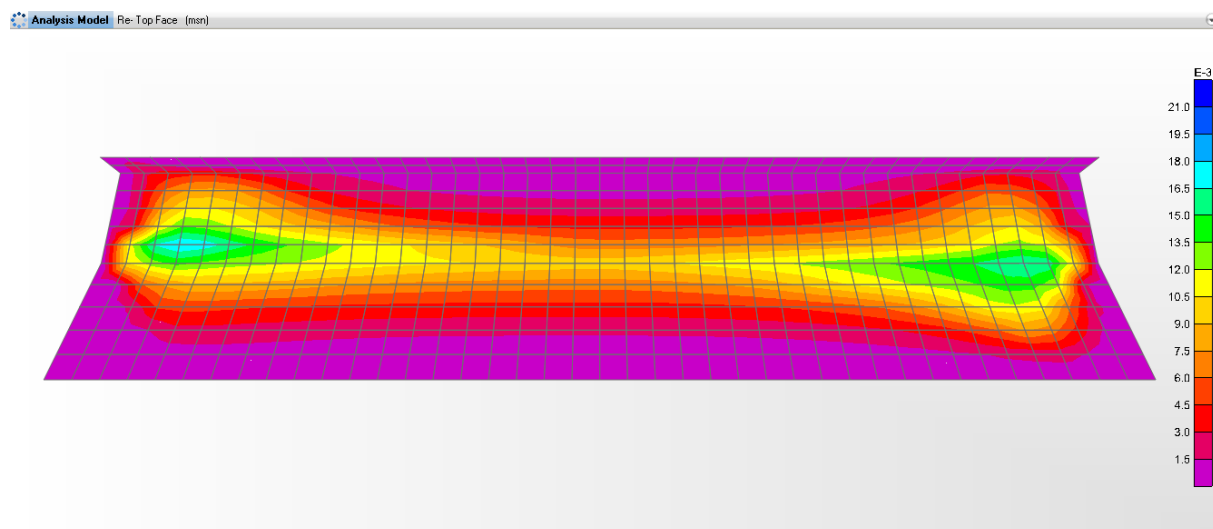
Slika 4. 104: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast1(top) max maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 1



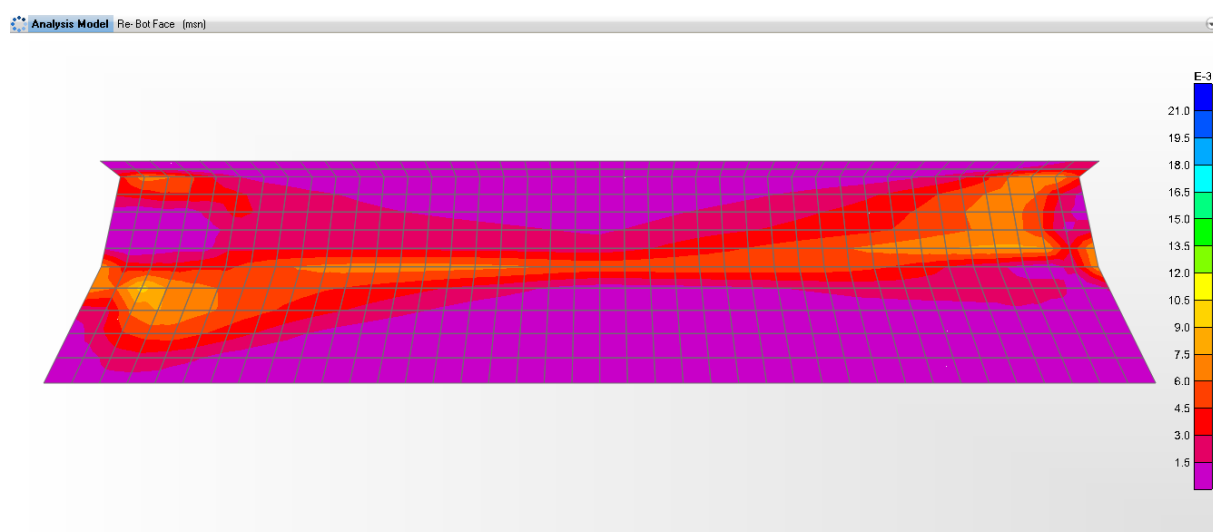
Slika 4. 105: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast2(top) max maksimalna armatura v smeri lokalne osi 2



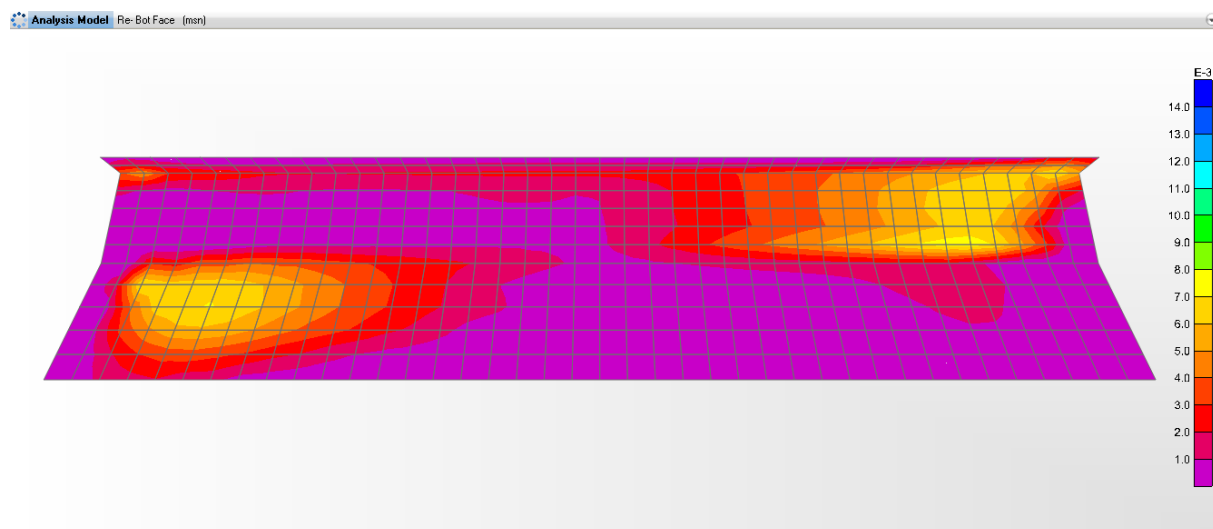
Slika 4. 106: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast1(top) min maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 1



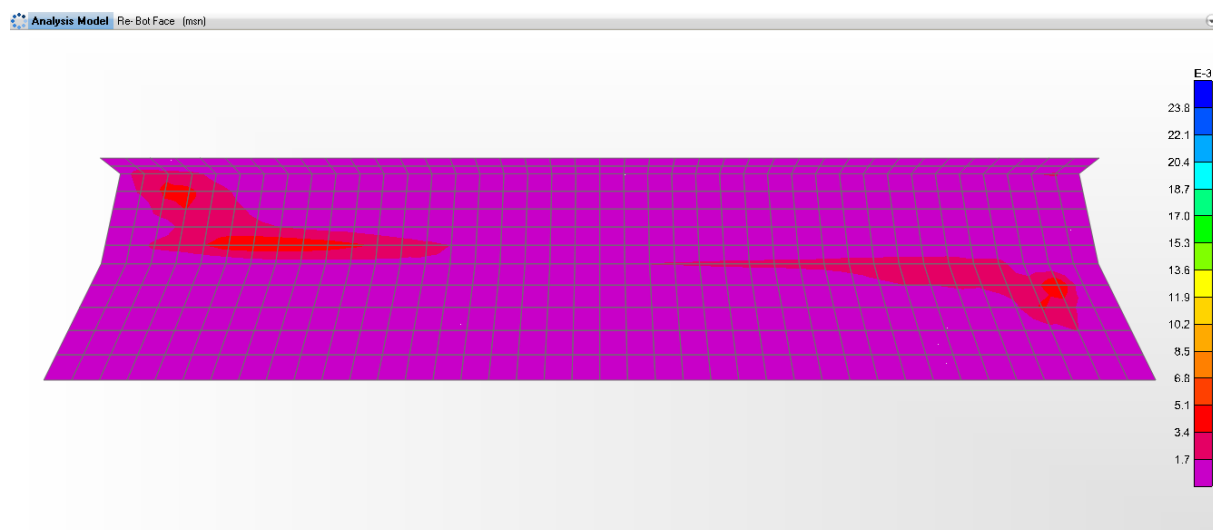
Slika 4. 107: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast2(top) min maksimalna armatura v smeri lokalne osi 2



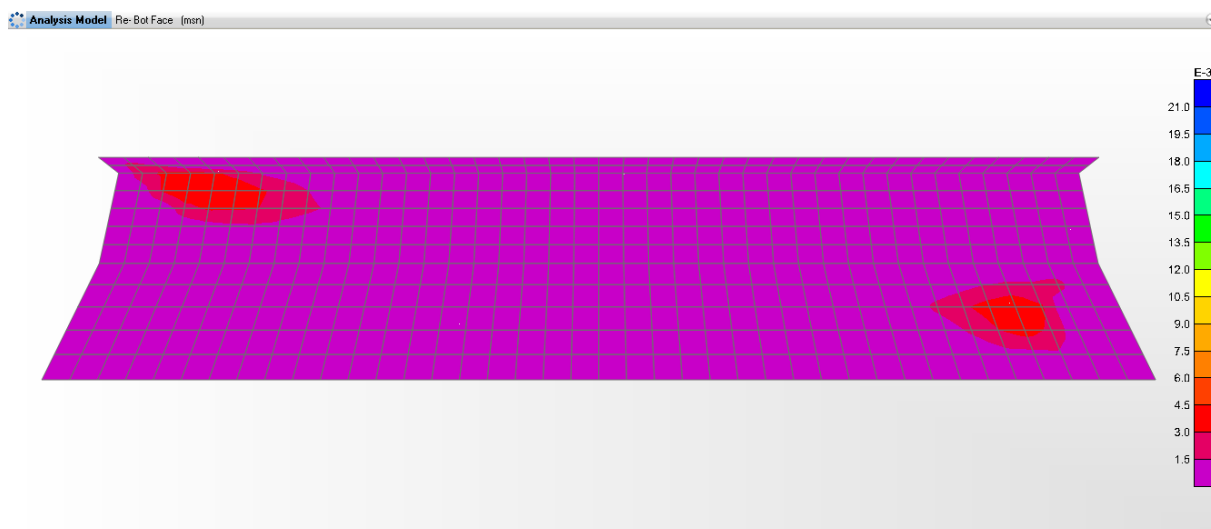
Slika 4. 108: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast1(bot) max maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 1



Slika 4. 109: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast2(bot) max maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 2



Slika 4. 110: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast1(bot) min maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 1



Slika 4. 111: Rezultat dimenzioniranja armature v lupini Ast2(bot) min maksimalna vzdolžna armatura v smeri lokalne osi 2

Po izpisih iz programa Sap razberemo maksimalno armaturo na zgornji strani v smeri 1 lokalnega koordinatnega sistema lupine, se pravi v smeri X globalnega koordinatnega sistema ali v vzdolžni smeri nosilca $0,0153\text{cm}^2/\text{cm} = 1,53\text{cm}^2/\text{m}^1$.

Po izpisih iz programa SAP razberemo maksimalno armaturo na zgornji strani v smeri 2 lokalnega koordinatnega sistema lupine, se pravi v prečni smeri nosilca $0,019\text{cm}^2/\text{cm} = 1,9\text{cm}^2/\text{m}^1$.

Po izpisih iz programa Sap razberemo maksimalno armaturo na spodnji strani v smeri 1 lokalnega koordinatnega sistema lupine, se pravi v smeri X globalnega koordinatnega sistema ali v vzdolžni smeri nosilca $0,0135\text{cm}^2/\text{cm} = 1,35\text{cm}^2/\text{m}^1$.

Po izpisih iz programa SAP razberemo maksimalno armaturo na spodnji strani v smeri 2 lokalnega koordinatnega sistema lupine, se pravi v prečni smeri nosilca $0,010\text{cm}^2/\text{cm} = 1,0\text{cm}^2/\text{m}^1$.

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d = 0,26 \cdot 0,32 / 50 \cdot 10 \cdot 100 = 1,66 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 10 \cdot 100 = 1,30 \text{ cm}^2$$

$$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa} = 0,32 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_t = 10 \text{ cm}$$

$$d = 100 \text{ cm}$$

$$A_{s,max} = 0,04 A_c = 0,04 \cdot 1000 = 40 \text{ cm}^2$$

$$A_c = 1000 \text{ cm}^2$$

V vseh primerih dobimo zelo majhno armaturo ali pa nam program preko izpisa prikaže, da je potrebna izračunana armatura v ploščah zelo majhna.

Za armiranje izberemo armaturo $\Phi 8/25 \text{ cm}$.

4.8.2.2 Dimenzioniranje z interakcijskimi diagrami nosilnosti AB prečnih prerezov po EC2

Dimenzioniranje vzdolžne armature v prerezu:

$$M_{d,max} = 243,21 \text{ kNm (Slika 4.99)}$$

$$N_{d,max} = 0 \text{ kN}$$

$$h = 45 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$A_c = 900 \text{ cm}^2$$

$$a = 26 \text{ mm} + 8 \text{ mm} + 8 \text{ mm} = 42 \text{ mm} = 4,2 \text{ cm}$$

$$n_d = \frac{N_d}{A_c \cdot \alpha \cdot f_{cd}} = \frac{0}{900 \cdot 0,85 \cdot 2,67} = 0$$

$$m_d = \frac{N_d}{A_c \cdot h \cdot \alpha f_{cd}} = \frac{243,21 \cdot 100}{900 \cdot 45 \cdot 0,85 \cdot 2,67} = 0,26$$

$$\delta = a/h = 4,2/45 = 0,093 \approx 0,1$$

$$k = \mu' / \mu = 0,2$$

$$x = \frac{1}{\frac{|\varepsilon_s|}{\varepsilon_1} + 1} \cdot d < 0.45d$$

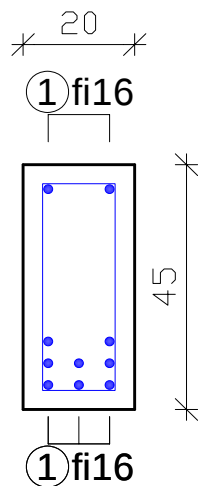
$$\mu_0 = 0.4$$

$$\mu = \frac{\mu_0}{1+k} \cdot \frac{\alpha f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0.40}{1+0.2} \cdot \frac{0.85 \cdot 2.67}{43.47} = 0.0174$$

$$\mu = k \cdot \mu = 0.2 = 0.003$$

$$A_s = \mu \cdot A_c = 0.0174 \cdot 900 = 15.66 \text{ cm}^2 \dots\dots 8\Phi 16$$

$$A'_s = \mu' \cdot A_c = 0.003 \cdot 900 = 3.13 \text{ cm}^2 \dots\dots 2\Phi 16$$



Slika 4. 112: Izbrana vzdolžna armatura

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d = 0.26 \cdot 0.32 / 50 \cdot 20 \cdot 45 = 1.50 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.0013 \cdot 20 \cdot 45 = 1.17 \text{ cm}^2$$

$$f_{ctm} = 3.2 \text{ MPa} = 0.32 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_t = 20 \text{ cm}$$

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$A_{s,max} = 0.04 A_c = 0.04 \cdot 900 = 36 \text{ cm}^2$$

$$A_c = 900 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,dej} = 10 \cdot 2.01 \text{ cm}^2 = 20.10 \text{ cm}^2$$

Z istimi podatki izvedemo dimenzioniranje nosilca v programu SAP 2000, ter tako preverimo dimenzioniranje še na drug način. Enote v izpisu so kN,cm.

```

EUROCODE 2-1992 BEAM SECTION DESIGN  Type: Sway Frame  Units: KN, cm, C

  Element: 41
  Station Loc 0,000
  Section ID  NOSILEC
  Combo ID  msn

Material Partial Factors of Safety  GammaC=1,5  GammaS=1,15

L=25,000
B=20,000  D=45,000  bf=20,000  ds=0,000  dct=3,000  dcb=3,000
E=3500,000  fyk=50,000  fck=4,000  Light Wt. Shr. Fac.=1,000  fywk=50,000

DESIGN MOMENTS, M3
                Positive      Negative
                Moment        Moment
                24320,625      0,000

FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3
                Required      +Moment      -Moment      Minimum
                Rebar         Rebar         Rebar         Rebar
Top      (+2 Axis)      3,790      3,790      0,000      1,260
Bottom  (-2 Axis)      15,210      15,210      0,000      1,260

SHEAR REINFORCEMENT FOR SHEAR, V2
                Design      Shear      Shear      Shear
                Rebar      Vu      Vc/GammaC      Vs/GammaS
                0,026      0,000      66,170      42,730

```

Slika 4. 113: Dimenzioniranje pravokotnega nosilca v SAP 2000

$$a_1 = z \cdot (\cot \theta - \cot \alpha) / 2 = 36,72 \cdot (1 - 0) / 2 = 18,36 \text{ cm}$$

$$\cot \theta = 2,5$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$z = 0,9d = 0,9 \cdot 40,8 \text{ cm} = 36,72 \text{ cm}$$

$$\Delta F_{td} = 0,5 V_{Ed} (\cot \theta - \cot \alpha) = 0,5 \cdot 97,28 \cdot (1 - 0) = 48,64 \text{ kN}$$

$$M_{Ed1} = \frac{A_{s1}}{\rho_{tr} A_s} \cdot M_{Ed} = \frac{16,08}{15,66} \cdot 243,21 = 249,73 \text{ kNm}$$

$$M_{dej} / 8 = M_{ed1} / 8 = 249,21 / 8 = 31,22 \text{ kNm}$$

Osnovna sidrna dolžina

$$l_{b,req} = (\Phi/4) * (\sigma_{sd}/f_{bd}) = 1,6/4 * 43,48/0,37 = 47,00 \text{ cm}$$

$$\Phi = 1,6 \text{ cm}$$

$$\sigma_{sd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{bd} = 0,37 \text{ kN/cm}^2$$

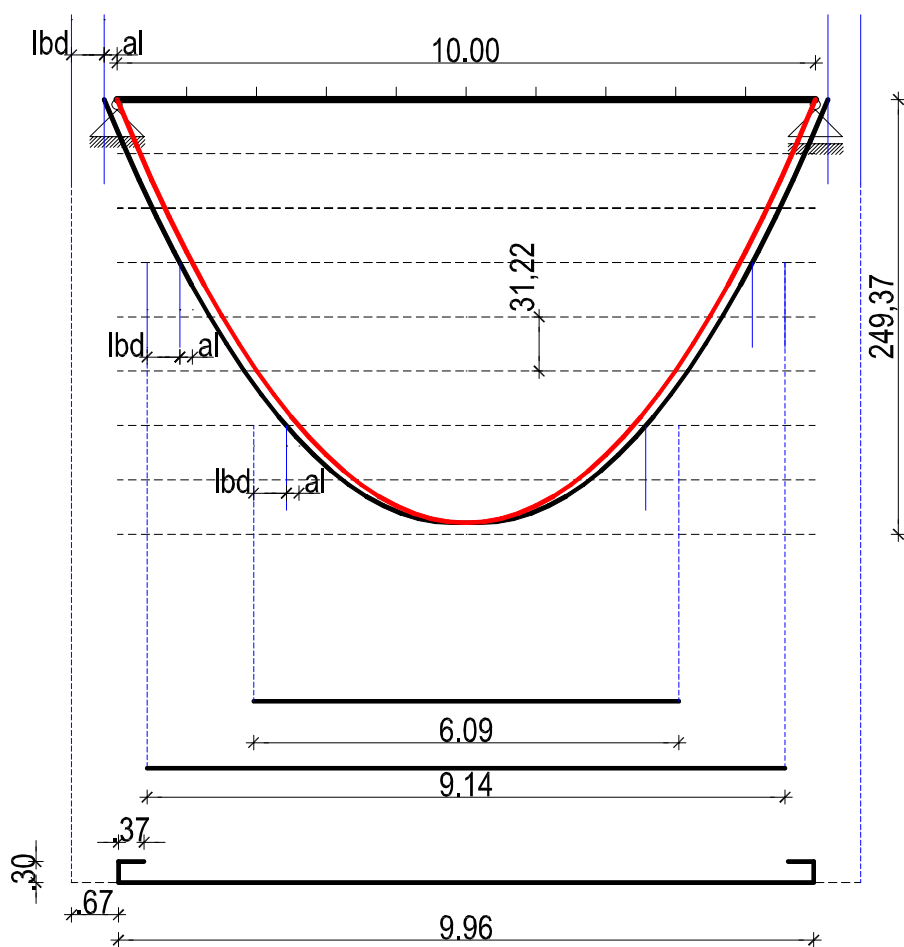
Projektna sidrna dolžina

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,req} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 47,00 = 47,00 \geq l_{b,min}$$

$$(\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3) \geq 0,7$$

$$l_{b,min} > \max(0,3 * l_{b,req}; 10\Phi; 100 \text{ mm}) = \max(0,3 * 47,00 = 14,10 \text{ cm}; 16 \text{ cm}; 100 \text{ mm})$$

$$l_{bd} = 47,00 \text{ cm}$$



Slika 4. 114: Diagram za določitev dolžine nateznih palic v nosilcu

- beton C40/50 (XC1): $f_{ck}=4,0 \text{ kN/m}^2$, $E_{cm}=3500 \text{ kNc/m}^2$, $\tau_{Rd}=0.03 \text{ kN/m}^2$

- armatura: S500 $f_{yk}=50 \text{ kN/m}^2$ (rebraste arm. palice)

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{4}{1.5} = 2.67 \text{ kN / cm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50}{1.15} = 43,47 \text{ kN / cm}^2$$

Določitev krovnega sloja v nosilcu

$$c_{nom}=c_{min}+\Delta c_{dev}=16\text{mm}+10\text{mm}=26\text{mm}$$

$$c_{min}=\{c_{min,b}; c_{min,dur}+\Delta c_{dur,\gamma}-\Delta c_{dur,st}-\Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}\}$$

$$c_{min}=\{16\text{mm}; 15+0-0-0; 10\text{mm}\}$$

$$c_{min}=16\text{mm}$$

$$\Delta c_{dev}=10\text{mm}$$

Določitev krovnega sloja v lupini

$$c_{nom}=c_{min}+\Delta c_{dev}=10\text{mm}+10\text{mm}=20\text{mm}$$

$$c_{min}=\{c_{min,b}; c_{min,dur}+\Delta c_{dur,\gamma}-\Delta c_{dur,st}-\Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}\}$$

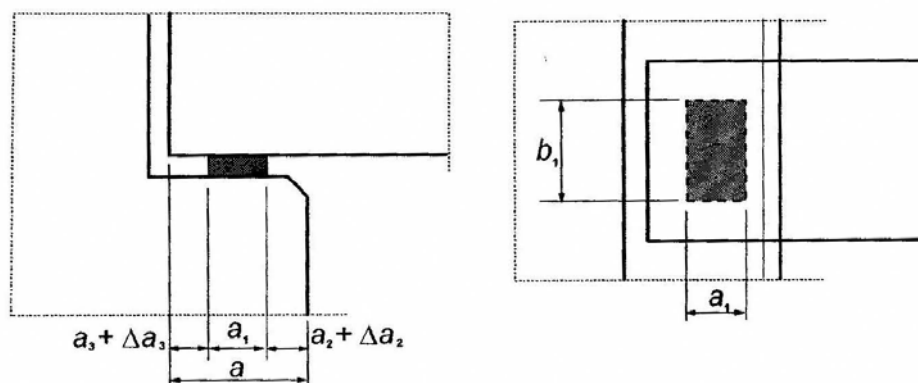
$$c_{min}=\{10\text{mm}; 15+0-0-0; 10\text{mm}\}$$

$$c_{min}=10\text{mm}$$

$$\Delta c_{dev}=10\text{mm}$$

Ker se bo nosilec proizvodjalo v kontroliranih pogojih proizvodnega obrata kjer bo vključen v sistem zagotavljanja kakovosti, pri katerem nadzor vključuje merjenje debeline krovnega sloja se lahko pri projektiranju dodatek Δc_{dev} zaradi odstopanja zmanjša: $10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 5 \text{ mm}$

Določitev ležišča in podpore nosilca za dimenzioniranje striga



Slika 4. 115: Ležišče z definicijami.

$$a_1 = 110 \text{ mm}$$

$$a_2 = 15 \text{ mm}$$

$$a_3 = 15 \text{ mm}$$

$$\Delta a_3 = l_n / 2500 = 10000 / 2500 = 4 \text{ mm}$$

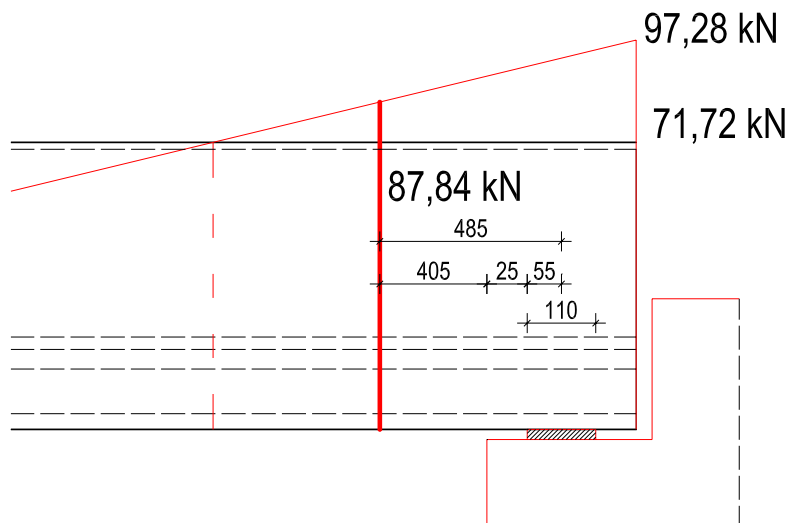
$$\Delta a_2 = 10 \text{ mm} \leq l / 1200 \leq 30 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$$

$$a = 154 \text{ mm}$$

Dimenzioniranje strižne armature v prerezu:

- beton C40/50 (XC1): $f_{ck} = 4,0 \text{ kN/cm}^2$, $E_{cm} = 3500 \text{ kN/cm}^2$, $\tau_{Rd} = 0.03 \text{ kN/m}^2$

- armatura: S500 $f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$ (rebraste arm. palice)



Slika 4. 116: Kritični prerez.

$V_{Ed}=87,84 \text{ kN}$ (Slika 4.101 in 4.116)

$V_{Ed}=87,84 \text{ kN} > V_{Rd,c}=71,72 \text{ kN}$potrebna strižna armatura

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_t f_{ck})^{1/3} + k_t \sigma_{cp}] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 * 0,17 * (100 * 0,019 * 40)^{1/3} + 0] * 20 * 40,8 = 71,72 \text{ kN}$$

$$f_{ck}=40 \text{ MPa}$$

$$k_1=0,15$$

$$\sigma_{cp}=0$$

$$A_{sl}=20,1 \text{ mm}^2$$

$$C_{Rd,c}=0,18/\gamma_c=0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{408}} = 1,7$$

$$\rho_t = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{16,08}{20 * 40,8} = 0,019 \leq 0,02$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$V_{Rd,max} = 1 * 20 * 36,72 * 0,6 * 2,67 / (1+1) = 588,25 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 588,25 \text{ kN} > V_{Ed} = 87,84 \text{ kN}$$

$$z=0,9d=0,9*40,8\text{cm}=36,72\text{cm}$$

$$v_1=0,6 \quad f_{ck} \leq 60\text{MPa}$$

$$\alpha_{cw}=1 \quad \text{konstrukcija brez prednapetja}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{V_{Ed}}{z * f_{ywd} * \cot \theta} = \frac{87,84}{36,72 * 43,47 * 1} = 0,055 \text{cm}^2/\text{cm}$$

$$\rho_{w,\min} = (0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk} = (0,08 \cdot \sqrt{4,0}) / 50 = 0,0032$$

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) = 0,00275 > \rho_{w,\min}$$

$$A_{sw}/s=0,055$$

$$b_w=20\text{cm}$$

$$\alpha=90^\circ$$

Glede na minimalno armaturo izberemo dvostržno streme:

$$A_{sw}/s=0,064$$

$$n=2$$

$$s=20\text{cm}$$

$$n * A_{sw}=s * 0,064$$

$$A_{sw}=0,64\text{cm}^2$$

Izberem 2 $\Phi 8/20\text{cm}$

Dimenzioniranje na torzijo v prerezu:

Lastna teža: $g_{\text{lastna}}; T_{Ed}=6,20 \text{ kNm/m}^1$

- obtežba na nosilec po strešini 1: $0,18 \text{ m}^2 * 25 \text{ kN/m}^3 = 4,50 \text{ kN/m}^1$

Moment 1: $18,50 \text{ kN/m}^1 * 0,41\text{m} = 15,35 \text{ kNm/m}^1$

- obtežba na nosilec po strešini 2: $0,15 \text{ m}^2 * 25 \text{ kN/m}^3 = 3,75 \text{ kN/m}^1$

Moment 2: $15,00 \text{ kN/m}^1 * 0,30\text{m} = 9,15 \text{ kNm/m}^1$

Stalna obtežba: g_{stalna} ; $T_{Ed}=0,90 \text{ kNm/m}^1$

- obtežba na nosilec po strešini 1: $0,22 \text{ kN/m}^2 * 1,61 \text{ m} = 0,35 \text{ kN/m}^1$

Moment 1: $0,35 \text{ kN/m}^1 * 1,61 \text{ m} / 2 = 0,56 \text{ kNm/m}^1$

- obtežba na nosilec po strešini 2: $0,22 \text{ kN/m}^2 * 0,85 \text{ m} = 0,19 \text{ kN/m}^1$

Moment 2 : $0,19 \text{ kN/m}^1 * 0,85 \text{ m} / 2 = 0,16 \text{ kNm/m}^1$

- obtežba na nosilec na delu z okni strešino 1: $0,31 \text{ kN/m}^1$

Moment 1: $0,31 \text{ kN/m}^1 * 1,61 \text{ m} = 0,50 \text{ kNm/m}^1$

Koristna obtežba: q_{koristna} ; $T_{Ed}=-0,30 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 2; $0,40 \text{ kN/m}^2 * 0,85 \text{ m} = 0,34 \text{ kN/m}^1$

Moment 2 : $0,34 \text{ kN/m}^1 * 0,85 \text{ m} / 2 = 0,30 \text{ kNm/m}^1$

Obtežba nenakopičenega snega: $q_{\text{sneg, nenakopičen}}$; $T_{Ed}=0,01 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 1 (nagib 40°); $0,43 \text{ kN/m}^2 * 1,25 \text{ m} = 0,54 \text{ kN/m}^1$

Moment 1 : $0,54 \text{ kN/m}^1 * 1,25 \text{ m} / 2 = 0,27 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 2 (nagib 18°) $0,65 \text{ kN/m}^2 * 0,79 \text{ m} = 0,51 \text{ kN/m}^1$

Moment 2 : $0,51 \text{ kN/m}^1 * 0,79 \text{ m} / 2 = 0,26 \text{ kNm/m}^1$

Obtežba nakopičenega snega: $q_{\text{sneg, nakopičen}}$; $T_{Ed}=0,08 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 1; $0,75/2 \text{ kN/m}^2 * 1,25 \text{ m} = 0,47 \text{ kN/m}^1$

Moment 1 : $0,47 \text{ kN/m}^1 * 1,25 \text{ m} / 2 = 0,29 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 2; $(1,3+0,75)/2 \text{ kN/m}^2 * 0,79 \text{ m} = 0,81 \text{ kN/m}^1$

Moment 2 : $0,81 \text{ kN/m}^1 * 0,79 \text{ m} / 2 = 0,32 \text{ kNm/m}^1$

- robovi od oken na strešini 1; $0,09 \text{ kN/m}^1$

Moment 1 : $0,09 \text{ kN/m}^1 * 1,25 \text{ m} = 0,11 \text{ kNm/m}^1$

Obtežba izjemno kopičenje snega: $q_{\text{sneg, izjemno}}$; $T_{Ed}=0,02 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 1; $1,67/2 \text{ kN/m}^2 * 1,25 \text{ m} = 1,04 \text{ kN/m}^1$

Moment 1 : $1,04 \text{ kN/m}^1 * 1,25 \text{ m} / 2 = 0,65 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 2; $(1,67+2,92)/2 \text{ kN/m}^2 * 0,79 \text{ m} = 1,81 \text{ kN/m}^1$

Moment 2 : $1,81 \text{ kN/m}^1 * 0,79 \text{ m} / 2 = 0,72 \text{ kNm/m}^1$

- robovi od oken na strešini 1; $0,07 \text{ kN/m}^1$

Moment 1 : $0,07 \text{ kN/m}^1 * 1,25\text{m} = 0,09 \text{ kNm/m}^1$

Obtežba z vetrom v smeri 0: $q_{w,0}$; $T_{Ed} = -0,22 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 1; $-0,42 \text{ kN/m}^2 * 1,52\text{m} * \cos 40^\circ = -0,49 \text{ kN/m}^1$

Moment 1 : $-0,49 \text{ kN/m}^1 * 1,52\text{m} * \cos 40^\circ / 2 = -0,28 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 2; $-0,46 \text{ kN/m}^2 * 0,85\text{m} * \cos 18^\circ = -0,37 \text{ kN/m}^1$

Moment 2 : $-0,37 \text{ kN/m}^1 * 0,85\text{m} * \cos 18^\circ / 2 = -0,15 \text{ kNm/m}^1$

- robovi od oken na strešini 1; $-0,25 \text{ kN/m}^1 * \cos 70^\circ = -0,08 \text{ kN/m}^1$

Moment 1 : $-0,08 \text{ kN/m}^1 * 1,52\text{m} * \cos 40^\circ = -0,09 \text{ kNm/m}^1$

Obtežba z vetrom v smeri 90: $q_{w,90}$; $T_{Ed} = 0,21 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 1; $-1,25 \text{ kN/m}^2 * 1,52\text{m} * \cos 40^\circ = -1,46 \text{ kN/m}^1$

Moment 1 : $-1,46 \text{ kN/m}^1 * 1,52\text{m} * \cos 40^\circ / 2 = -0,85 \text{ kNm/m}^1$

- po strešini 2; $-1,59 \text{ kN/m}^2 * 0,85\text{m} * \cos 18^\circ = -1,29 \text{ kN/m}^1$

Moment 2 : $-1,29 \text{ kN/m}^1 * 0,85\text{m} * \cos 18^\circ / 2 = -0,52 \text{ kNm/m}^1$

- robovi od oken na strešini 1; $-0,58 \text{ kN/m}^1 * \cos 70^\circ = -0,20 \text{ kN/m}^1$

Moment 1 : $-0,20 \text{ kN/m}^1 * 1,52\text{m} * \cos 40^\circ = -0,23 \text{ kNm/m}^1$

Maksimalni torzijski moment nam da obtežna kombinacija K9.

$T_{Ed} = 9,90 \text{ kNm/m}^1$

$A_k = 20\text{cm} * 45\text{cm} = 900\text{cm}^2 = 0,09\text{m}^2$

$u_k = 2 * 20\text{cm} + 2 * 45\text{cm} = 130\text{cm} = 1,30\text{m}$

$\theta = 90^\circ$

$$\frac{\sum A_{sl} f_{yd}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2 * A_k} \cot \theta$$

$$\sum A_{sl} = \frac{u_k * T_{Ed}}{2 * A_k f_{yd}} \cot \theta = \frac{130 * 9,9 * 100}{2 * 900 * 43,47} * 1 = 1,64\text{cm}^2$$

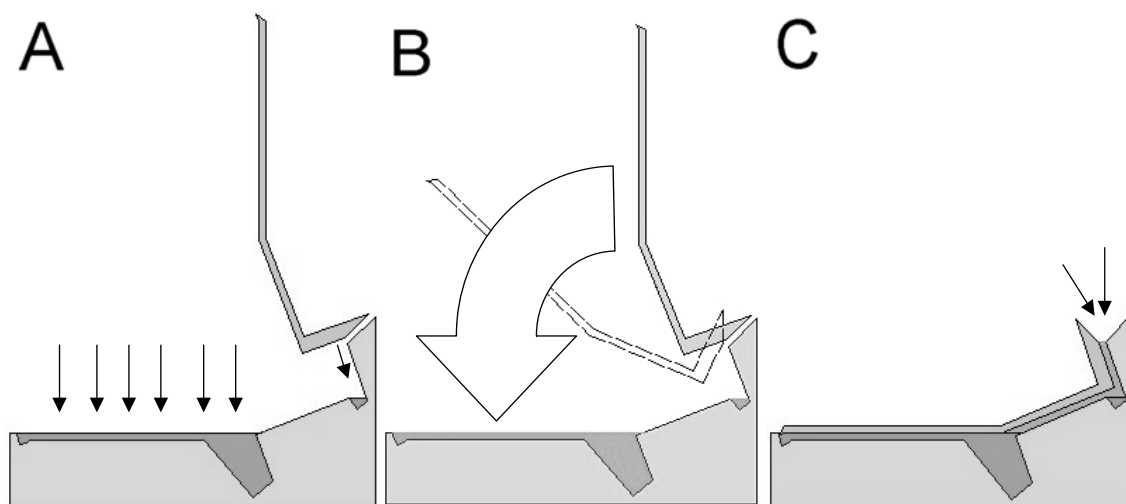
Izbrana vzdolžna armatura zadostuje potrebam za prevzem torzije.

4.9 Izdelava novega šed nosilca

Zagotovo največji zalogaj pri izdelavi novega šed nosilca predstavljajo začetni stroški. Velik del tega predstavlja izdelava novega kalupa in način izdelave nosilca.

Ideja ulitja novega šed nosilca in kalup

Na podlagi slikovnega gradiva, na katerem je prikazana proizvodnja obstoječih šed nosilcev, se je razvila tudi ideja o dvodelnem kalupu. Iz slike 4.112 je razvidno, da kalup sestoji iz dveh delov, zgornjega in spodnjega. Zgornji se zapira na spodnji del kalupa, skupaj pa tvorita obliko novega šed nosilca. Pri dvigovanju šed nosilca iz kalupa se zgornji del odstrani. Mehanizirani kalup deluje kot vibracijska miza. Pri ulivanju novega šed nosilca je potrebno vstaviti tudi sidra za dvig iz opaža in montažo.



Slika 4. 117: Postopek ulivanja novega šed nosilca

A – Na sliki je prikazan kalup, v katerega je že vstavljena armaturna košara z distančniki, elementi za dvig iz opaža in deli za kasnejšo montažo na nosilno konstrukcijo. S puščicami so nakazani deli kalupa, v katere najprej ulijemo beton in ga zvibriramo.

B – Slika prikazuje, kako se zgornji del opaža zapre in ustvari končno obliko šed nosilca.

C – Ko se kalup zapre in ustvari končno obliko šed nosilca, se do konca ulije še preostali del šed nosilca. Mesto, kjer dovajamo beton, je prikazano s puščicami. Ko je kalup zaprt in zapolnjen z betonom, sledi še vibriranje.

Pri izdelavi prefabriciranih elementov se velikokrat pojavijo kasnejše napake in deformacije, ki so posledica prehitrega razopazjenja.



Slika 4. 118: Prikaz izdelave podobnega šed nosilca z vibracijskim kalupom

5 PRILOGE ZA NOVI MONTAŽNI AB STREŠNI ELEMENT

Priloga A 1 Armaturni načrt nosilca

Priloga B 1 Detajli montaže in izvedbe novega šed nosilca 1

Priloga B 2 Detajli montaže in izvedbe novega šed nosilca 2

Priloga B 3 Detajli montaže in izvedbe novega šed nosilca 3

6 SKLEP

V diplomski nalogi z naslovom "Nov montažni AB strešni element" sem skušal predvsem raziskati področje t. i. novih šed elementov. Glavni cilj je bil poiskati pozitivne primere uporabe in na podlagi teh idejno izdelati nov montažni AB element za konstruiranje šed streh. Pri izdelavi diplomske naloge sem spoznal prednosti, ki bi jih z uvedbo novega montažnega AB nosilca pridobili, in pomankljivosti, ki bi jih lahko odpravili ali minimalizirali.

V začetku naloge sem podal pregled literature na področju strešnih elementov, spoznal sem prednosti montažne gradnje, ki se kažejo v krajšem času izgradnje, v manjšem vplivu vremena in letnih časov, v boljši in enakomernejši kvaliteti izdelkov in v nižjih končnih stroških. Povzel sem tudi njene slabosti, kot so omejen asortiman, velika začetna vlaganja in rentabilnost šele ob izdelavi velikih serij. Spoznal sem se z osnovnimi funkcijami strešne konstrukcije (meja med zunanjim in notranjim prostorom, toplotna izolativnost, refleksija in uvajanje svetlobe, odvajanje padavinskih voda). Predstavil sem tudi zgodovinski razvoj in potrebe, zaradi katerih se je pojavil t. i. šed strešni sistem, zahteve in pogoje pri oblikovanju takih strešnih sistemov ter osnovne prednosti sistema.

Na podlagi zahteve in ideje po oblikovanju novega montažnega AB strešnega elementa sem najprej opravil raziskavo po medmrežju in skušal poiskati čimveč oprijemljivih podatkov o proizvajalcih in o lastnostih ter značilnostih novih šed elementov, v obstoječi literaturi pa predvsem podatke o starejšem načinu konstruiranja šed strešin. Na podlagi pridobljenih informacij sem izvedel osnovno primerjavo med obstoječim klasičnim in novim šed strešnim sistemom. Primerjal sem tudi različne montažne sisteme med sabo in sicer med proizvajalci: Nico Velo S.p.A (Shed Beam), Prefabbricati Zanon (Z-Shed, Euroshed), Prefabbricati Pizzarotti (Microshed). Na podlagi zbranih informacij in želja bodočega proizvajalca sem definiral novi šed nosilec. Odločili smo se za nosilec, s katerim je mogoče konstruirati klasično žagasto streho.

Nosilec meri v višino 1,40 m in dolžino 2,24 m, njegov osni razpon (10m) pa se prilagaja potrebam grajenih objektov. V optimalni konfiguraciji, razdalja med nosilci je 2,50 m, omogoča tvorbo svetlobne površine (okna) pod kotom 70°, kar je najbolj ugodna rešitev za

geografski položaj, kjer se bo nosilec uporabljal (Slovenija, Italija, Hrvaška). Dimenzije šed nosilca omogočajo, da je modul enega šed zoba 2,50 m, kar nam omogoča montažo novega šed nosilca na podkonstrukcijo, sestavljeno iz obstoječega programa montažnih elementov družbe Primorje. Čeprav šed strehe s cilindrično obliko boljše sipajo dnevno svetlobo, smo se v prid lažje izdelave odločili za šed element z ravno strešino. Pri izbiri debeline toplotne izolacije smo se odločili za debelino 16 cm ($U = 3.02 \text{ W/m}^2\text{K}$), saj z njo v kombinaciji z dvojno zasteklitvijo dosegamo zelo ugodne rezultate pri toplotni prevodnosti ($U = 1.12 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Pri pripravi statične zasnove novega AB strešnega elementa za konstruiranje šedastih streh sem se omejil na tipsko dolžino (10 m) ob konstantnem prerezu šed nosilca. Izdelal sem računski model za primer obremenitve, ko je novi šed nosilec že nameščen na podkonstrukcijo, se pravi, je montiran kot celoten funkcionalen strešni sklop. Analiza in dimenzioniranje je narejeno v skladu z Evrokod standardi.

Izračun in obtežbe (veter, sneg) so podane le za lokacijo objekta v Sežani, za vse druge lokacije bi bilo potrebno šed nosilec še dodatno statično preveriti.

Za izbrani element sem izdelal tudi detajle in načrte za primer montaže (obstoječi strešni dvokapni sistem in novi šed sistem), konstruiranja celotnega strešnega sklopa (HI, TI) in načina naleganja ter odvajanja padavinskih voda, konstruiranja začetka niza in konca niza šed elementov na nosilni konstrukciji.

LITERATURA IN VIRI

Bratina, S. Planinc, I. 2005. Interakcijski diagrami nosilnosti AB prečnih prerezov po EC2. Ljubljana. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 274 str.

Computers and Structures, Inc. 2004-2010. Navodila za program SAP 2000 Nonlinear. http://www.csiberkeley.com/support_downloads.html (2004-2010)

Damjanović, V. 1990. Industrijski kompleksi i zgrade. 4. dopolnjena izdaja. Beograd. Građevinska knjiga: 306 str.

Fishinger, M. 1997/1998. Zapiski s predavanj in vaj pri predmetu Osnove masivnih konstrukcij. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana.

Fishinger, M. 1997/1998. Seminar pri predmetu Osnove masivnih konstrukcij. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana.

Koncz, T. 1968-1971. Manual of precast concrete construction 1. Principles
Bauverlag

Krainer, A. Kristl, Ž. 1999/2000. Zapiski s predavanj in vaj pri predmetu Bioklimatske zgradbe. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana.

Lopatič, J. 1999/2000. Zapiski s predavanj in vaj pri predmetu Masivne konstrukcije. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana.

Lopatič, J. 1999/2000. Seminar pri predmetu Masivne konstrukcije. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana.

Pakvor, A. 1997. EVROKOD 1 = EC1, Osnove proračuna i dejstva na konstrukcije. Beograd. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: 3 zv. (391, 143, 66) str.

Perišić, Ž. 1997. EVROKOD 2 = EC2, Proračun betonskih konstrukcija. Beograd.
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: 1-7 zv. (347, 93, 41, 40, 38, 80) str.
Primorje, d.d.. 2001. Katalog montažnih elementov. Primorje. Ajdovščina.

Rogač, R. Saje, F. Lozej, M. 1989. Priročnik za dimenzioniranje armirano betonskih konstrukcij po metodi mejnih stanj. Ljubljana. Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, VTOZD gradbeništvo in geodezija : 361 str.

Seliškar, N. 1997. Stavbarstvo. Ljubljana. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo : 381 str.

URSA SLOVENIJA, proizvodnja steklene volne, d.o.o..2004-2010. Navodila za program
Gradbena fizika 2-3
<http://www.ursa.si/950.htm> (2004-2010)

Spletne strani:

Prefabbricati Pizzarotti. Manuale strutture – Tipologia e dimensioni degli elementi di prefabbricazione
http://www.pizzarottiprefabbricati.it/struttura_microshed.htm (20.4.2005)

Prefabbricati Zanon.
<http://www.zanonprefabbricati.com/page.jsp> (20.4.2005)

Nico Velo S.p.A. Construction Prefabricated & Precast Concrete-
<http://www.nicovelo.it/it/azienda.html> (20.4.2005)

Summania Beton
<http://www.summania.it/it/home.html>

Gruppo Zecca
<http://www.zecca.com/>

Mabo Prefabbricati S.p.A.

<http://www.maboprefabbricati.com/index.asp>

Spletni gradbeni vodnik, Graditev od A do Ž, Publikacije za potrošnike

<http://gcs.gi-zrmk.si/gcs7> (10.5.2004)

Standardi:

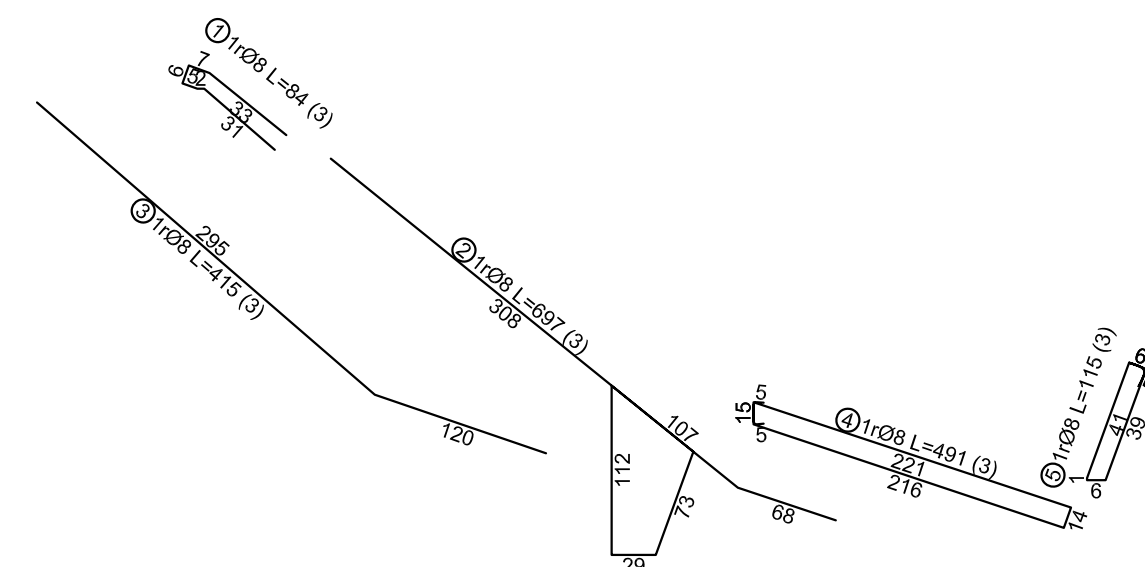
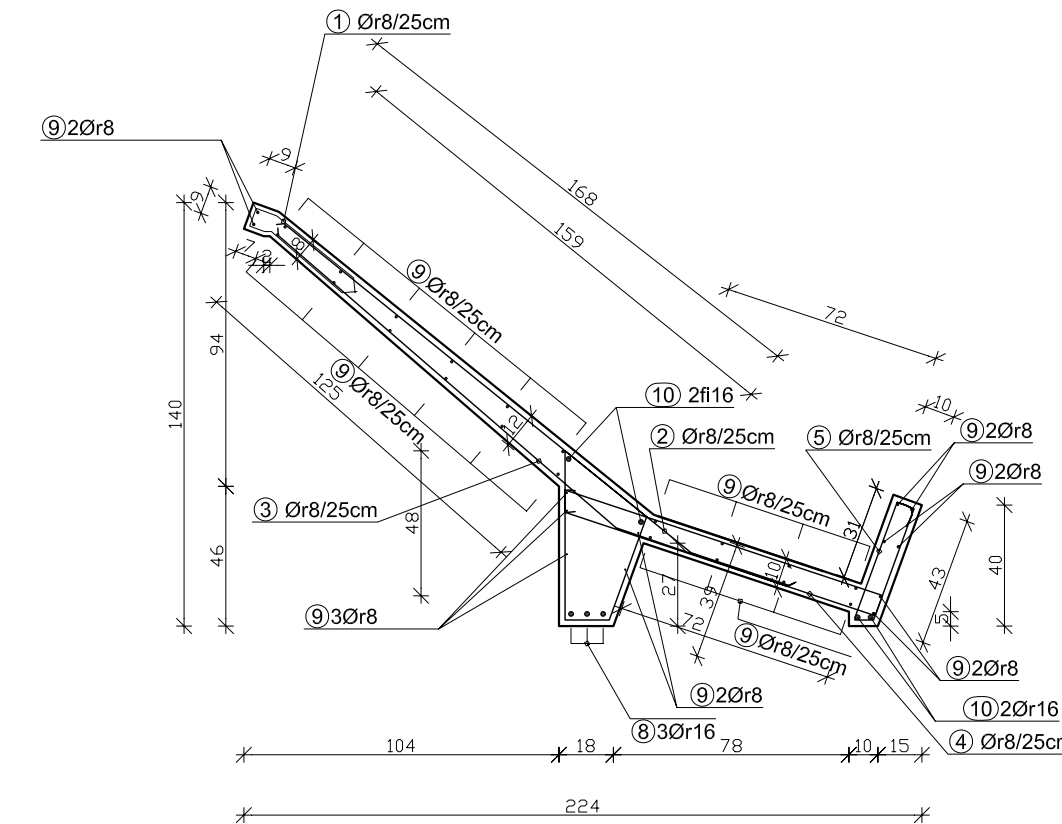
SIST EN 1991-1-1:2004 - Eurocode 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Gostote, lastna teža, koristne obtežbe stavb - Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings

SIST EN 1991-1-1:2004/A101:2005 - Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-1. del: Splošni vplivi – Postorninske teže, lastna teža, koristne obtežbe stavb – Nacionalni dodatek

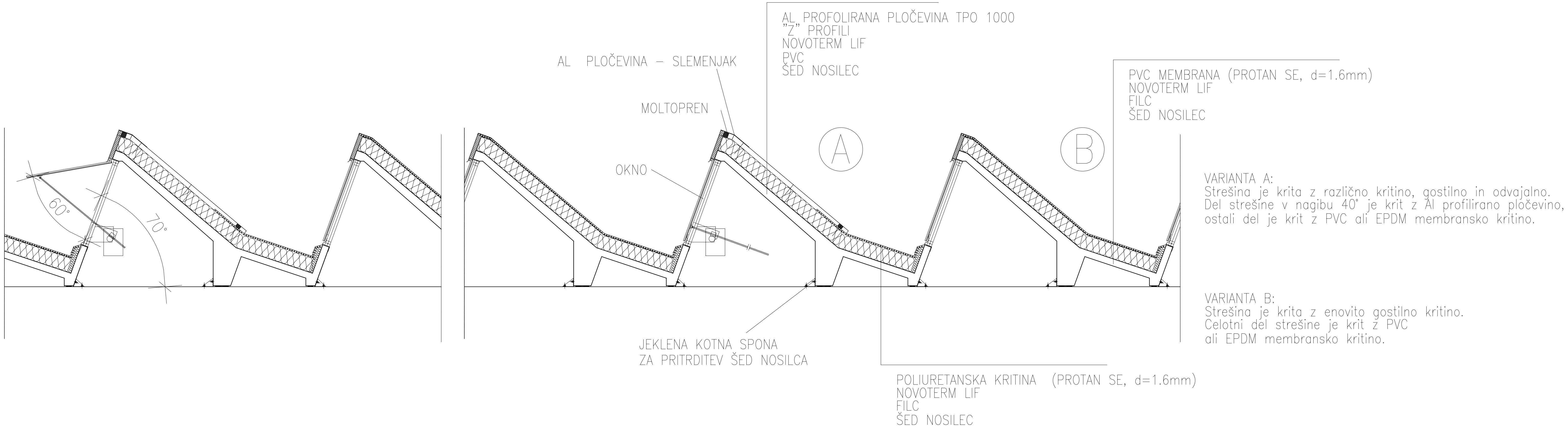
SIST EN 1992-1-1:2005/AC:2008 - Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij - 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe - Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

SIST EN 1992-1-1:2005/A101:2006 - Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe – Nacionalni dodatek

Prerez C-C, M 1:25



PRILOGA A1



M 1:20

Odpiranje strešnih oken

Konstruiranje kritine

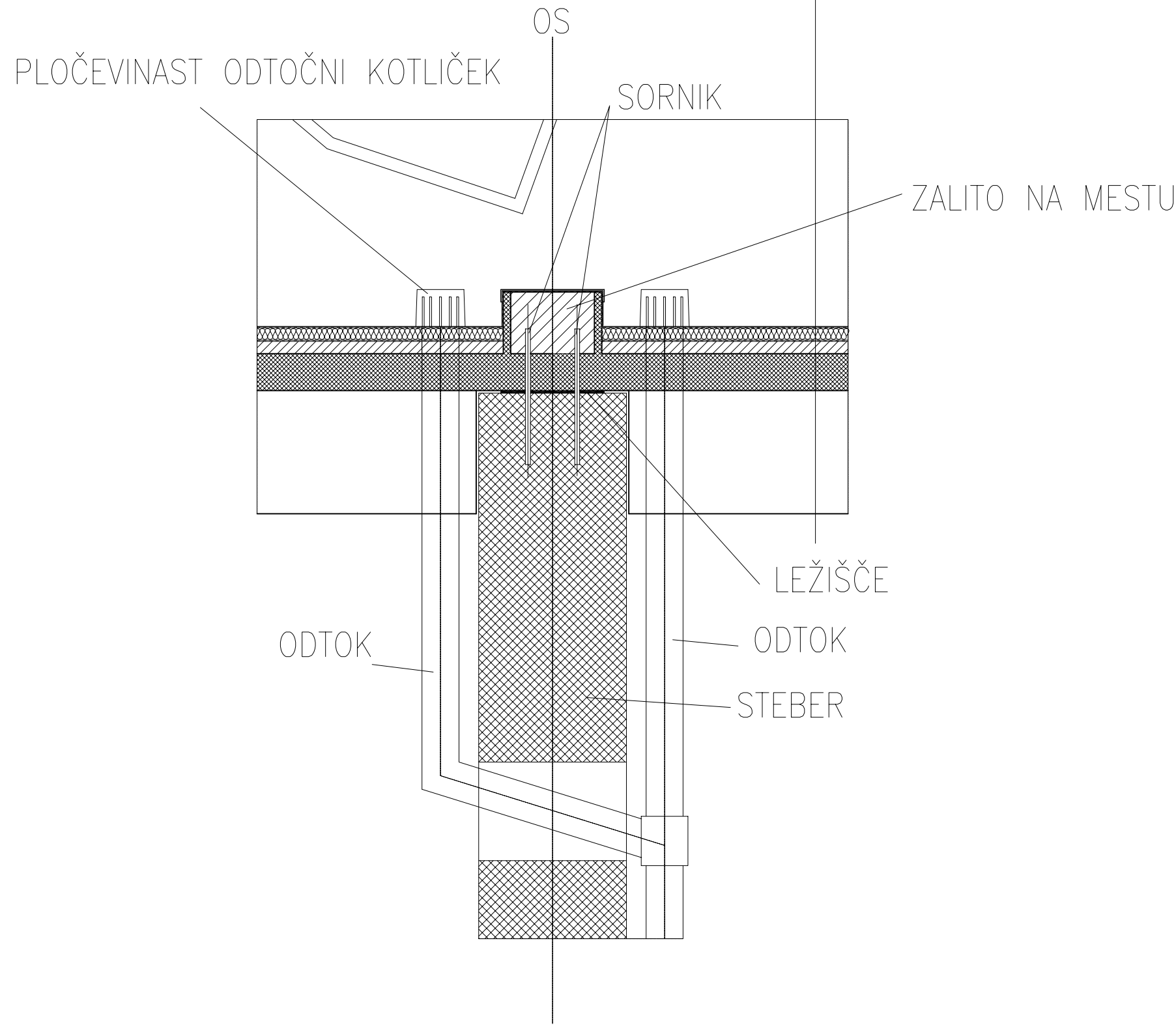
OPOMBA

Kvaliteta betona C25/30 XF1
Kvaliteta armature S500

DETAJL MONTAŽE IN IZVEDBE

AB STREŠNEGA ELEMENTA 1

PRILOGA B1

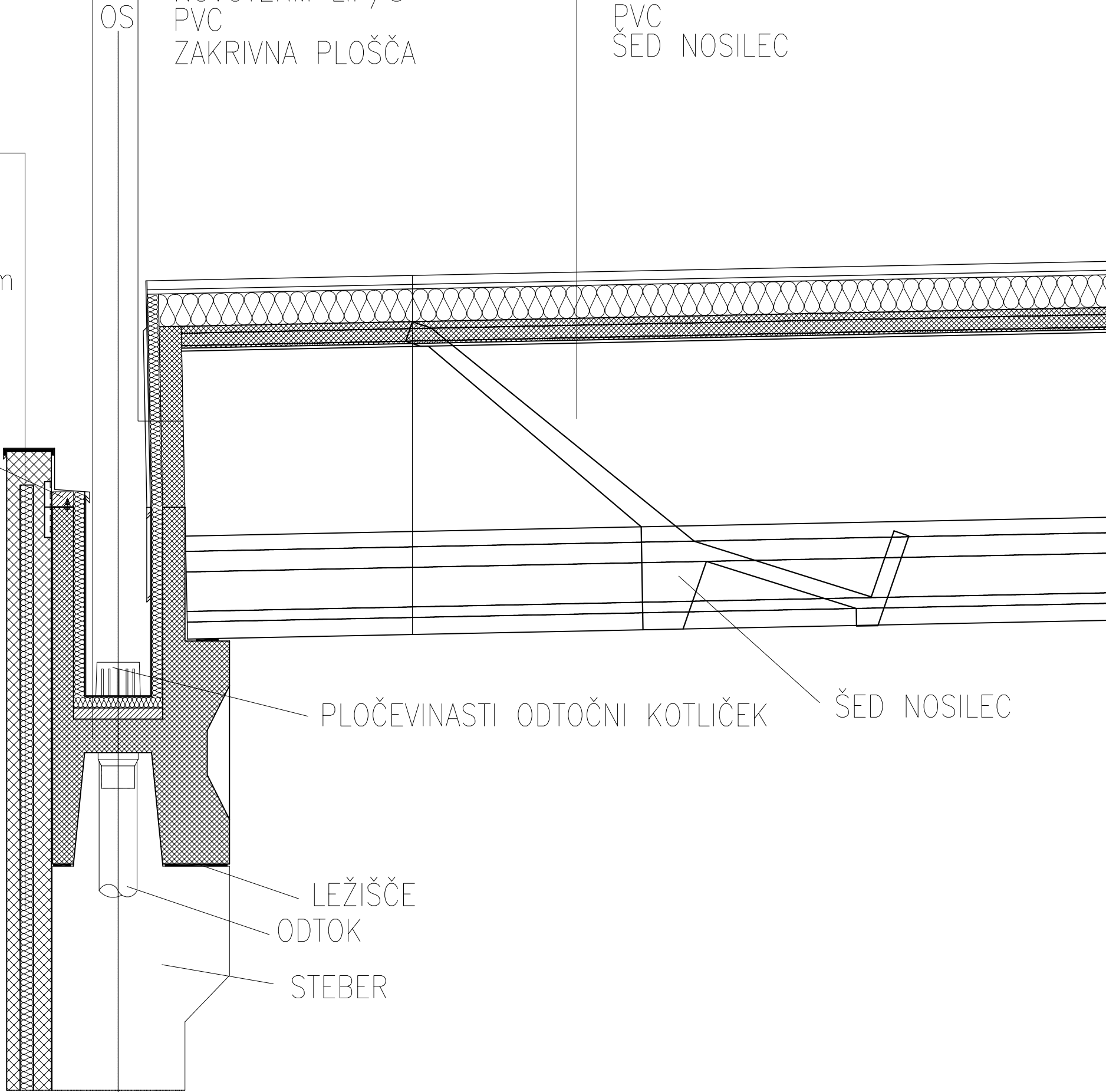


AL BARVANA PLOČEVINA DEB. 0.6mm
PVC
NOVOTERM LIP/S
PVC
NAKLONSKI BETON 3–10cm
"H" NOSILEC

AL BARVANA PLOČEVINA
DEB. 0.6mm, R.Š.110cm
PVC
NOVOTERM LIP/S
PVC
NAKLONSKI BETON
"H" NOSILEC

AL BARVANA PLOČEVINA
DEB. 0.6mm, R.Š.110cm
NOSILEC PLOČEVINE
PLOŠČATO ŽELEZO 30/4mm
R.D.30cm NA 50cm
IZOTEKT
FASADNI ELEMENT

ZALITO VZDOLŽ "H" NOSILCA



AL BARVANA PLOČEVINA
DEB. 0.6mm
PVC
NOVOTERM LIP/S
PVC
ZAKRIVNA PLOŠČA

AL PROFOLIRANA PLOČEVINA TPO 1000
"Z" PROFILI
NOVOTERM LIF
PVC
ŠED NOSILEC

M 1:20

Odvod vode

Naleg šed nosilca na "H"nosilec

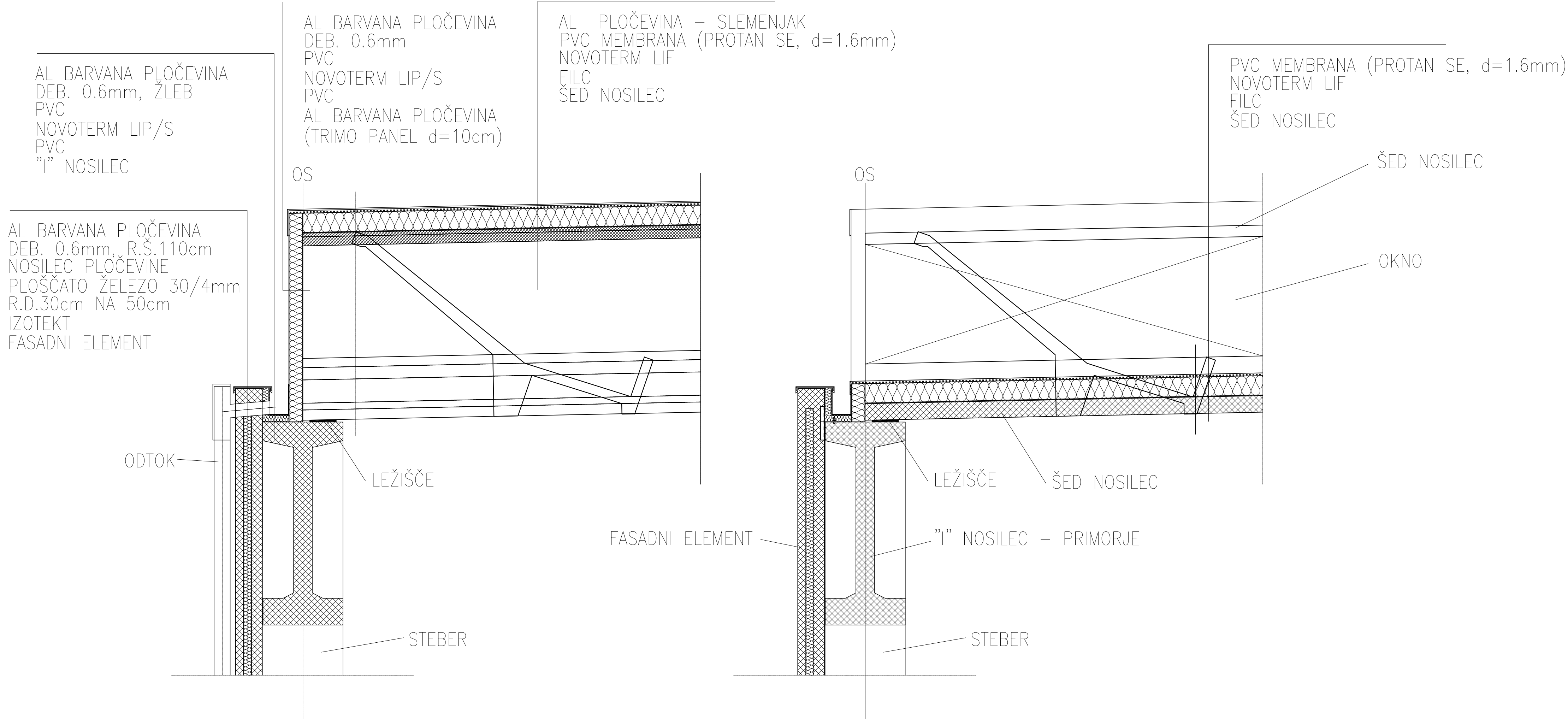
OPOMBA

Kvaliteta betona C25/30 XF1

Kvaliteta armature S500

**DETAJL MONTAŽE IN IZVEDBE
AB STREŠNEGA ELEMENTA 2**

PRILOGA B2



M 1:20

Odvod vode

Naleg šed nosilca na "I"nosilec

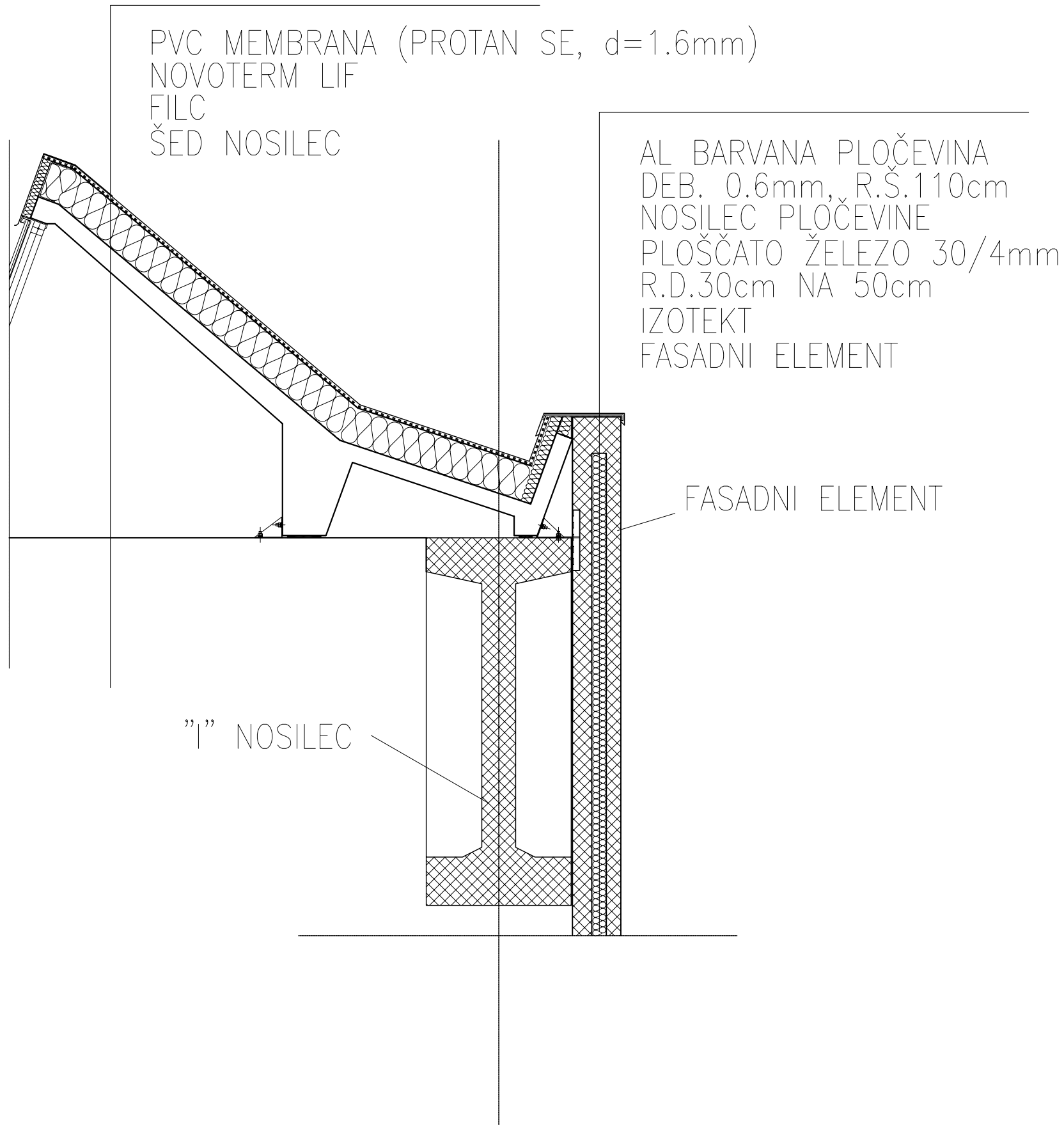
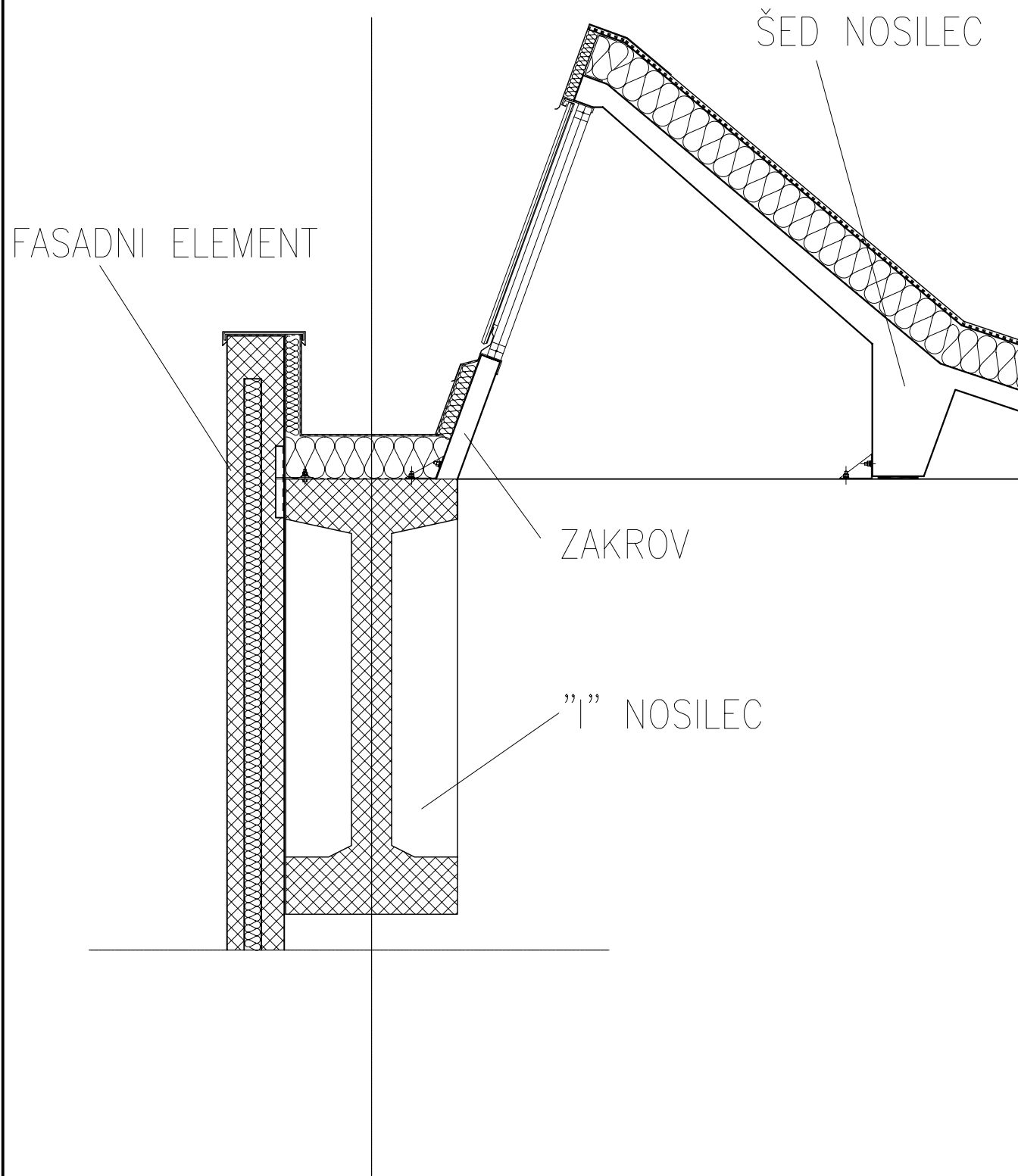
OPOMBA

Kvaliteta betona C25/30 XF1

Kvaliteta armature S500

DETAJL MONTAŽE IN IZVEDBE
AB STREŠNEGA ELEMENTA 3

PRILOGA B3



M 1:20

Zaključek in pričetek niza elementov

OPOMBA

Kvaliteta betona C25/30 XF1
Kvaliteta armature S500

DETAJL MONTAŽE IN IZVEDBE AB STREŠNEGA ELEMENTA 4

PRILOGA B4