

Rijeka, 15. listopada 2019.

Projekt: **Projekt uređenja dijelova Frankopanskog kaštela u Gradu Grobniku**

Naručitelj: **Općina Čavle, Čavja 31, 51219 Čavle, OIB: 27613220645**

Projektant: **Ivan Juretić dipl. ing. arh.**

Projekt platforme za smještaj arheostereoskopa na sjeverozapadnoj ugaonoj kuli barbakana



Sjeverozapadna kula vanjskog obrambenog zida grobničkog kaštela. Foto: IJ, rujan 2019.

Uvodno

Od strane naručitelja postavljen je upit za izradom projekta platforme odnosno međukatne konstrukcije na sjeverozapadnoj kuli barbakana - vanjskog obrambenog zida grobničkog kaštela, u svrhu postavljanja arheostereoskopa.

Izbor ove kule za smještaj navedenog uređaja ima smisleno opravdanje iz više razloga; Kula je pogodna za smještaj arheostereoskopa jer se s nje pruža nesmetan pogled na Grobničko polje, brda i planine kuda je nekad prolazio rimski obrambeni bedem – limes (što je predmet prezentacije uređajem).

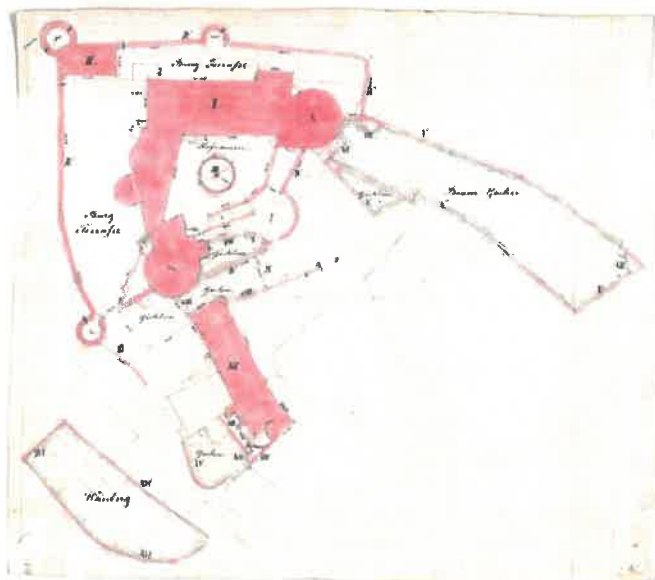
Novi sadržaj aktivirao bi ovaj inače sporedni dio kaštela, ponudio posjetiteljima novu dimenziju pogleda u virtualnu prošlost, ali i realni prostor, koji je sada u dobroj mjeri zanemaren – osnovna odrednica smještaja kaštela na vrhu Grobnika grada – dominacija nad prostorom i otvoreni pogledi na sve strane svijeta - u stvarnosti je dobro zanemarena, cijeli prostor kompleksa kaštela zapravo danas ne nudi niti jednu razglednu točku ili uređeno mjesto vidikovca.

Konačno, projektiranim uređenjem platforme i kule barbakana oplemenio bi se prostor pozitivnom intervencijom i novim arhitektonskim elementom; Pomaknuli bi se prema ciljanoj revitalizaciji i smislenoj namjeni kaštela, dodatnom ulaganju i očuvanju vrijedne baštine.

Predloženi projekt je izrađen u skladu s posebnim uvjetima izdanim od Ministarstva kulture – Uprave za zaštitu kulturne baštine – Konzervatorskog odjela u Rijeci (Klasa: UP/I 612-08/19-04/2096, Urbroj: 532-04-0211/11-19-2 od 3. listopada 2019).

Povijesni pregled i postojeće stanje - ukratko

Sjeverozapadna ugaona kula dio je vanjskog fortifikacijskog sustava zidina kaštela koji nastaje u doba intenziviranja opasnosti i osvajačkih pohoda Turaka u vremenu od 15. do 17. stoljeća. Svrha izgradnje dodatnog pojasa vanjskih zidina - barbakana bilo je jačanje obrambene moći kaštela, a ravni potezi novih zidina zbog efikasnije se obrane opremaju utvrđenom ulaznom kulom i trima polukulama na uglovima i u sredini sjevernog poteza zidina.



Arhitektonski snimak Johanna Zofke iz 1877. godine na kojemu je prikazana situacija grobničkog kaštela. Predmetna sjeverozapadna kula vanjskih zidina je u lijevom gornjem uglu, a rimskim brojem II pored nje, označena je zgrada šupe koja je u to vrijeme tu bila izgrađena. (Državni arhiv u Zagrebu, ustupio Konzervatorski odjel u Rijeci).

Predmetna sjeverozapadna polukružna kula je ugaona kula na sudaru zapadnog i sjevernog poteza zidina, isturena iz ravnine vanjskog plašta zidina za više od pola promjera, pa je kao takva nekad nudila efikasnu kontrolu nad obranom prostora pod zidom, a danas predstavlja atraktivan vidikovac s otvorenim pogledima na širu okolicu, ali nudi i zanimljivu vizuru na kompleks kaštela i cijeli fortifikacijski sustav barbakana.

Prvi poznati grafički prikaz kule je na nacrtu M. Sabljaka iz 1854. godine gdje ona nije geometrijski sasvim precizno iscrtana, kako će to biti nešto kasnije, na arhitektonskom snimku kaštela Johanna Zofke iz 1877. godine. Osim iznimno točnih mjera i vjernog snimka geometrije, zanimljivo je da na Zofkinom nacrtu ostalo zabilježeno kako je u to vrijeme s unutrašnje strane zidina na ugaonom dijelu uz ovu kulu bila prislonjena nadstrešnica drvarnice, šupe za drva - kako je tada zapisano na nacrtu „Holzshupfe“.



Pogled s perimetralnog zida sjeverozapadne kule barbakana prema kaštelu, te pogled sa zapadnog poteza zidina prema ovoj ugaonoj kuli na mjestu sudara sa sjevernim bedemom (zapadni potez zidina i veći dio plašta kule se jedva nazire jer je zarastao bršljanom). Foto: IJ, listopad 2019.

Početkom osamdesetih godina prošlog stoljeća kompleks kaštela u Grobniku iznimno je zapušten i ruševan, pa tako i vanjski obrambeni pojas s kulama.

Kada su od 1983. do 1987. godine na kaštelu izvođeni opsežni radovi obnove oni su uključivali rekonstrukciju zidina barbakana i kula. Na sjeverozapadnoj kuli tom je prilikom nadozidan 21 m³ materijala¹ odnosno povišen i zaključen zid po čitavom obodu kule u visinu od nešto više od jednog metra.

Za razliku od originalnoga staroga kamenog zida s vapnenim vezivom, nadograđeni dio je zidan kamenom u cementnom mortu, pa se ovi zahvati danas mogu jasno očitati u strukturi zidova kule.

Također treba napomenuti da je u to vrijeme unutrašnjost kule bila gotovo u cijelosti zatrpana materijalom, a na kotu poda je vodilo nekoliko stuba s unutrašnjeg dvorišta. Ovaj materijal je odstranjen u iskopavanjima prije petnaestak godina, pa je prostor unutar kule sada na približno istoj visini kao i dvorište, a na vidjelo su izašle tri puškarnice u starom plaštu zida – jasno definirana južna s očuvanim zidanim kamenim lukom – nadvojem na unutrašnjoj strani kule, zapadna – otvorena s očuvanom unutrašnjom špaletom, ali bez originalnog nadvoja, te zazidana istočna čiji se točni obrisi tek naziru. Osim puškarnica u plaštu zida dvadesetak centimetara iznad kote dvorišta odnosno današnjeg tla uočljiva su četiri ležišta najvjerojatnije drvene konstrukcije koja upućuju da je pod nekada stajao na drvenom gredniku i bio u primjerenoj visini za korištenje puškarnica. Nije nam poznato do koje je dubine vršen iskop odnosno čišćenje materijala unutar perimetra kule prilikom posljednjih zahvata, niti rezultati tih eventualnih istraživanja, no po analogiji se može pretpostaviti da je kula u donjim dijelovima već prilikom građenja bila zatrpana zbog statičke stabilnosti i otpornosti na nasrtaje mogućih napadača. Ukupna visina kule iznad okolnog terena je oko osam metara tako da je danas kota dvorišta odnosno nasip unutar kule oko 4,5 m iznad terena podno kule.



Fotografije unutrašnjeg plašta zida kule; na lijevoj fotografiji se vidi južna i dijelom zapadna niša puškarnice, u sredini zapadna puškarnica, a desno je prema istoku orijentirana zazidana puškarnica. Na zidu neposredno iznad tla mogu se uočiti ležišta drvenog grednika nekadašnje podne konstrukcije. Foto: ij, rujna 2019.

Projekt platforme arhistereoskopa

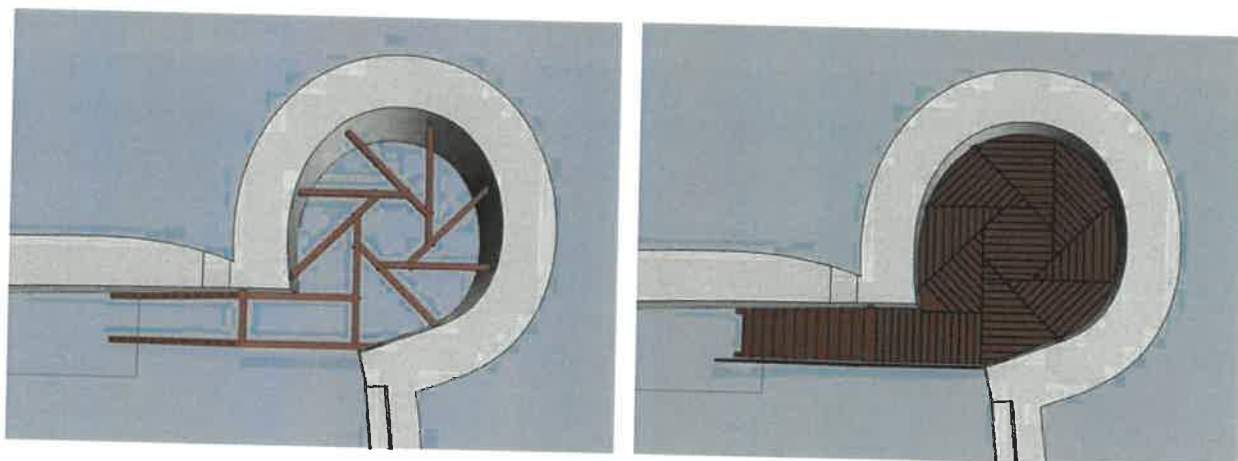
Rješenje platforme vidikovca na sjeverozapadnoj kuli barbakana nažalost nije moglo biti utemeljeno rekonstrukcijom ili reinterpretacijom izvornog konstruktivnog sustava jer ova kula gotovo sigurno nije imala platformu za osmatranje u visini, već najvjerojatnije stožast krov položen na obodne zidove.

Zbog toga je odlučeno platformu na neki način dilatirati od postojeće strukture oblikovnim izrazom, detaljem izvedbe, ali i statičkim rješenjem. Prioritet je svakako bio zadržati korisnu visinu etaže prizemlja to jest nesmetanu mogućnost korištenja prizemlja kule i „opsluživanja“ puškarnica – njene primarne povijesne funkcije.

¹ Grobnički zbornik, Koordinacijski odbor mjesnih zajednica Grobinštine, Rijeka, 1988.; str. 440

Uz navedeno, približna visina nekadašnjeg unutrašnjeg ophoda uz zidine koju očitavamo u sjevernom potezu kurtine i primjerena visina ogradnog parapeta iznad novo projektirane platforme bili su ključni argumenti za određenje visine postava platforme.

Kako bi se zadovoljili postavljeni uvjeti statička visina platforme je svedena na najmanju mjeru konstruktivnim rješenjem primarnih drvenih nosača upetih na obodni zid kule raspoređenih u formi oktogonalne iris dijafragme. Ovo rješenje nudi približno simetričan raspored sila na osam oslonaca u zidu, razmjerno malu statičku visinu nosača i premošćivanje većeg raspona međusobno povezanim kraćim nosivim elementima.



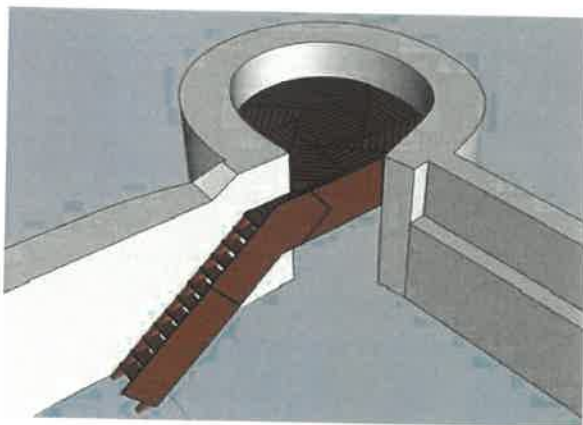
Računalna 3D skica drvene konstrukcije i popločenja platforme arheostereoskopa na sjeverozapadnoj kuli barbakana grobničkog kaštela.

U oblikovnom smislu nova konstruktivna forma se nadovezuje i naglašava kružnu tlocrtnu formu kule, ali istovremeno parafrazira optički element, za pogled u virtualnu prošlost ili realni prostor pejzaža. Nosači platforme u međusobnom suodnosu formiraju oktogon – geometrijski sistem proporcija korijen iz 2, jednog od temeljnih proporcijskih ključeva u kompoziciji arhitekture. Prijedlog je također da se pažljivim polaganjem dasčanog popločenja platforme naglasi ova zanimljiva proporcijska igra kvadrature.

Pristup kružnoj platformi osmišljen je preko kratkog podesta i stubišta položenim uz zapadni potez zidina barbakana. Ovdje tangenta na upisanu kružnicu unutrašnjeg prostora kule usporedna s potezom zida tvori idealnu širinu pristupnih stuba pa se one na taj način lijepo nadovezuju na kružnu odnosno točnije ovalnu formu platforme. Sretna je okolnost da se baš ispred stubišta uzduž zapadnog zida nalazi parcijalno popločeni dio dvorišta masivnim kamenim pločama koje se ovim predloženim prostornim rješenjem doima kao namjenski izveden istaknuti parter pristupu platformi. Kako je rečeno visina poda platforme je formirana tako da obodni zid kule tvori primjeren ogradni parapet, pa je ugradnja ograde neophodna samo na dijelu pristupne platforme i stuba. Na ovom je dijelu predložena puna ograda formirana od segmenata čeličnog panela kortena.



Drvenu platformu predviđeno je osloniti u gornjem dijelu unutrašnjeg plašta kule u dijelu zida koji je bio nadozidan u osamdesetima. Zid kule tvoriti će parapet primjerene visine za ogradu nove platforme. Ovdje se na fotografiji jasno može pratiti nadozidana struktura zida. Foto: IJ, rujan 2019.

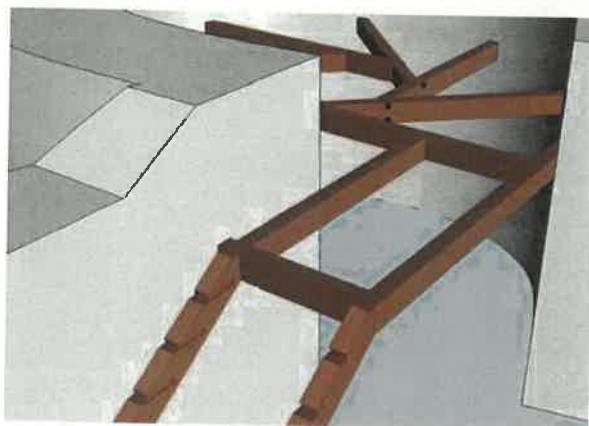


Računalna 3D skica rješenja platforme, podesta i prilaznih stuba.

Tehnički opis i statički proračun

Kompletan konstruktivni sustav platforme izvodi se od hrastovih gredica presjeka 12/20 cm, klase D 40 ili više². Osnovna kružna platforma unutar perimetra kule prosječnog promjera 4.8 m leži na 8 međusobno povezanih i u kamene zidove uležištenih gredica ukupne dužine do 2.75 m. Gredice su položene u ravninsku paličnu konstrukciju u formi osmerosegmentnog irisa dijafragme tako da se svaka gredica svojim slobodnim krajem člankasto oslanja o susjednu gredicu, formirajući u središtu kule centralni osmerokut promjera 1.41 m ($1\text{ m} \cdot \sqrt{2}$). Ležišta u obodnom zidu kule su redom u gornjem dijelu zida koji je bio nadozidan u osamdesetima, izvode se prema pravilnom rasporedu minimalne dubine 15 cm. Cjelokupno korisno i vlastito opterećenje platforme približno jednoliko je raspoređeno na ovih osam oslonaca; Posebnu pažnju, treba posvetiti na osloncima iznad otvora puškarnica – iako je projektirana visina sidrenja greda tridesetak centimetara iznad visine nadvoja puškarnica i nije na poziciji njihova tjemena – zahtijeva se prethodna stabilizacija strukture zida i pojačanje odgovarajućim vezivom.

Pažnju treba također posvetiti urednom izvođenju ležišta dvaju greda uz brid susreta ravnine zidina i unutrašnjeg plašta kule gdje su ugrađeni veći ugaoni kamene blokovi – ležišta se izvode u strukturi zida neposredno do kamenih blokova i oni se u načelu ne dotiču konstrukcijom.



Računalna 3D skica detalja drvene konstrukcije platforme; Svi konstruktivni elementi su hrastove gredice presjeka 12/20 cm, međusobno povezani vijcima 2 x M20. U prvom se planu vide dvije tetive stubišta koje je predviđeno zarezati s čela i bočno, tako da prihvate drvena gazišta.

Osim navedenih osam greda platforme u postojeće kamene zidove upinje se još jedino konzolni nosač podesta i stubišta. Ova gredica istog je presjeka kao i ostale grede konstrukcije 12/20 cm, no njeno ležište treba biti izvedeno minimalno pola metra u dubinu zida (zapadnog poteza kurtine) s obzirom da ona konzolno prenosi opterećenje nove konstrukcije.

Na ovu gredicu u istoj horizontalnoj ravnini oslonjene su tetive stuba i dvije nosive gredice podesta. Tetive stuba svojim donjim krajem leže na kamenom popločenju dvorišta – ovdje se preporuča presložiti kamene ploče na koje će biti oslonjene tetive stubišta te ispod njih izvesti primjeren temelj. Stube se izvode zarezivanjem ležišta u tetive stubišta za hrastova gazišta dimenzija 28x114 d=4 cm, na način da čelo drvenog gazišta prelazi preko obje tetive. Ukupno se izvodi 11 gazišta.

² Sastavni dio projekta je statički proračun na temelju simuliranog 3D modela. Statički model uz zadana opterećenja je zadovoljio presjek nosivih gredica 10/20 cm, no zbog kompenzacije klase dobavljenog drva i na račun faktora dodatne sigurnosti odabran je presjek 12/20 cm.

Sve gredice konstrukcije se međusobno povezuju sa po dva cinčana čelična vijka M20, raspoređeni u gornjoj i donjoj zoni, minimalno 3 cm od ruba grede (4cm osno).

Popločenje platforme je predviđeno hrastovim daskama debljine min. 4 cm, širine od 10 do 20 cm položenim s dilatacijama od 1 cm prema priloženoj shemi. Daščana obloga slijedi raspored nosivih greda i tako ističe geometriju konstruktivnog sustava. Obloga se polaže ravnomjerno dilatirana od zidova kule približno 5 centimetara.

Puni panel ograde od kortena debljine 8 mm također je predviđeno dilatirati za 5 centimetara od stuba i podesta na način da se vijcima učvrsti na vanjsku tetivu stubišta i podesta. Panel ograde se izvodi od nekoliko manjih segmenata, međusobno dilatiranih 1 cm.

Zaštita svih drvenih dijelova konstrukcije se izvodi uljenjem ili premazivanjem primjerenom lazurnom predviđenom za zaštitu vanjskih terasa i deckinga. Predviđa se izbor svjetlijeg tona. Na mjestu sidrenja u zid preporuča se drvene elemente zaštititi kvalitetnijim poliuretanskim ili epoksidnim hidroizolacijskim premazom. Svi vijčani elementi su cinčani, oграда od kortena ne zahtijeva antikorozivnu zaštitu, te ju je predviđeno ostaviti u svojstvenom tonu oksidiranog željeza.

Prilikom izvođenja nove drvene konstrukcije kako je rečeno treba voditi brigu o čim manjem oštećivanju postojeće strukture zida, a na mjestima sidrenja greda treba svakako izvesti stabilizaciju postojeće strukture zida. Na unutrašnjem plaštu zida se preporuča čišćenje sljubnica i fugiranje odnosno dersovanje čitave površine. Prije ovoga zahvata nužno bi bilo urediti špalete puškarnica i izvesti na zapadnoj i istočnoj puškarnici primjerene kamenom zidane nadvoje, analogne onome na južnoj strani. Na vanjskom plaštu kule trebalo bi makar obraditi otvore kruškolikih puškarnica, a s vremenom bi se trebalo planirati čišćenje, dersovanje i uređenje kompletnog vanjskog plašta zida.

Zaključno

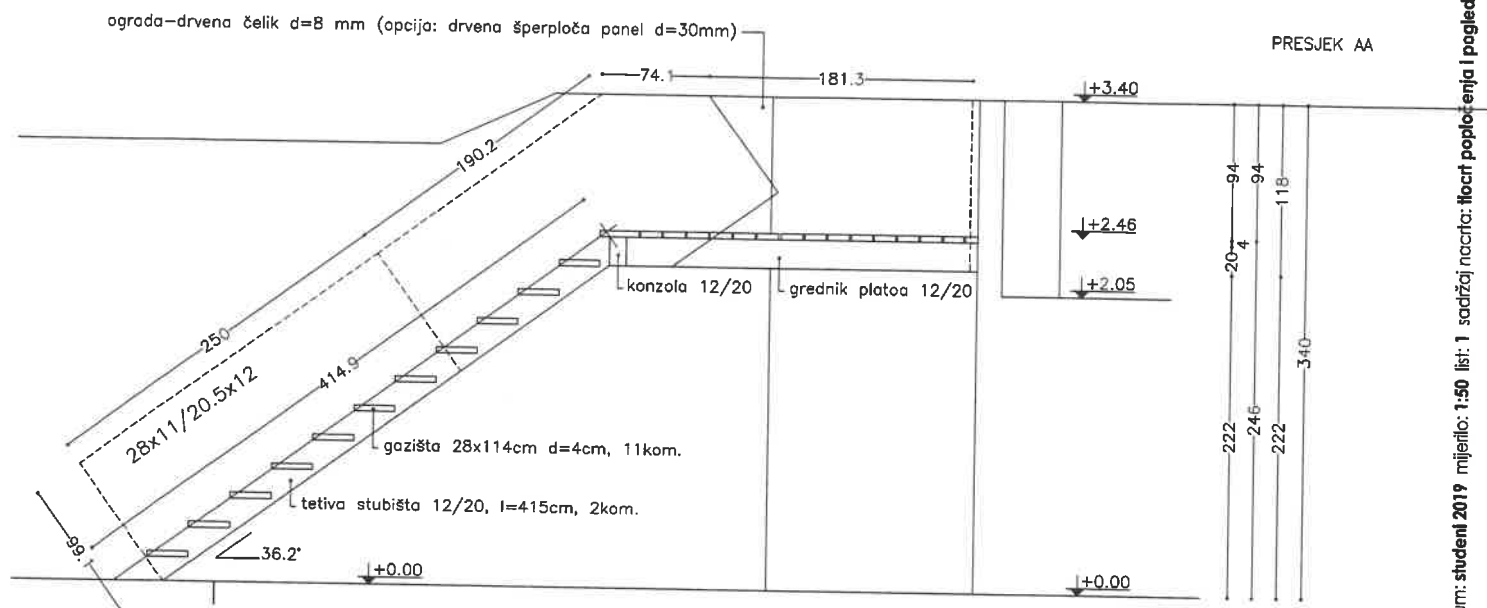
Izgradnja platforme za arheostereoskop na sjeverozapadnoj kuli barbakana grobničkog kaštela ima svoje opravdanje i smisao kako je istaknuto uvodom, unatoč tome što takav zahvat nije u skladu s idealnom rekonstrukcijom izvorne arhitekture. Nova arhitektonska intervencija je u skladu sa sasvim novom i različitom funkcijom i kule i cijeloga kompleksa kaštela od nekadašnje izvorne obrambene. Unatoč tome predloženo novo rješenje u svojoj biti podcrtava zatečenu arhitekturu i približava ju posjetitelju, kako u smislu funkcije (osmatračnica), pogleda u prošlost (arheostereoskop), tako i u smislu čuvanja isticanja i prezentacije izvorne arhitektonske strukture i detalja (obnova originalnog plašta zida kule i otvora puškarnica bez fizičke interferencije s novim zahvatom); Novo rješenje platforme ne dotiče originalne slojeve u strukturi zida kule već je dilatirano od njih zanimljivim konstruktivnim rješenjem, koje će ukoliko se dosljedno izvede, zajedno s novim sadržajem stvoriti dodanu vrijednost ovom danas zanemarenom dijelu arhitekture kaštela i nadamo se udahnuti mu novi zanimljiv i atraktivan život.

Projektant:

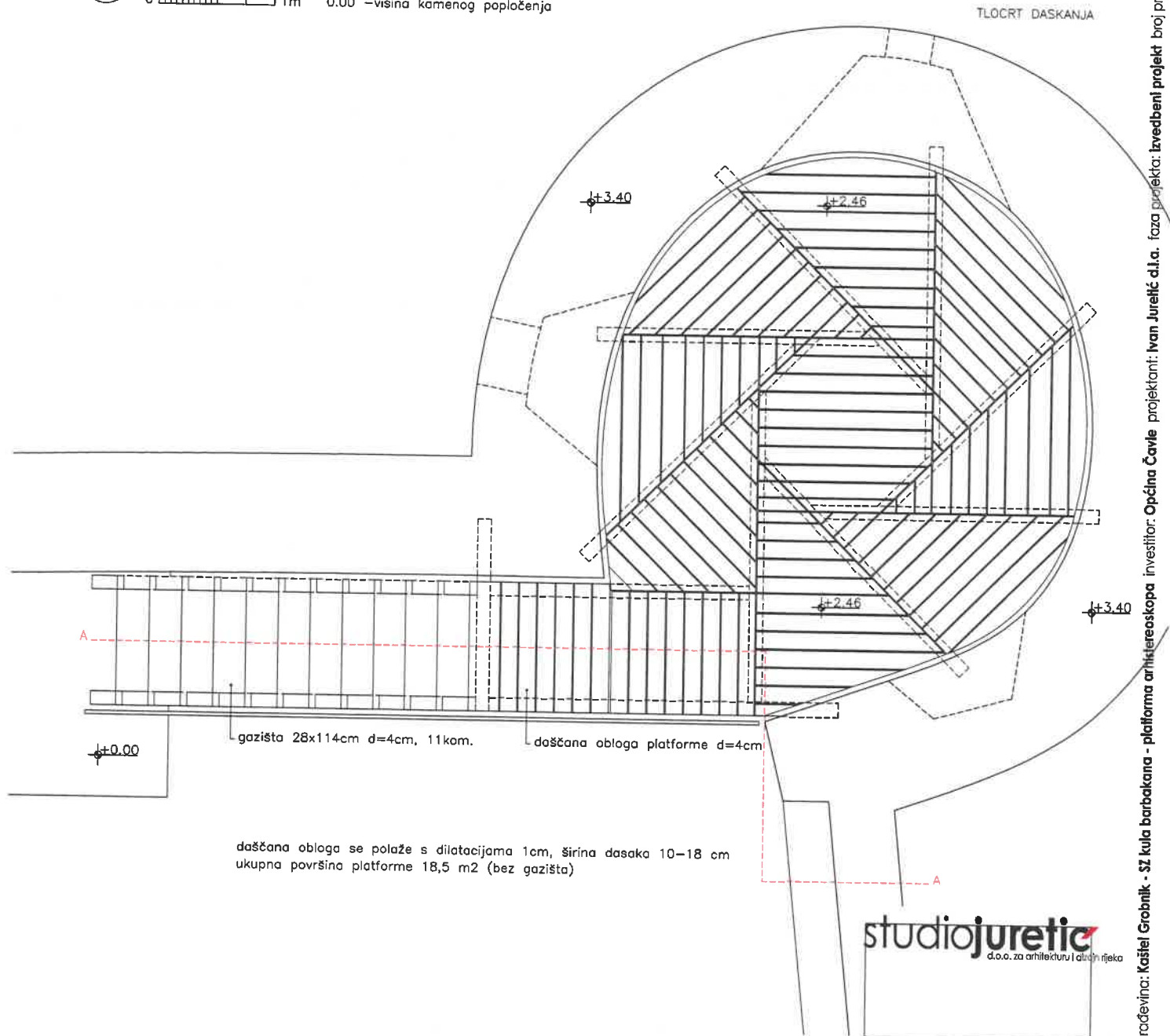
Ivan Juretić dipl. ing. arh.



IVAN JURETIĆ
dipl.ing arh.
OVLAŠTENI ARHITEKT
A 3571



0 1m 0.00 —visina kamenog popločenja



Osnovni podaci o modelu

Datoteka: Kula Barbskan na Grobniku (Ivan JURETIĆ) -
kopija.twp
Datum proračuna: 29.11.2019

Način proračuna: 3D model

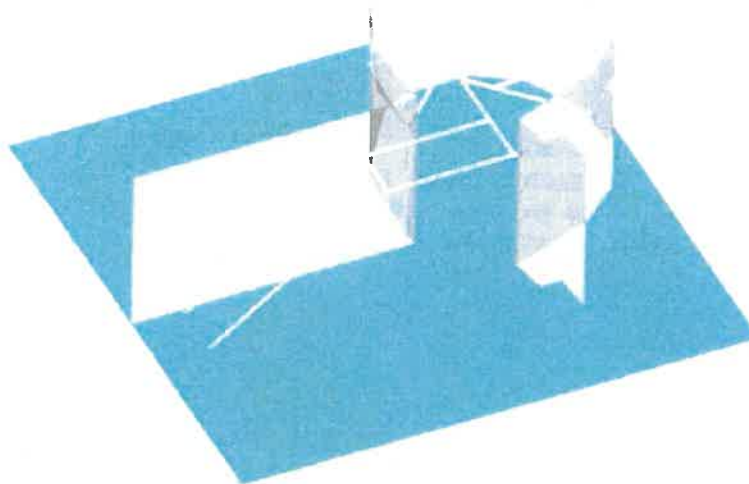
- ☒ Teorija I-og reda ☐ Modalna analiza ☐ Stabilnost
☐ Teorija II-og reda ☐ Seizmički proračun ☐ Faze građenja
☐ Nelinearni proračun

Veličina modela

Broj čvorova: 4473
Broj pločastih elemenata: 4363
Broj grednih elemenata: 24
Broj graničnih elemenata: 31404
Broj osnovnih slučajeva opterećenja: 3
Broj kombinacija opterećenja: 1

Jedinice mjera

Dužina: m [cm,mm]
Sila: kN
Temperatura: Celsius



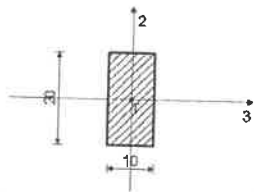
Ulazni podaci - Konstrukcija

Tabela materijala

No	Naziv materijala	E[kN/m ²]	μ	γ [kN/m ³]	α [1/C]	Em[kN/m ²]	μ_m
1	Beton C25/30	3.150e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.150e+7	0.20
2	Drvo-Listari-Masivno	1.250e+7	0.20	7.00	1.000e-5	1.250e+7	0.20

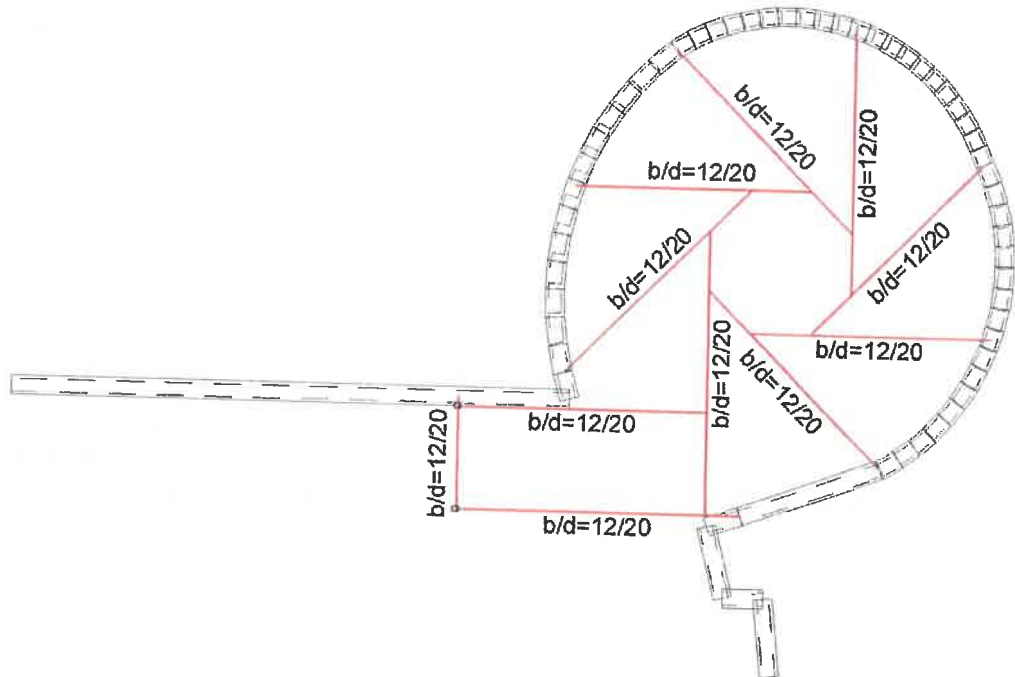
Setovi greda

Set: 1 Presjek: b/d=12/20, Fiktivna ekscentričnost

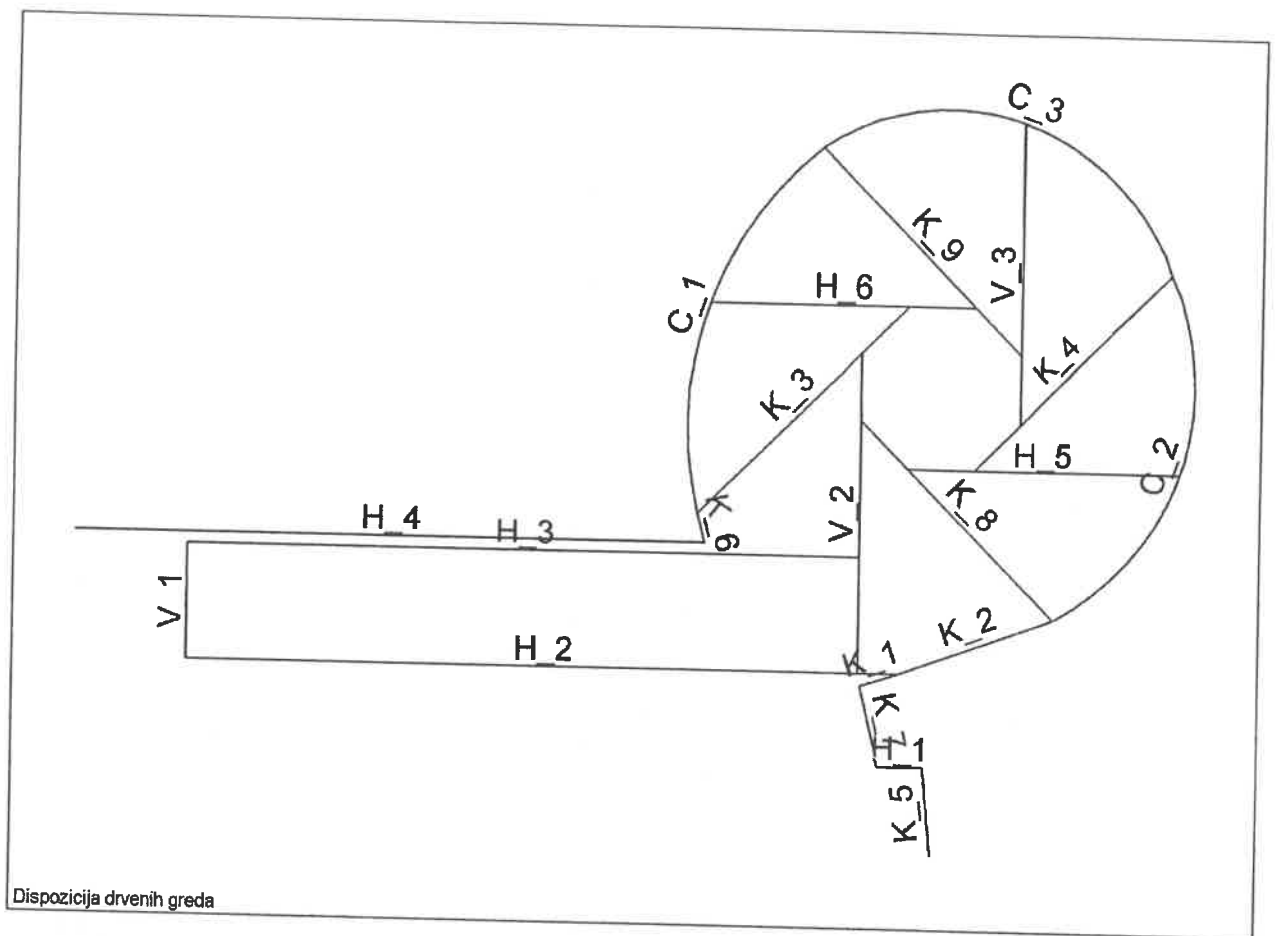


Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Drvo-Listari-...	2.000e-2	1.867e-2	1.867e-2	4.578e-5	1.667e-5	6.667e-5

[cm]



galerija



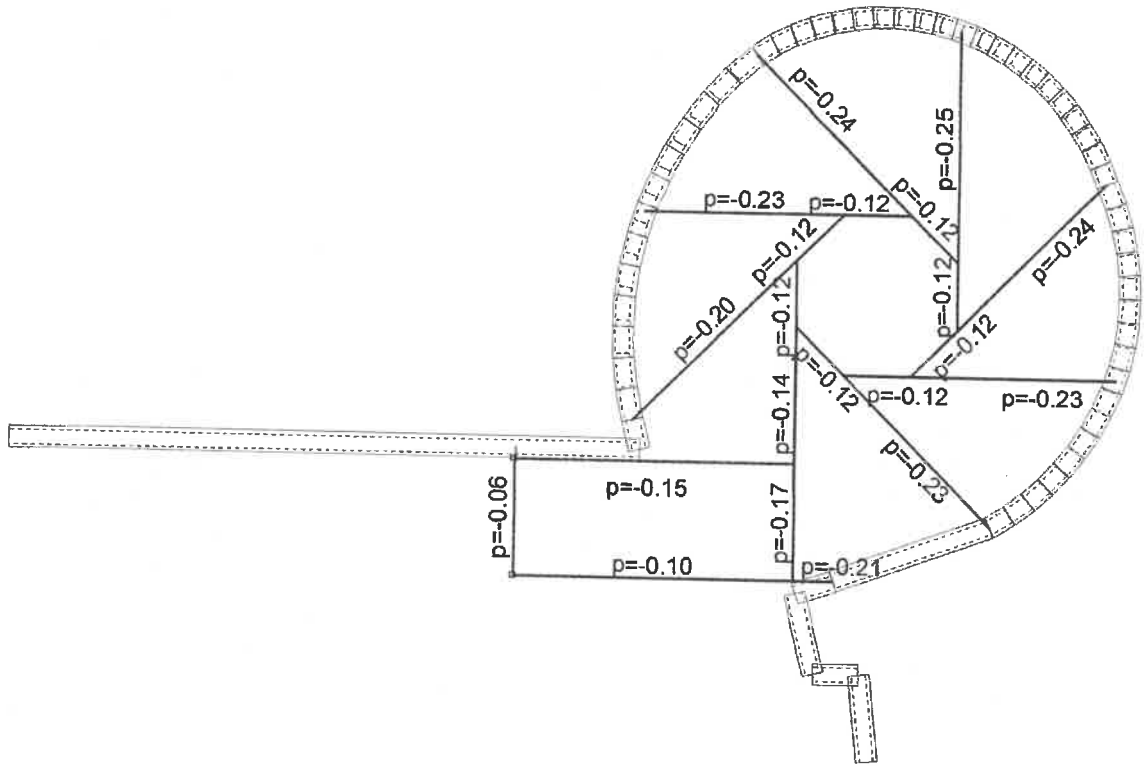
Ulazni podaci - Opterećenje

Lista slučajeva opterećenja

LC	Naziv
1	vlastita težina (g)
2	stalno opterećenje

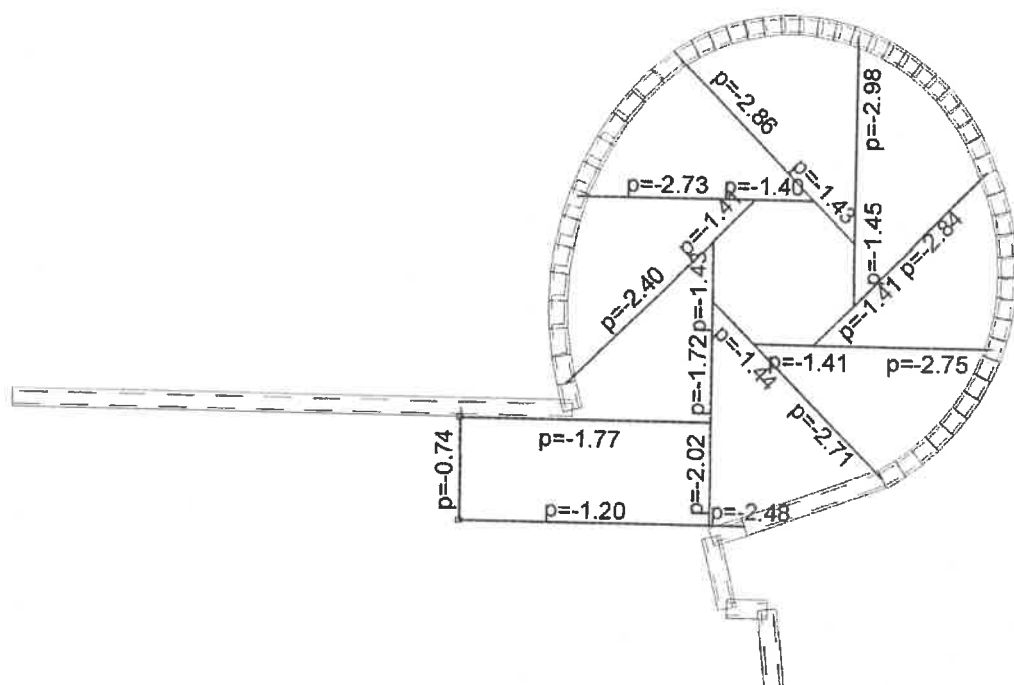
3	uporabno opterečenje
4	Komb.: $1.35x +1.35x +1.5x $

Opt. 2: stalno opterečenje



galerija

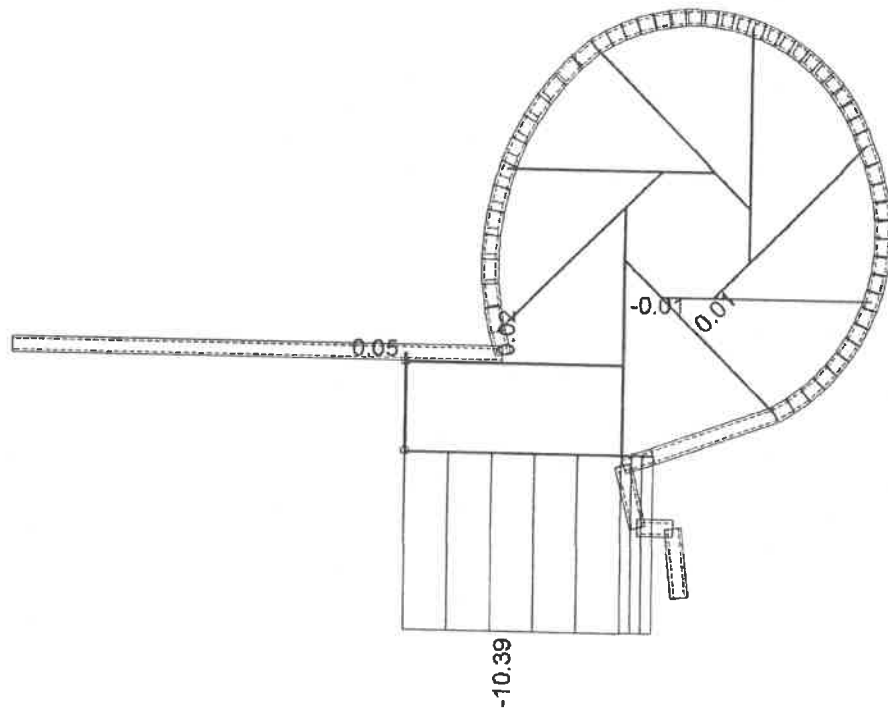
Opt. 3: uporabno opterečenje



galerija

Statički proračun

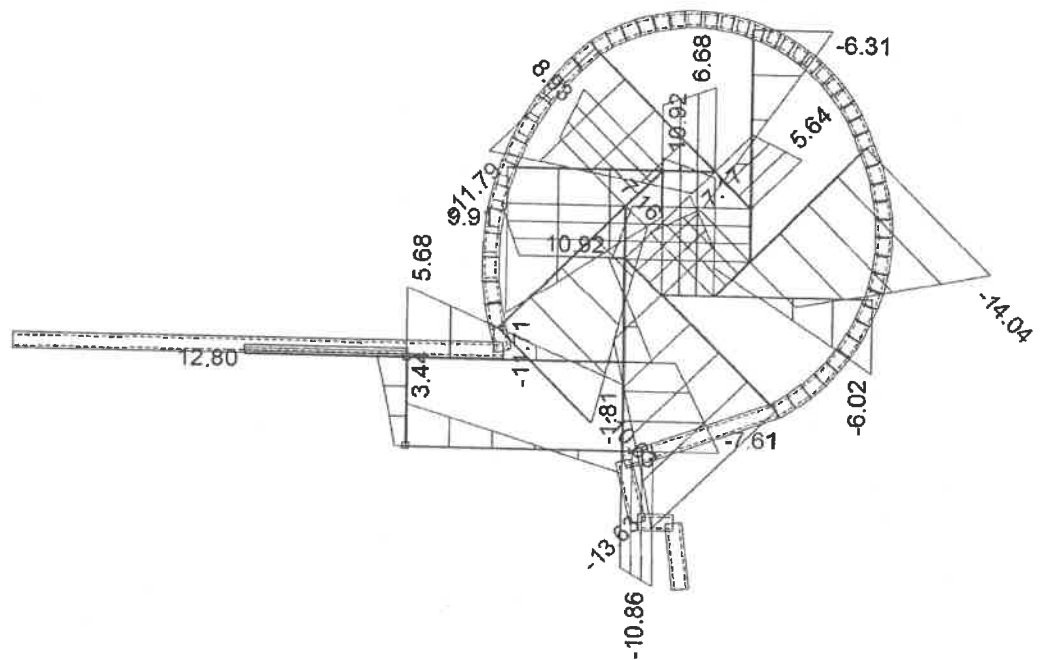
Opt. 4: 1.35xI+1.35xII+1.5xIII



galerija

Utjecaji u gredi: max N1= 0.05 / min N1= -10.39 kN

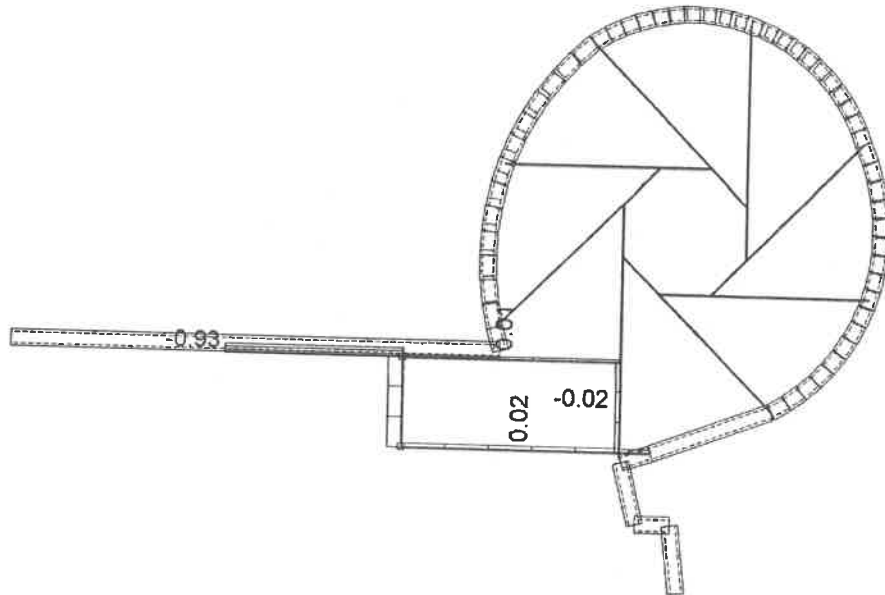
Opt. 4: 1.35xI+1.35xII+1.5xIII



galerija

Utjecaji u gredi: max T2= 12.80 / min T2= -14.04 kN

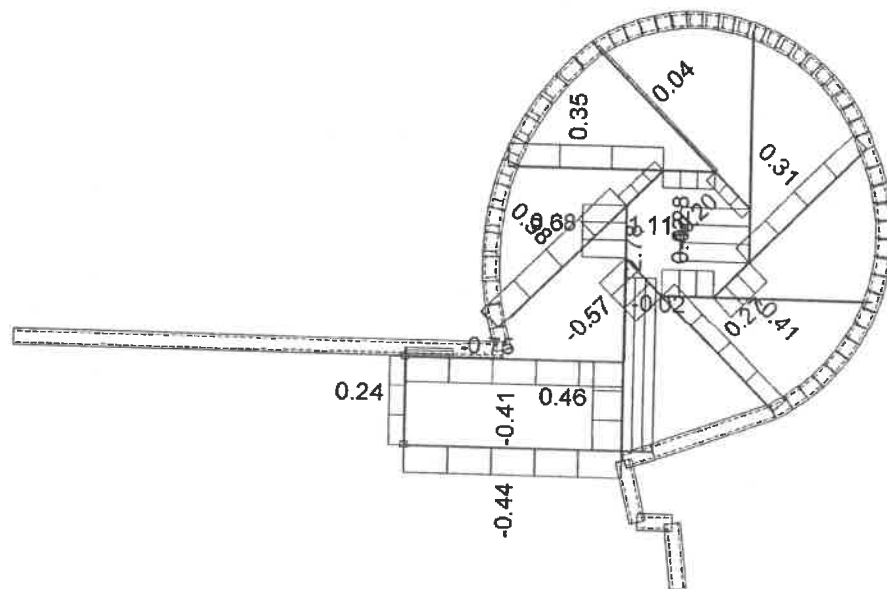
Opt. 4: 1.35xI+1.35xII+1.5xIII



galerija

Utjecaji u gredi: max T3= 0.02 / min T3= -0.93 kN

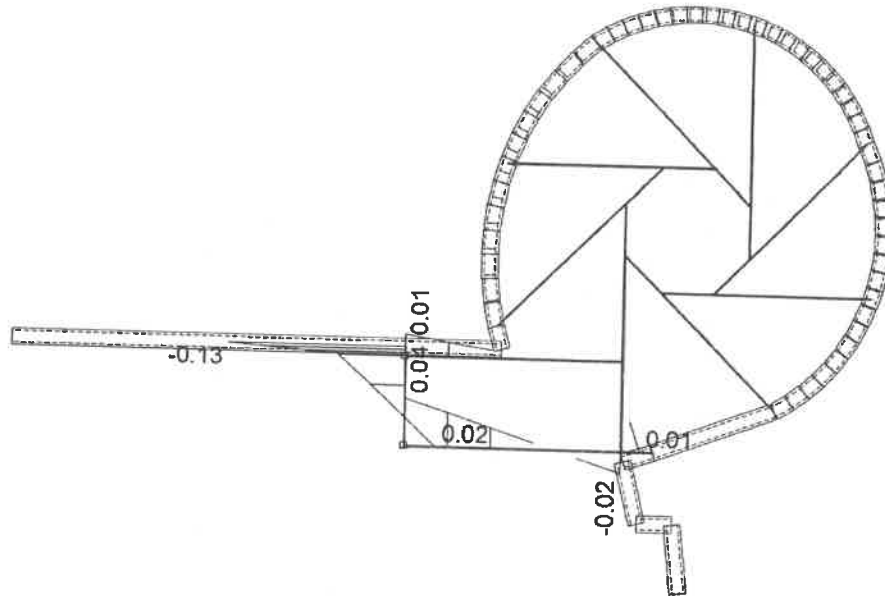
Opt. 4: 1.35xI+1.35xII+1.5xIII



galerija

Utjecaji u gredi: max M1= 2.78 / min M1= -0.75 kNm

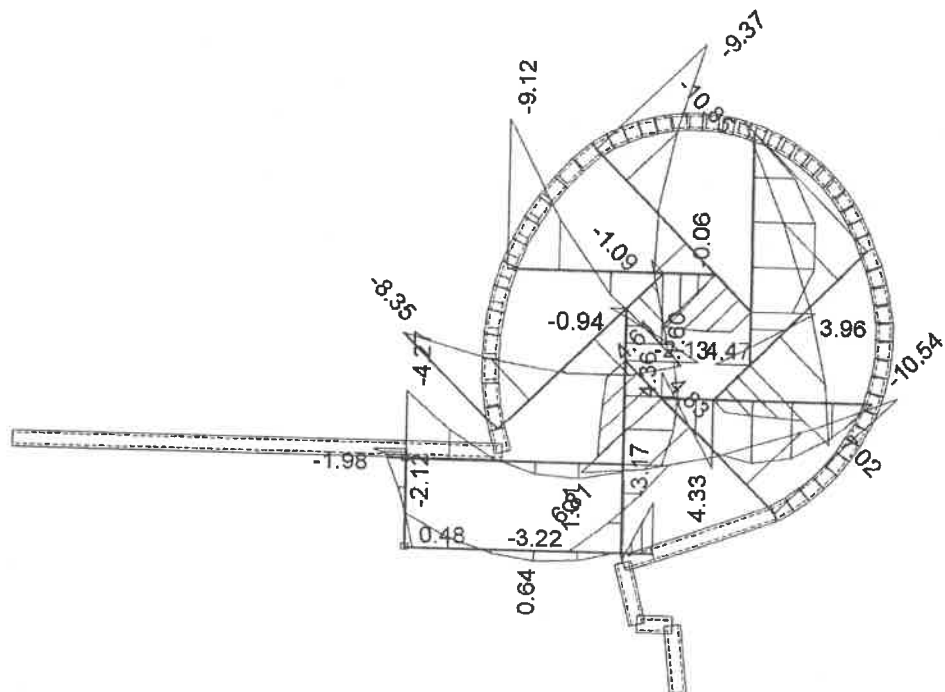
Opt. 4: $1.35x_I + 1.35x_{II} + 1.5x_{III}$



galerija

Utjecaji u gredi: max $M_2 = 0.04$ / min $M_2 = -0.13$ kNm

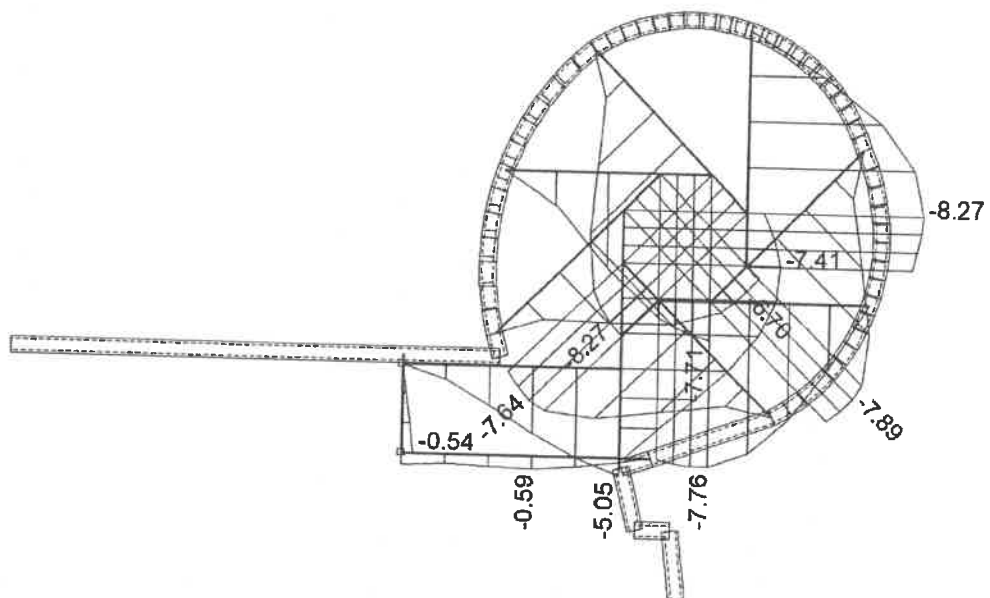
Opt. 4: $1.35x_I + 1.35x_{II} + 1.5x_{III}$



galerija

Utjecaji u gredi: max $M_3 = 7.02$ / min $M_3 = -10.85$ kNm

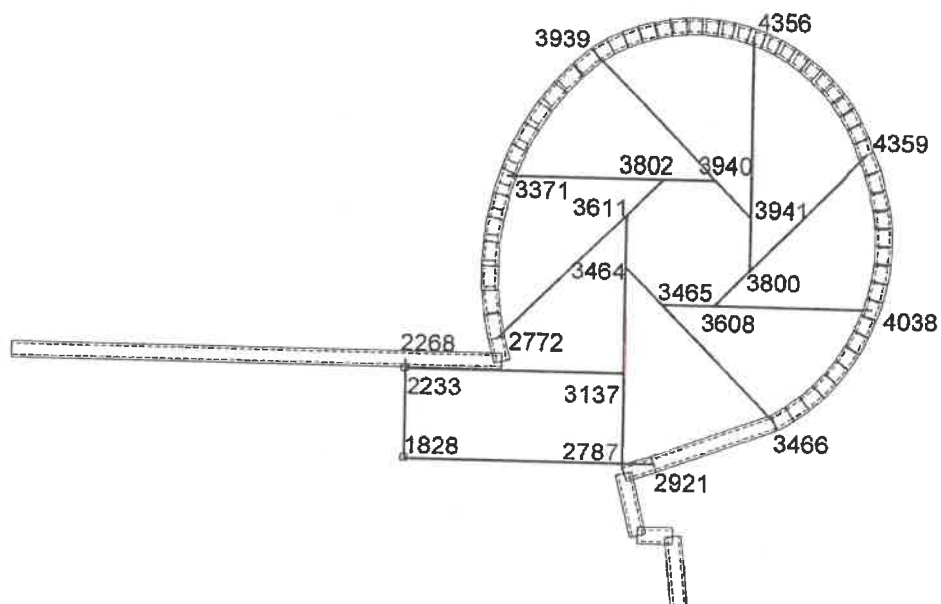
Opt. 4: 1.35xI+1.35xII+1.5xIII



galerija

Utjecaji u gredi: max $Z_p = -0.00$ / min $Z_p = -8.27$ m / 1000

Dimenzioniranje (drvo)



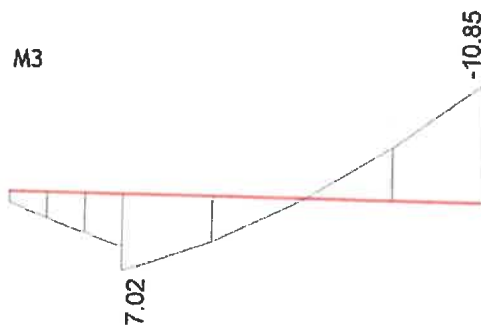
Nivo: galerija [2.48 m]
Dispozicija greda

Opt. 4: 1.35xI+1.35xII+1.5xIII

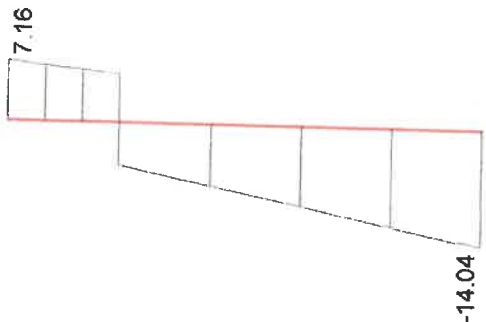
N1



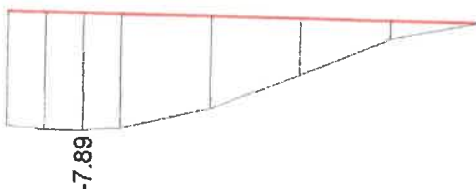
M3



T2



u2



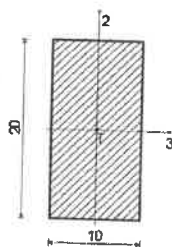
Utjecaji u gredi: (3608-4359)
N1 [kN], T2 [kN], M3 [kNm], u2 [m/1000]

Mjerodavno opterećenje - EUROCODE

No	Slučajevi opterećenja	Tip	Trajanje
1	vlastita težina (g)	st.	stalno
2	stalno opterećenje	st.	stalno
3	uporabno opterećenje	prom.	kratkotrajno

No	Kombinacije opterećenja	Tip	Trajanje
4	1.35xI+1.35xII+1.5xIII	prom.	kratkotrajno

ŠTAP 4359-3608
Puno drvo - tvrdo drvo - D50
Klasa uporabljivosti 1
EUROCODE



[cm]

FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
4. $\gamma=0.36$

KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 4, početak štapa)

Moment savijanja oko osi 3

$M_3 = 10.846 \text{ kNm}$

KONTROLA NAPONA - SAVIJANJE
Vrsta opterećenja: izvanredno - kratkotrajno
Korekcijski koeficijent
Parcijalni koef. za svojstva gradiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2

$K_{mod} = 0.900$

$\gamma_m = 1.000$

$K_{h,2} = 1.084$

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

Faktor oblika (za pravokutni presjek)

$K_{h,3} = 1.000$
 $k_m = 0.700$

Karakteristična čvrstoća na savijanje

$f_{m,k} = 50.000 \text{ MPa}$

Računska čvrstoća na savijanje - os 2

$f_{m,2,d} = 48.801 \text{ MPa}$

Računska čvrstoća na savijanje - os 3

$f_{m,3,d} = 45.000 \text{ MPa}$

Moment otpora

$W_3 = 666.67 \text{ cm}^3$

Normalni napon savijanja oko osi 3

$\sigma_{m,3,d} = 18.269 \text{ MPa}$

$\sigma_{m,3,d} \leq f_{m,3,d} \text{ (16.269} \leq 45.000 \text{)}$

Iskorištenje presjeka je 36.2%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta opterećenja: izvanredno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

$K_{mod} = 0.900$
 $\gamma_m = 1.000$

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Razmak pridržajnih točaka okomitih na pravac osi 2

$l_{ef} = 243.83 \text{ cm}$
 $E_{0.05} = 11800 \text{ MPa}$

5% fraktil modula E paralelno vlaknima

5% fraktil modula posmička G

$G_{0.05} = 590.00 \text{ MPa}$

Torzijski moment inercije

$I_{tor} = 4545.5 \text{ cm}^4$

Moment inercije

$I_2 = 1666.7 \text{ cm}^4$

Moment otpora

$W_3 = 666.67 \text{ cm}^3$

Kritični napon izvijanja

$\sigma_{m,crit} = 140.36 \text{ MPa}$

Relativna vitkost za izvijanje

$\lambda_{rel} = 0.597$

Koeficijent

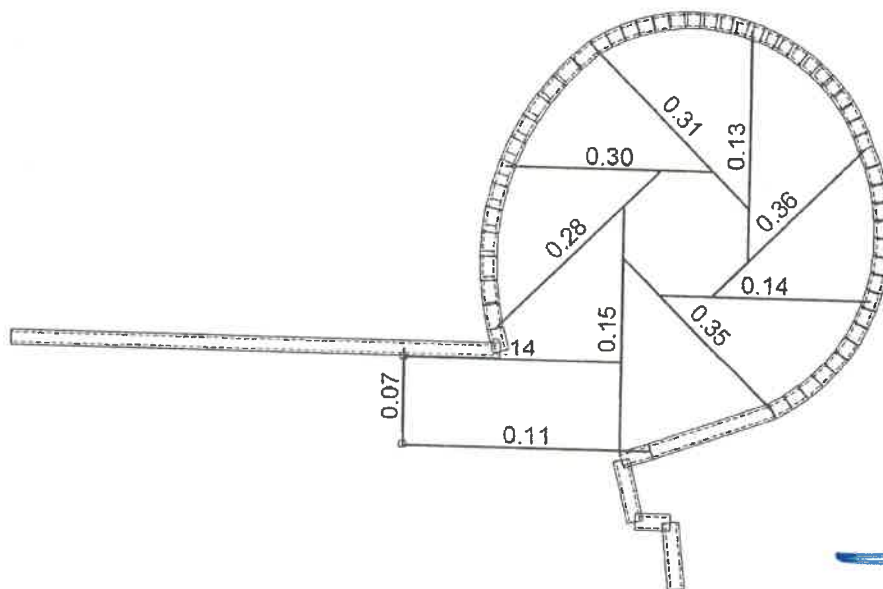
$k_{krit} = 1.000$

Normalni napon savijanja oko osi 3

$\sigma_{m,3,d} = 16.269 \text{ MPa}$

$\sigma_{m,3,d} \leq k_{krit} \times f_{m,3,d} \text{ (16.269} \leq 45.000 \text{)}$

Iskorištenje presjeka je 36.2%



galerija
Kontrola stabilnosti

HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

Darko Štefan

dipl. ing. građ.

Ovlašteni inženjer građevinarstva

G 1725