



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Marko Davidović, student Građevinskog fakulteta
Igor Buhin, student Građevinskog fakulteta

NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA

U Zagrebu, 05. svibnja 2006.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mentori:

Dr. sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat.

Dr. sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.

Lektor:

prof. Ljiljana Behaim

Izrada statičkog proračuna:

Mr. sc. Igor Gukov, dipl. ing. građ.

Autori: Igor Buhin

Marko Davidović

ARHITEKTONSKI PROJEKT

Glavni projektant: Marko Davidović

Projektant: Igor Buhin

GRAĐEVINSKI PROJEKT – PROJEKT NOSIVE KONSTRUKCIJE

Glavni projektant: Marko Davidović

DIZAJN KROVNE PLOHE

Glavni projektant: Igor Buhin

Projektant: Marko Davidović

DIZAJN OBLOGE PROČELJA I KROVNE PLOHE

Glavni projektant: Igor Buhin



PREDGOVOR

Ideja za ovaj rad nastala je kao dokaz velikog zanimanja za pravokaste plohe, njihovu geometrijsku konstrukciju i njihovu primjenu u graditeljstvu. Naime, novi bolonjski način studiranja uveo je neke promjene u sam studij tako da smo zaključili za veći udio proučavanja i učenja primijenjene geometrije. Hiperbolički paraboloid, kao jedan od predstavnika pravokastih ploha 2.stupnja idealan je za daljnju studioznu razradu.

Tema ovog rada je ***“Natkriivanje građevina hiperboličkim paraboloidima”***.

Prikazani su načini njegovog postavljanja u prostoru, međusobne kombinacije dvaju ili više jednakih ili različitih hiperboličkih paraboloida po dimenzijama te i njihova primjena u graditeljstvu. Razlog je prilično jednostavan. Hiperbolički paraboloid može se primijeniti na puno načina. Konstrukcija ovakve plohe je jednostavna, a estetska vrijednost iznimno velika. U ovom radu hiperbolički paraboloid smo prikazali u jednom novom obliku, obliku koji nosi novo doba graditeljstva i nadamo se da će se čitateljima svidjeti.

Da bismo u tome uspjeli, imali smo na raspolaganju pomoć osoba kojima se zahvaljujemo na strpljenju i velikom razumijevanju.

Zahvaljujemo se našem mentoru Dr.sc. Goranu Poljanecu, dipl.ing.arh. na pomoći oko realizacije arhitektonskog dijela projekta te na vrlo korisnim primjedbama i sugestijama kod dizajna eksterijera našeg objekta; našoj mentorici Dr.sc. Sonji Gorjanc, dipl.prof.mat. na pomoći oko postavljanja, vizualizacije i same geometrijske konstrukcije hiperboličkog paraboloida jer bez njene pomoći, lijepih sugestija i pored svega velike podrške ovaj rad ne bi bio završen; Mr.sc. Igoru Gukovu, dipl.ing.građ. na pomoći oko izrade same konstrukcije krovne plohe; profesoru srednje Graditeljske tehničke škole Borisu Behaimu, dipl.ing.građ. na pomoći oko postavljanja nosive konstrukcije i lekture grafičkih i tekstualnih priloga; djelatniku IGH Zvonku Vargi, ing.građ. na korisnim sugestijama i primjedbama na području estetske vrijednosti samog objekta; prof. Tomislavu Petrinjaku, dipl.ing.arh. na pomoći oko prikazivanja malih, ali za nas velikih detalja; Ljiljani Behaim, prof.hrvatskog jezika na lekturi tekstualnih priloga; Institutu građevinarstva Hrvatske i našem fakultetu na pomoći kod tiskanja studentskog rada; kolegi Antonu Ecimoviću, studentu prve godine GF-a na pomoći oko obrade teksta. Hvala svim našim kolegama, studentima prve godine preddiplomskog studija građevinarstva na pružanoj podršci i pomoći za vrijeme izrade ovoga studentskog rada.

U Zagrebu, 05.svibnja 2006.

Autori

PREDGOVOR WEB – IZDANJU

Ovo web - izdanje objavljeno je kako bi studentski rad bio dostupan svim studentima. Studentski rad je na Građevinskom fakultetu osvojio 1. mjesto, te je tako prošao u uži izbor za nagradu Rektora, Sveučilišta u Zagrebu, te je istom nagradom i nagrađen. U ovom tekstu htio bih navesti situacije koje su se događale tokom izrade samog rada i koje su svakodnevica svakog građevinaru, a to su ideja, njena prezentacija, pristup projektiranju i razradi same ideje.

Glavni uvjet koji nam je bio zadan za izradu ovog rada bio je *„unikatnost“*. Objekt na koji je postavljen hiperbolički paraboloid nije smio biti precrtan, i morao je zadovoljiti arhitektonske i građevinske uvjete u pogledu statike konstrukcije, te dizajn eksterijera. Kolega Igor Buhin preuzeo je ulogu glavnog projektanta dizajna krovne plohe, obloge pročelja i krovne plohe, dok sam ja osmislio i projektirao objekt vezano na arhitekturu i nosivu konstrukciju. Napravljen je i hidraulički proračun odvodnje oborinskih voda i prikaz kišnih vertikala, ali zbog samog obima projekta odlučili smo ne staviti taj podatak u tekstualne priloge, već je samo prikazan položaj kišnih vertikala i smjer evakuacije oborinskih voda.

Kao krovnu plohu izabrali smo hiperbolički paraboloid zbog njegove ljepote i specifičnosti. Jedna od specifičnosti je to da su kod plitkih hiperboličkih paraboloida membranska naprezanja vlaka i tlaka identična kao i posmik kojeg oni izazivaju. Ta tri membranska naprezanja po cijeloj ljusci imaju istu vrijednost. Kako su ona i jednoliko raspodijeljena po njenoj debljini, može se reći da je ušinkovitost hiperboličkog paraboloida stopostotna, a to znači da je materijal ljuske jednako napregnut u svakoj točki poprečnog presjeka. Zbog toga je i naš hiperbolički paraboloid plitak jer mu je udaljenost između točke sedla i točke vrha samo 2,5 metra, i ploha je projektirana kako bi zadovoljila tu specifičnost.

Kada je cijeli objekt projektiran i svi tekstualni prilozi napisani, projekt je bio predan na recenziju koja je pokazala da je objekt zadovoljio arhitektonske i građevinske uvjete, a krovna ploha geometrijske i matematičke parametre zadavanja u ravnini i prostoru koji su nam bili zadani na samom početku izrade studentskog rada.

Vazno je naglasiti da je ideja za studentski rad nastala krajem prosinca 2005. godine, njena realizacija započeta je već sredinom siječnja 2006. godine, prvi prototipovi

objekta napravljeni su sredinom veljače, a objekt je u potpunosti realiziran početkom svibnja. Htio bih se još jednom zahvaliti našim mentorima Dr.sc. Goranu Poljanecu, dipl.ing.arh i Dr.sc. Sonji Gorjanc, dipl.prof.mat.; recezentima Zvonku Vargi, ing. građ. djelatniku IGH – a i Borisu Behaimu, dipl. ing. građ. profesoru srednje Graditeljske tehničke škole u Zagrebu; lektorima Ljiljani i Borisu Behaimu; Mr.sc. Igoru Gukovu, dipl.ing.građ; prof. Tomislavu Petrinjaku,dipl.ing.arh.; kolegi Antonu Ecimoviću, studentu tada prve godine GF-a; Institutu građevinarstva Hrvatske i našem fakultetu na pomoći oko tiskanja i izrade ovog web – izdanja.

Na kraju bih htio spomenuti osobe koje su uvelike zaslužne za stvaranje same ideje te razvijanje načina zamišljanja i predložavanja. To su Boris Behaim, te djelatnici IGH – a, Stjepan Kordek i Zvonko Varga.

U Zagrebu, 11. listopada 2006.

Marko Davidović
redovni student 2 godine
preddiplomskog studija građevinarstva



SADRŽAJ

1. UVOD
2. KONSTRUKCIJSKI RAZVOJ I PRIMJENA HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA
 - 2.1. KONSTRUKCIJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA
 - 2.2. PRIMJENA HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA
 - 2.3. GEOMETRIJSKE PREDNOSTI
 - 2.4. NAČELA PRORAČUNAVANJA I DIMENZIONIRANJA
3. GRAFIČKI PRILOZI
 - 3.1. OPISI GRAFIČKIH PRILOGA
 - 3.1.1. OPIS KONSTRUKCIJE
 - 3.1.2. OPIS OBLOGE PROČELJA I KROVNE PLOHE
 - 3.2. PROSTORNI PRIKAZ – KOSA AKSONOMETRIJA, POGLED ODOZGO
⇒ MJ. 1:100
 - 3.2.1. POGLED SJEVER – ISTOK
 - 3.3. PROČELJA ⇒ MJ. 1:100
 - 3.3.1. SJEVERNO PROČELJE
 - 3.3.2. JUŽNO PROČELJE
 - 3.3.3. ZAPADNO PROČELJE
 - 3.3.4. ISTOČNO PROČELJE
 - 3.4. TLOCRTI ⇒ MJ. 1:100
 - 3.4.1. TLOCRT PRIZEMLJA – VISINSKA KOTA ETAŽE ±0,00 m I –0,20 m
 - 3.4.2. TLOCRT KATA – VISINSKA KOTA ETAŽE +2,89 m
 - 3.4.3. TLOCRT KROVNE PLOHE I PRIKAZ SLJEVANJA OBORINSKIH VODA
 - 3.5. PRESJECI ⇒ MJ. 1:100
 - 3.5.1. PRESJEK A-A – UZDUŽNI PRESJEK, PRESJEK KROZ OS HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA
 - 3.5.2. PRESJEK B-B – POPREČNI PRESJEK KROZ DRUGI KRAK STEPENICA
 - 3.5.3. PRESJEK C-C – POPREČNI PRESJEK KROZ VJETROBRAN, GOSTINJSKU SOBU I GARAŽU
 - 3.5.4. PRESJEK D-D – POPREČNI PRESJEK KROZ KOTLOVNICU, DNEVNI BORAVAK I VANJSKU TERASU
 - 3.6. GEOMETRIJSKE KONSTRUKCIJE PRESJEČNIH KRIVULJA HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PROČELJA I PRESJEKE
⇒ MJ. 1:200
 - 3.6.1. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA
 - 3.6.2. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA SJEVERNO PROČELJE
 - 3.6.3. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA JUŽNO PROČELJE
 - 3.6.4. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA ZAPADNO PROČELJE
 - 3.6.5. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA ISTOČNO PROČELJE
 - 3.6.6. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK A – A



- 3.6.7. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK B – B
- 3.6.8. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK C – C
- 3.6.9. GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK D – D

4. STATIČKI PRORAČUN KROVNE PLOHE

5. LITERATURA

- 5.1. Branko Kušinić i suradnici: Oble forme u graditeljstvu, Građevinar, časopis Saveza građevinskih inženjera i tehničara Hrvatske, Zagreb 1992.;
- 5.2. H. Rile: Prostorne krovne konstrukcije, Građevinska knjiga, Beograd 1977.;
- 5.3. Mario Salvadori: Nosive konstrukcije u arhitekturi, Spiridion Brusina, Zagreb 1995.

- 1. Grafički prilozi izrađeni su u AutoDesk programskom paketu AutoCad 2004
- 2. Tekstualni prilozi izrađeni su u programskom paketu Microsoft office XP
- 3. Statički proračun i dimenzioniranje krovne plohe izrađen je u programskom paketu Sofistic
- 4. Vizualizacija hiperboličkog paraboloida izrađena je u programskom paketu Wolfram Resaerch Mathematica 5.2

Studentski rad tiskan je uz pomoć:

- Instituta građevinarstva Hrvatske d.d. Janka Rakuše 1
- Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, fra Andrije Kačića Miošića 26

1. UVOD

U modernom svijetu nemoguće nam je zamisliti okolinu bez betona, visokih zgrada, asfaltnih kolnika..... Naša se okolina kroz povijest mijenjala, počelo je kao špilja, mračna i uska, zatim zemunice, sojenice i slične nastambe nastale uz rijeke. Razvijala se kao i ljudska želja za napretkom, kako intelektualnim tako i materijalnim. Antički su Grci veliku pažnju posvetili matematici, astrologiji i filozofiji, ostvarivši velika dostignuća na tim područjima. Naročito je razvijana geometrija, to je prva aksiomatski zasnovana znanost.

Spoznaje o ploham, od ravnine pa sve do minimalnih ploha, usko su povezivane s graditeljstvom. U vrijeme gotike masonskom gradnjom nastale su neke od najveličanstvenijih građevina svjetske povijesti. Renesansom je započeo novi korak u uporabi ploha u graditeljstvu. Graditelji, ujedno i projektanti, upotrijebili su nove oblike u izgradnji. Kao osnova upotrebljena je kugla. Kupole, koje su obilježje renesansne arhitekture, njezini su dijelovi.

Kako su razvijani oblici tako su razvijani i novi materijali. Kamen se kao osnovni materijal zadržao u uporabi tisućama godina. U Babilonu je razvijena opeka, tj. glina koja se pekla da bi bila čvršća i trajnija. No, da bi takve građevine bile i visoke, zidovi su morali biti ekstremno debeli. U nekim su slučajevima zauzimali i do 70 posto ukupnog tlocrta. Tek početkom 20. stoljeća u uporabu ulazi beton, a potom, kako bi nosivi dijelovi građevina imali što veću nosivost, betonu se dodaju čelične šipke tj. tako nastaje armirani beton.

Neki novi materijali razvijani su u različite svrhe, ali su primjenu našli i u graditeljstvu. Plastika je, primjerice, nastala kao zamjenski materijal za biljarske kugle, a danas je to gotovo svaka površina koju dotaknemo.

Nastanak novih materijala često je u spoju s nastankom novih oblika. Uz dotad uobičajene ravnine, kugle, stošce i valjke, dvadeseto stoljeće karakterizira kako teorijsko proučavanje tako i upotreba pravokutnih ploha u graditeljstvu.

Posebnost tih ploha je ta da one same sebe nose (to nije značenje tog pojma bit će objašnjeno u jednom od narednih poglavlja). Jedna takva ploha - hiperbolički paraboloid - tema je ovoga rada. Razlog je jednostavan: *hiperbolički je paraboloid ploha velike primjene, velikih mogućnosti i zavidne estetske vrijednosti*. Njegova je primjena široka, no većinom je upotrebljavan kao krovna

ploha. Tako je korišten i u ovom radu. Nadamo se da je prezentiran u novom svjetlu, te da daje sliku onoga što nosi novo doba u graditeljstvu.

2. KONSTRUKCIJSKI RAZVOJ I PRIMJENA HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA

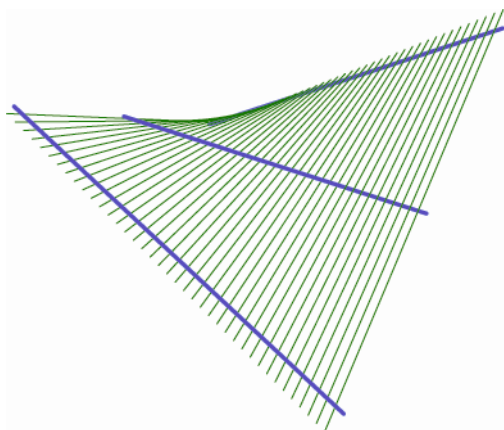
2.1. KONSTRUKCIJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA

Velik je broj konstruktivnih načina nastajanja ploha, ovdje spominjemo neke od njih: rotacijom krivulje oko zadane osi nastaju *rotacijske plohe*; klizanjem jedne krivulje po drugoj nastaju *klizne plohe*; zajedničke tranverzale triju prostornih krivulja čine *pravčastu plohu*.

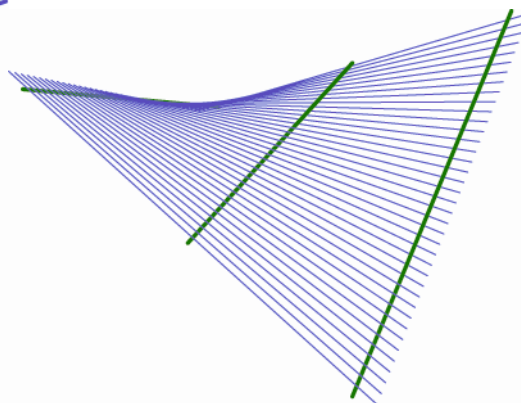
Tri krivulje koje određuju pravčastu plohu nazivamo *ravnalicama*, a njihove zajedničke transverzale *izvodnicama* plohe. Algebarske pravčaste plohe razvrstavaju se prema stupnju, koji ovisi o redu njihovih ravnalica.

Hiperbolički paraboloid, ili kraće *hipar*, je vitopera (ne može se razviti u ravninu) pravčasta ploha drugog stupnja. Ima dva sistema izvodnica, drugim riječima, svakom točkom ove plohe prolaze dvije izvodnice, po jedna iz svakog sistema. Sve izvodnice jednog sistema međusobno su mimosmjerne, a svaka izvodnica siječe sve izvodnice drugog sistema. Konstrukciju ove plohe možemo promatrati na sljedeće načine:

1. Tri mimosmjerna pravca u konačnosti, paralelna sa istom ravninom, odaberemo za ravnalice plohe. Izvodnice jednog sistema su pravci koji sijeku sve tri prvobitno zadane ravnalice (Slika 1a). Nastajanje izvodnica drugog sistema je ponavljanje istog postupka, no kao ravnalice izaberemo bilo koje tri izvodnice prvog sistema (Slika 1b).

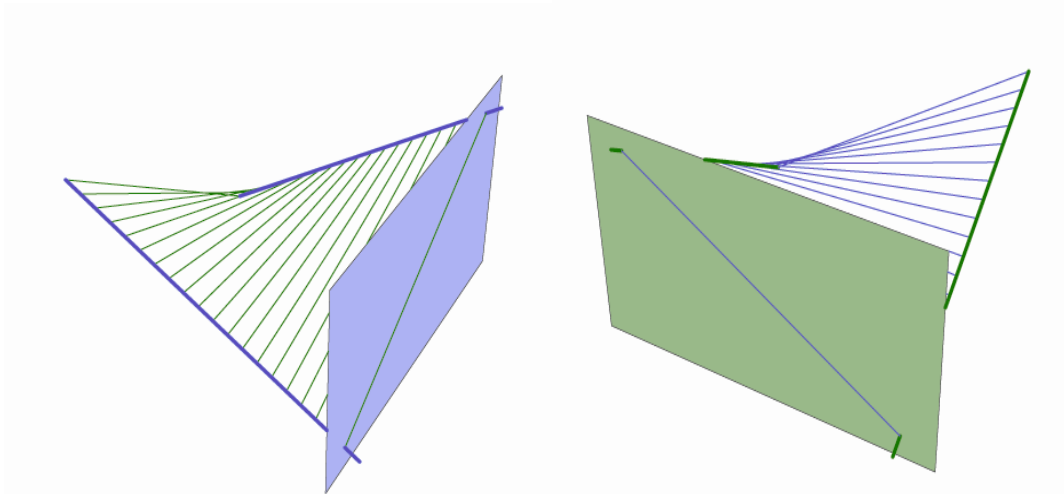


Slika 1a



Slika 1b

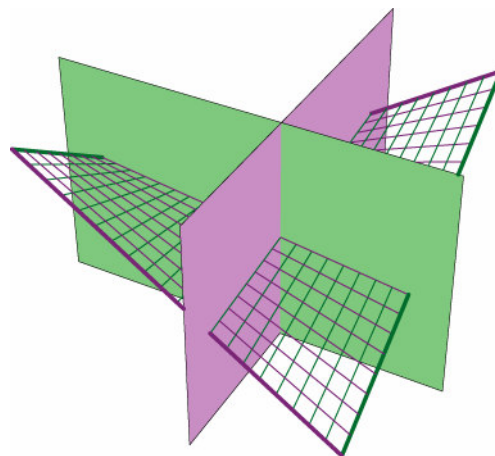
2. Zadamo li kao ravnalice tri mimosmjerna pravca, dva u konačnosti i jedan u beskonačnosti (pravac u beskonačnosti zadajemo direkcijskom ravninom), tada svi pravci paralelni s direkcijskom ravninom, a koji sijeku ravnalice u konačnosti čine jedan sistem izvodnica hipara (Slika 2a). Izvodnice drugog sistema te plohe konstruiraju se na isti način. Druga direkcijska ravnina paralelna je s prve dvije ravnalice u konačnosti (Slika 2b).



Slika 2a

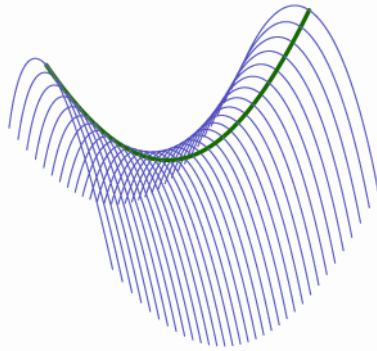
Slika 2b

3. Hipar možemo zadati i vitoperim četverovrhom. Stranice četverovrha dva su para izvodnica, po jedan iz svakog sistema. Direkcijske ravnine paralelne su sa izvodnicama jednog sistema. Konstruiranje ostalih izvodnica isto je kao i u prethodnom načinu (Slika 3).

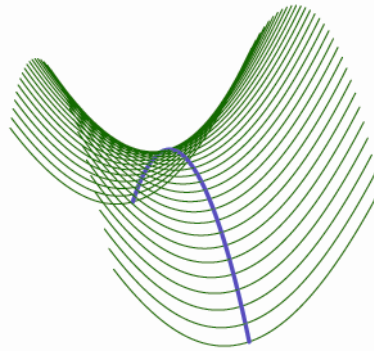


Slika 3

4. Hipar je i klizna (ili translacijska) ploha. Zamislimo li dvije parabole u prostoru tako da je jedna konkavna, a druga konveksna i da tjeme jedne leži na onoj drugoj, klizanjem jedne parabole po drugoj nastaju dva sistema parametarskih parabola na hiparu (Slika 4a i Slika 4b).



Slika 4a



Slika 4b

Vizualizacije hipara u programu Mathematica

U analitičkoj geometriji hipar najjednostavnije možemo zadati sljedećim eksplicitnim formulama:

$$z=x*y \quad (1)$$

ili

$$z=x^2+y^2. \quad (2)$$

Odgovarajuće parametarske jednačbe su:

$$x(u,v)=u$$

$$y(u,v)=v$$

$$z(u,v)=u*v, \quad (u,v) \in \mathbb{R}^2 \quad (1a)$$

ili

$$x(u,v)=u$$

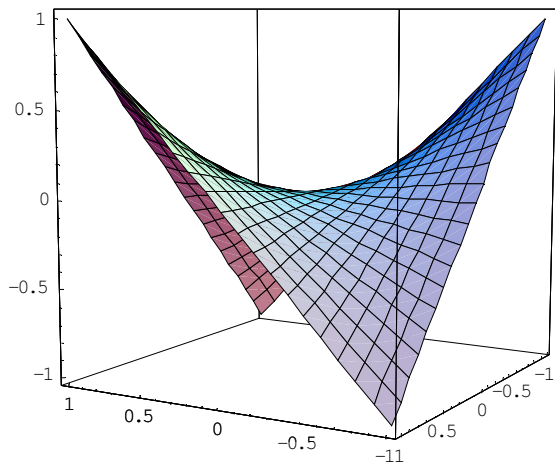
$$y(u,v)=v$$

$$z(u,v)=u^2+v^2, \quad (u,v) \in \mathbb{R}^2. \quad (2a)$$

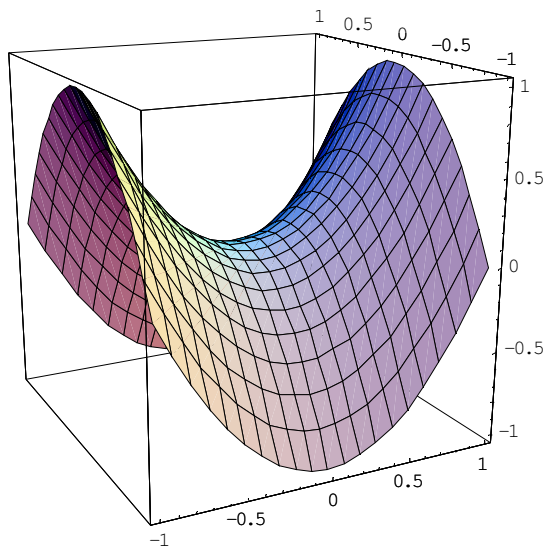
Za plohu danu jednačbom (1a) parametarske krivulje su pravci, a za onu danu jednačbom (2a) parametarske krivulje su parabole.

Na temelju tih jednadžbi, u programskom paketu *Mathematica*, možemo dobiti sljedeće prikaze hipara.

```
ParametricPlot3D[{x, y, x*y}, {x, -1, 1, 0.1}, {y, -1, 1, 0.1}, ViewPoint -> {-2, 3.5, 0.5}]
```



```
ParametricPlot3D[{x, y, x^2-y^2}, {x, -1, 1, 0.1}, {y, -1, 1, 0.1}, ViewPoint -> {-1.5, -3, 1}]
```



2.2. PRIMJENA HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA

Za izvođenje i betoniranje neke geometrijske plohe najpovoljniji su oblici dobiveni kretanjem izvodnica po ravnalicama.

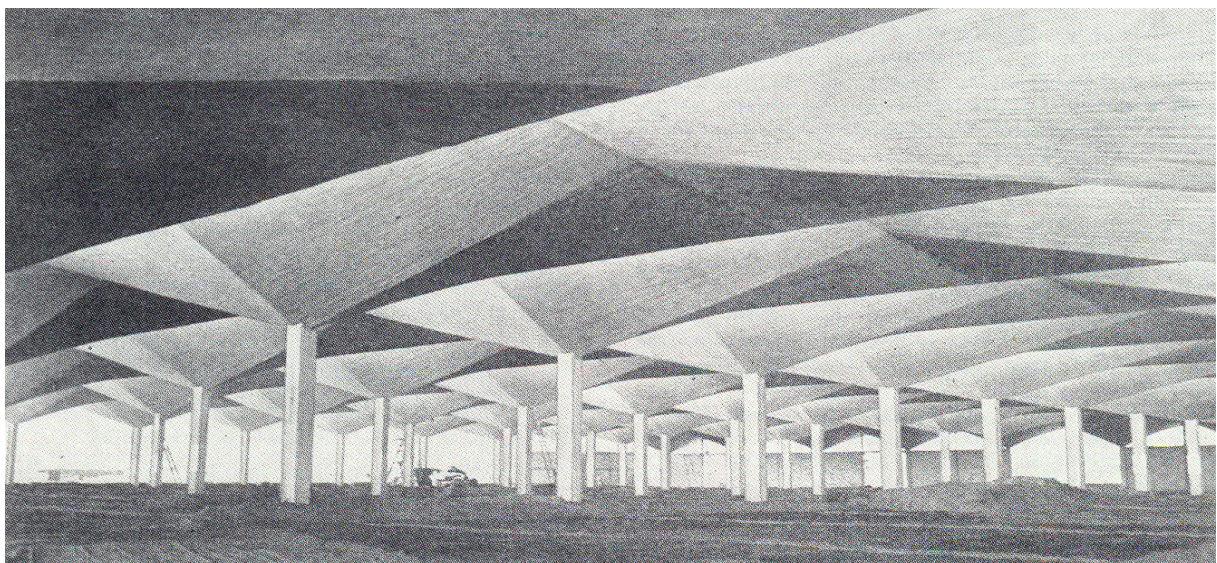
Postoje samo dvije plohe kod kojih se u svakoj njihovoj točki mogu konstruirati dvije izvodnice. To su: **parabolički i jednodijelni hiperboloid**.

Pošto im tangencijalne, odnosno dirne ravnine nisu iste po cijeloj dužini njihovih izvodnica, zovu se nerazvojnim ili vitopernim plohamama.

U praksi hiperbolički paraboloid poprima naziv **sedlasta ploha** ili jednom riječju **hipar**.

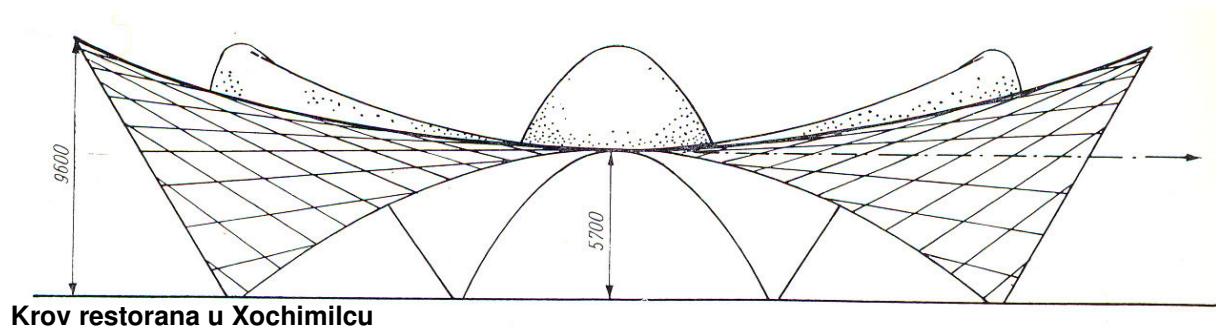
Kod svake sedlaste ljuske preporučljivo je da su joj visine određene odnosom $h_1 : h_2$. Na taj način rubni dijelovi ljuske nisu opterećeni bočnim silama. U samoj ljusci javljaju se, kao i u ljuskastom luku, samo uzdužne sile konstantne po dužini.

Prvi ovakvi krovovi građeni su 1932. godine. Bili su izvanredno smijeli za tadašnje stanje istraživanja na tom području i same tehnike izvođenja. Prednosti ovakvih oblika ljusaka uočene su vrlo brzo i u drugim zemljama kao što su Španjolska i bivša Čehoslovačka Republika. Naime, njihovo je izvođenje pored dvojne zakrivljenosti vrlo jednostavno jer se daske za oplatu mogu postavljati u smjeru samih izvodnica. Daljnji porast popularnosti hiperboličkih paraboloida može se tumačiti kao neposredna posljedica radova Felixa Candele u Meksiku. Hiperbolički paraboloidi primijenjeni su kao gljiva robne kuće u Meksiku, te vam za tu građevinu prilažemo i njenu sliku za vrijeme same izgradnje.



Robna kuća u Meksiku – za vrijeme izgradnje

Hiperbolički paraboloidi primijenjeni su i za krovni krov restorana u Xochimilcu, što se može vidjeti na sljedećoj slici:

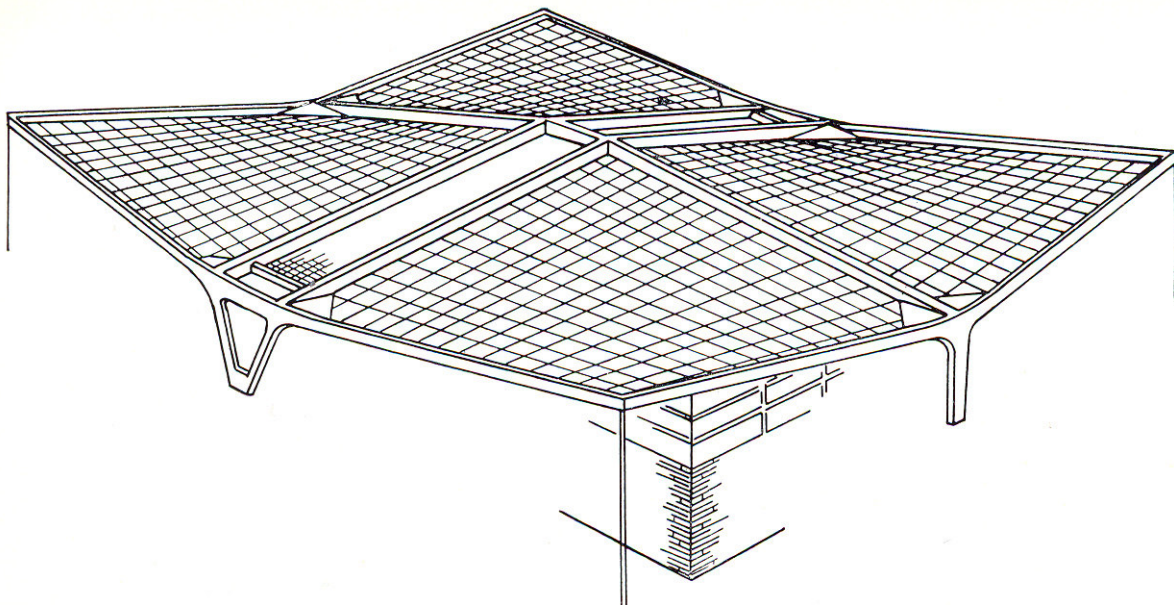


Te dvije građevine su bez sumnje presudno potakle primjenu u najrazličitijim varijacijama i načinima građenja i u drugim zemljama Amerike i Europe.

U daljnjem tekstu govorimo o javnim građevinama koje su natkrivane hiperboličkim paraboloidima, o njihovim dimenzijama, konstrukciji, i načinu izvođenja.

Prvi primjer je garaža u **Lincolnu, Velika Britanija:**

Prilažemo konstrukcijski sustav i izgled same građevine.



Krov garaže u Lincolnu, Velika Britanija – konstrukcijski sustav

Projekt su izradili arhitekti D.C. Hall, S. Scorer, R. Bright i inženjer K. Hajnal-Konyi, London

Dimenzije su 29,3 m x 32,6 m, debljina ljsuke 6,35 cm, a u području uglova 23 cm, vanjski rubni nosači 30 cm x 45 cm, unutrašnji rubni nosači 30 cm x 76 cm.

Konstrukcija krova sastavljena je od 4 jednake HP-ljsuke dimenzija 14,5 m x 14,5 m. Ljsuke su razdvojene trakom za osvjetljenje u sredini.

Ak. God. 2005./2006.

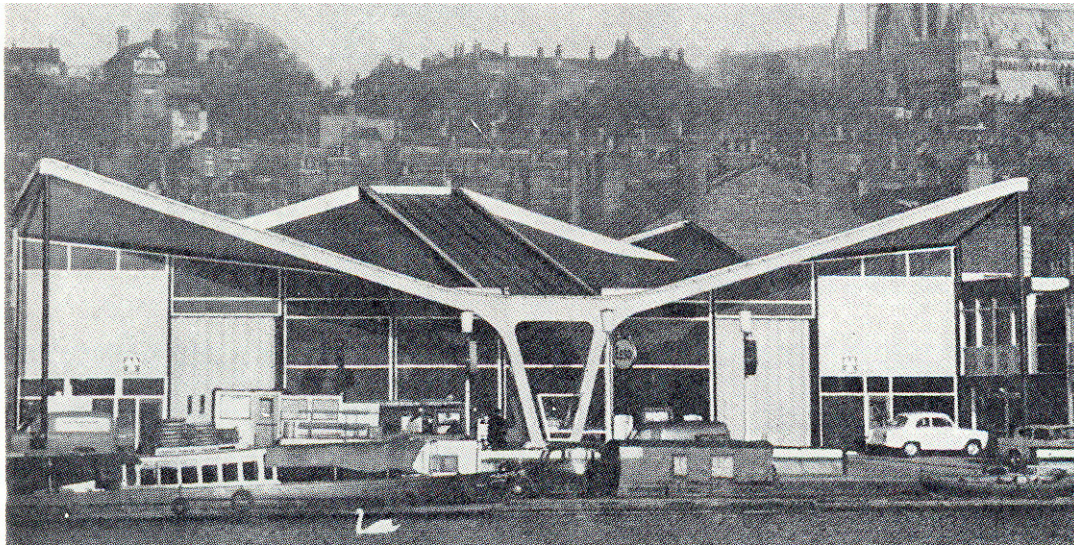
Oznaka studentskog rada: 2006 – IBMD

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Studentski rad: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA

Poduprte su stupovima oblika V i dvama uspravnima armiranobetonskim odnosno čeličnim stupovima, pri čemu ova zadnja dva služe za sprječavanje vertikalnog progiba slobodnih vrhova. Dijagonalne natege za preuzimanje horizontalnih sila na nižim ležajevima su polupredgotovljene i prednapete.

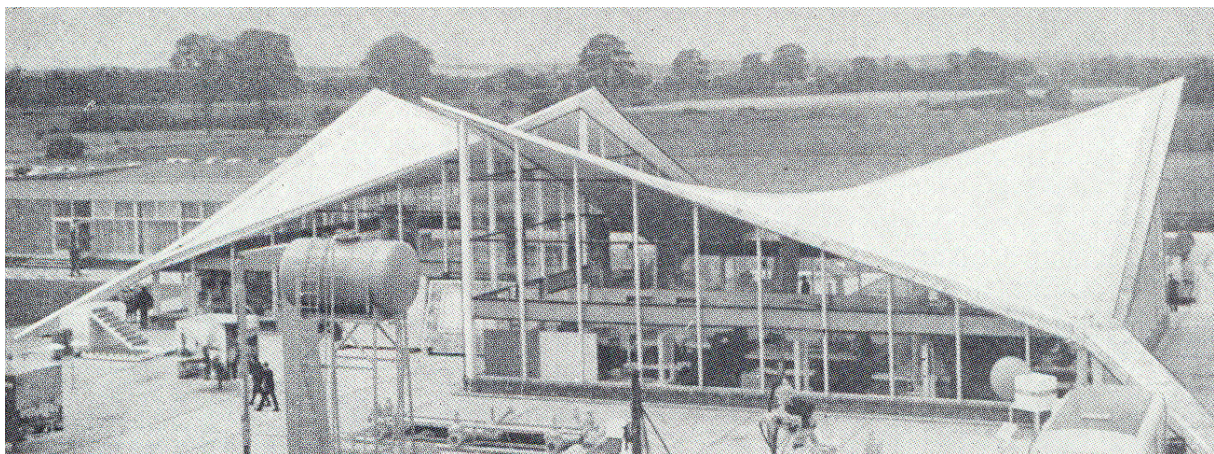
Što se tiče izvođenja, ljuske su izvedene u parovima. Drvena oplata i skela od čeličnih cijevi mogle su se uporabiti dva puta. Za osiguranje dovoljne sigurnosti od požara zaštitni sloj betona uz armaturu iznosi 3,8 cm, a za žice kojima je izvršeno prednapinjanje 8,9 cm.



Krov garaže u Lincolnu, Velika Britanija – pogled

Sajamska hala u Rostocku, Njemačka:

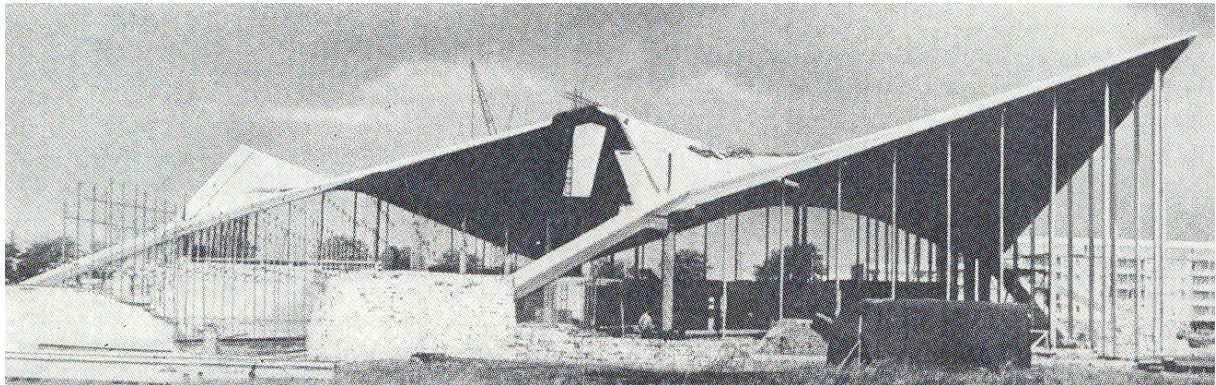
Projekt su izradili arhitekt E. Kaufmann i inženjeri U. Muther, Binz. Dimenzije su 28,0 m x 28,0 m, 800 m², debljina ljuske je 7 cm. Kod konstrukcije je posebno to što velike zakrivljenosti daju ljusci veliku krutost.



Sajamska hala u Rostocku, Njemačka

Ak. God. 2005./2006.

Oznaka studentskog rada: 2006 – IBMD



Projekt su izradili arhitekt E. Kaufmann i inženjeri U. Muther, Binz. Dimenzije su 47,0 m x 47,0 m, debljina ljuske je 7 cm. Ljuska je sastavljena od 2 HP-plohe. Pri izradi oplata ljusaka naizmjenično je korištena ista skele za jednu ljusku. Prva ljuska betonirana je s pomoću transportiranog betona, a posljednja ljuska pomoću agregata za prskani torkretirani beton. Za izradu i postavljanje oplata i skele, armiranje, betoniranje i skidanje oplata jedne ljuske bilo je potrebno 6 tjedana.

Primjer sličnog hiperboličkog paraboloida je **benzinska stanica u Marsham-Mooru, Velika Britanija**, što se može vidjeti na sljedećoj slici.



benzinska stanica u Marsham-Mooru, Velika Britanija

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Studentski rad: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA

Zatim *Trgovinski centar Malakoff, Francuska:*

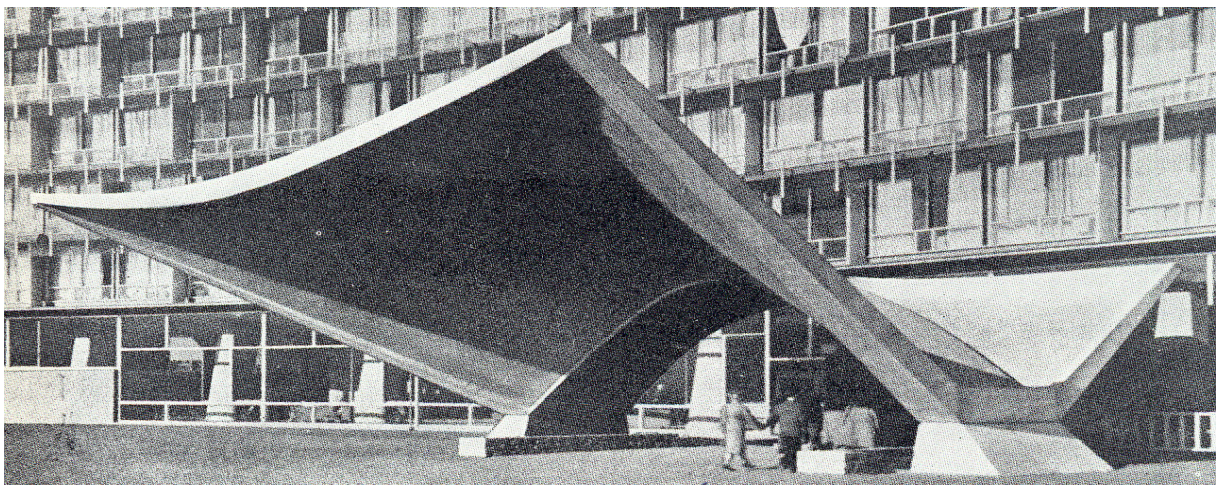
Projekt su izradili arhitekt C. Sebillotte i inženjer R. Sarger. Građevina je izrađena kao kombinacija ljuske s obješenim krovom raspona 30,0 m



Trgovinski centar Malakoff, Francuska

HP-ljuske pružaju arhitektu i inženjeru široke mogućnosti prilikom oblikovanja i konstruiranja, a to potiče na njihovo upotrebljavanje naročito kod objekata koji su isključivo reprezentativnog karaktera. Određeni su svojom namjenom i položajem u prostoru.

Pored poznatih ljusaka koje je projektirao Felix Candela ima još mnogo zapaženih objekata kod kojih harmonija same konstrukcije i njezinog jedinstvenog oblika pruža sliku upečatljive plastike. Ljepota hiperboličkih paraboloida primijenjena je kod ulaza u zgradu Unesca u Parizu, koji je poduprt paraboličkim lukom i prepušten na obje strane.



Ulaz u zgradu Unesca, Pariz

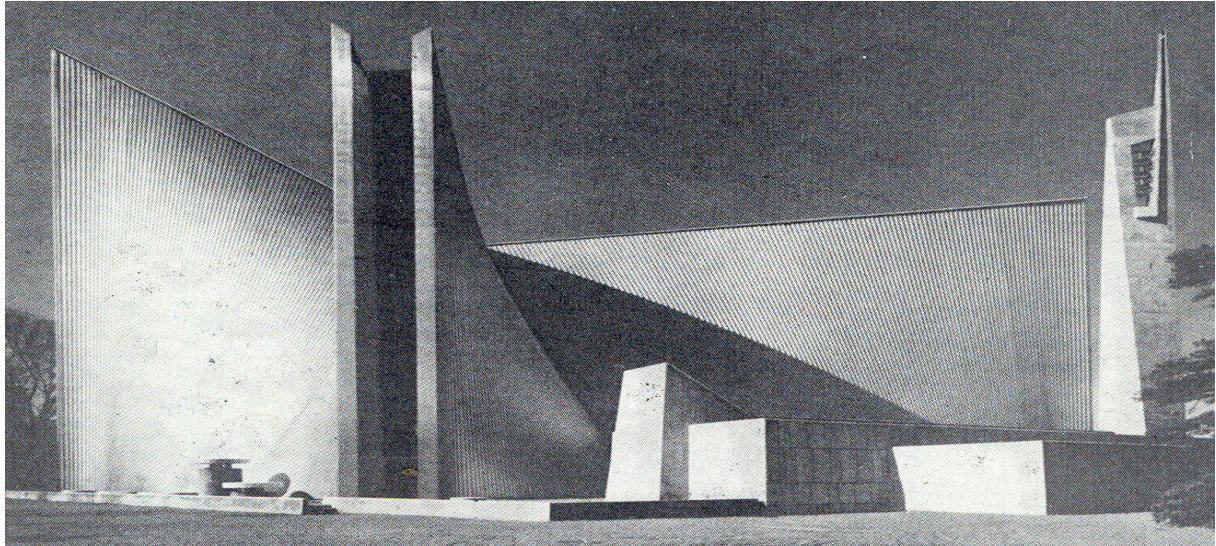
Ak. God. 2005./2006.

Oznaka studentskog rada: 2006 – IBMD

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Studentski rad: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA

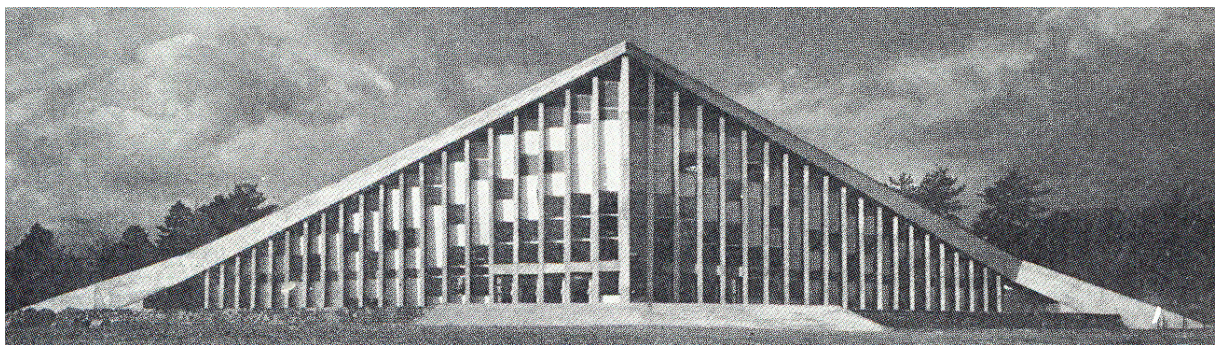
Hiperbolički paraboloid primijenjen je kod natkrivanja **crkve u Tokiu**. Projektirali su je Y. Tsuboi i L. Nasukawa. Konstrukcija je sastavljena od 8 hiperboličkih paraboloida, izvedena je u monolitnom betonu i ima oblik križa dužine 60,0 m i širine 45,0 m. Ljuske su obložene profiliranom trakom od nehrđajućeg čeličnog lima.



crkva u Tokiu

Kongresna dvorana Šizuoka, Japan:

Za oplatu od dasaka veličine 92 cm x 92 cm, koje su bile presvučene sintetičkim slojem, korištena je drvena skela skrojena u segmentima i postavljena na čeličnu skelu koja se mogla premještati. Oplata stupova bila je sastavljena od GFK elemenata ukrućenih rebrima.



Kongresna dvorana Šizuoka, Japan

Pokušalo se i u slučaju hiperboličkih paraboloida koristiti prednosti novih tehnoloških procesa ili građevinskih materijala, slično kako se to čini i kod drugih oblika ljusaka. Kod složenijih geometrijskih oblika HP-ljusaka, izrada oplata, i pored okolnosti što se

Ak. God. 2005./2006.

Oznaka studentskog rada: 2006 – IBMD

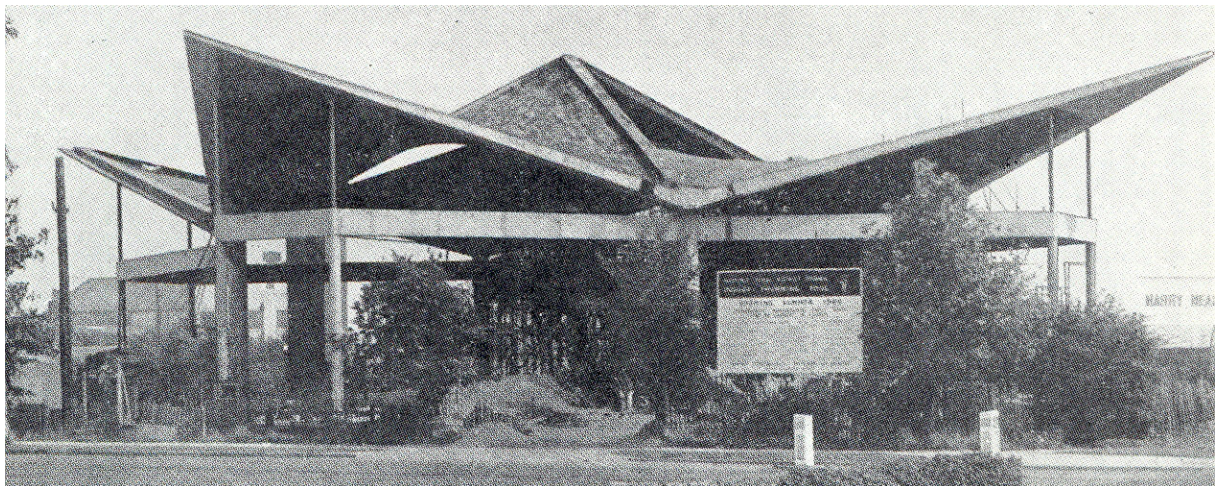
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Studentski rad: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA

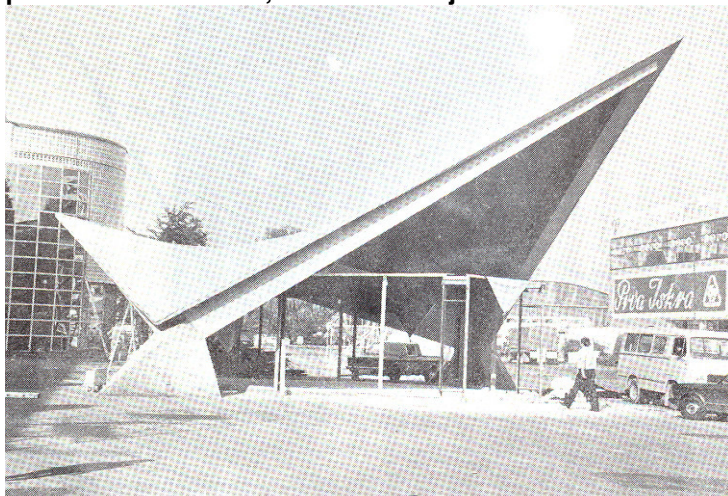
moгу koristiti pravilni nezakrivljeni elementi u oplati, iziskuje znatan utrošak rada i materijala, te to često nepovoljno djeluje na ekonomičnost izvedbe same građevine.

Prva građevina natkrivana sa HP-ljuskaма od lakog betona je **plivalište u Hatfieldu, Velika Britanija**.

Autori projekta su arhitekti Woodroffe Buchanan i Coulter. Dimenzije građevine su 43,0 m x 50,0 m. Konstrukcija je izvedena od 4 HP-ljuske koje su različite po dimenzijama i poredane su po dvije poduprte nižim krajevima na četiri stupa povezana nategama. Ispod prepuštenih krajeva ljušaka predviđena su po dva elična stupa radi sprječavanja većih progiba koji se pri primjeni lakog betona mogu očekivati. Proračun ljuški izvršen je po membranskoj teoriji. Što se tiče izvedbe, laki beton, pogodan za konstrukciju, korišten je za ljuške i rubne nosače. Razlozi su opravdani – za uštedu kod toplinske izolacije, korišten je laki beton od stopljenog pepela.



plivalište u Hatfieldu, Velika Britanija

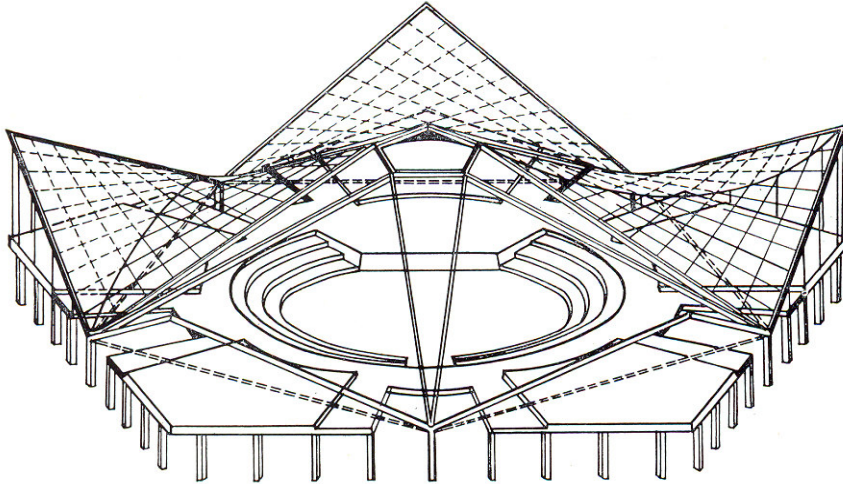


Pošta u Zagrebu, Hrvatska

Ak. God. 2005./2006.

Oznaka studentskog rada: 2006 – IBMD

***HP-ljuska od prskanog betona nanešenog na oplatu koja sama sebe nosi,
London, Velika Britanija:***



Projekt su izradili A.R. Flint, A.E. Low. Konstrukcija je izvedena sa 5 HP-ljusaka, razmak od kraja do kraja svake ljuske je 20,0 m. Što se tiče izvedbe, proizvedene su posebne armaturne mreže koje prate oblik buduće ljuske. Na armaturnu mrežu postavljene su izolacijske ploče koje su bile opterećene balastom, torkretirano je odozdo. Mreže su do ovršćenja betona ostale opterećene balastom i bile su usidrene u nosače od čeličnih profila. Nakon uklanjanja balasta, beton se u svim pravcima prednapeo sam od sebe. Prednapinjanje je još izvršeno naknadnim natezanjem određenog broja šipaka.

Sličan način građenja predstavlja postupak nazvan «Offset Wire Method» koji su uveli I. Waling, E. Ziegler, H. Kemmer, SAD. Posije montaže rubnih nosača od čeličnih profila razapinje se donja mreža sastavljena od žice za prednapinjanje. Na to se polažu styrofoam ploče, preko čega se ponovno razapinje mreža od žica za prednapinjanje. Ponovnim natezanjem ovih žica ljuska se dovodi u potpuni oblik pa se ukrućuje tankim slojem cementnog morta ugrađenim po gornjoj površini. Po postavljanju armature na ovu oplatu koja sebe nosi, može se izraditi potpuna betonska ljuska na uobičajeni način. Donja površina ljuske se premazuje.

2.3. GEOMETRIJSKE PREDNOSTI

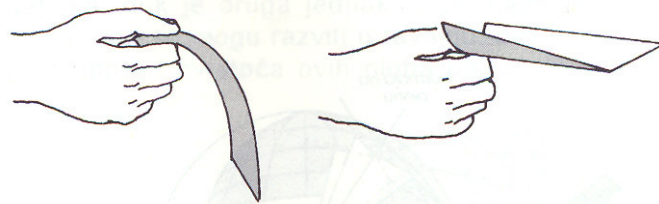
Geometrijske prednosti hiperboličkog paraboloida koriste se kad se žice za prednapinjanje postavljaju u pravcu izvodnica. Geometrija nosača od HP-ljusaka

omogućuje takav raspored žica za prednapinjanje da težište sile prednapinjanja u srednjoj plohi presjeka bude što niže, a na ležaju u području neutralne osi. Pretežno se koriste prednapeti nosači od HP-ljusaka i nosači od armiranih HP-ljusaka s rebrom.

2.4. NAČELA PRORAČUNAVANJA I DIMENZIONIRANJA

Ako se u ruci drži list papira, možemo uočiti da se on savija i da ne može nositi svoju vlastitu težinu. Taj isti list papira, stisnut i lagano zakrivljen prema gore, postaje sposoban nositi svoju vlastitu težinu kao i još neko dodatno opterećenje.

Ova povećana sposobnost nosivosti papira nije dobivena povećanjem količine uporabljenog materijala, već time što mu je dan prikladan oblik. Zakrivljenost prema gore povećava njegovu krutost i nosivost time što udaljava dio materijala od neutralne osi.

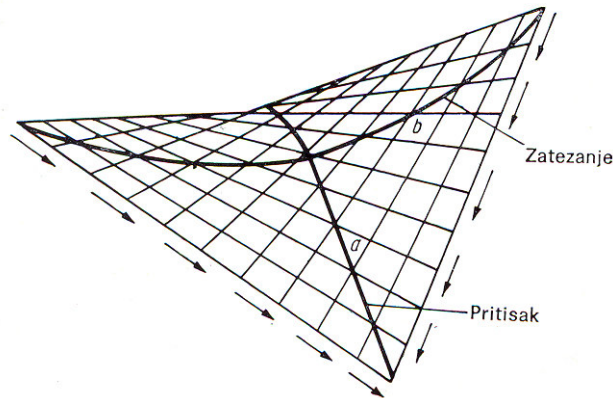


oblik plohe koja ne nosi

ploha koja nosi svojim oblikom

Konstrukcije, čija se nosivost postiže oblikovanjem materijala u skladu s opterećenjem koje moraju prenijeti, **nazivaju se konstrukcijama koje nose svojim oblikom**. Nosivost membrana ovisi o zakrivljenosti i specifičnoj izvitoperenosti pa one spadaju u grupu oblikom nosivih, isključivo vlačno naprezanih konstrukcija. Ako se takva membrana prevrte donjom stranom na gore, i optereti istim opterećenjem za koje je bila prvobitno projektirana, dobijemo konstrukciju u kojoj nastaju samo tlačna naprezanja.

Debljina ljuske kao što je hiperbolički paraboloid ne mora biti velika. Ljuska može biti tanka, pa se tako u njoj ne mogu pojaviti bitnija naprezanja od savijanja, ali je opet dovoljno debela da može preuzeti opterećenja ne samo putem vlačnih i posmičnih, već također i tlačnih naprezanja. Tanke ljuske, slično kao i membrane, zahvaljuju svoju nosivost zakrivljenosti i specifičnoj izvitoperenosti. Da bi se razumjelo ponašanje tankih ljuski, potrebno je dobro poznavanje njihovih geometrijskih karakteristika.



Uz odgovarajući izbor geometrije, hiperbolički paraboloidi u pogledu preuzimanja opterećenja ponašaju se povoljno, što je zajedničko svim ljuskama s dvostrukom zakrivljenosti, pri čemu konveksna zakrivljenost na određen način ukružuje konkavnu. Duž linije *a* javlja se tlačno naprezanje (pritisak), a duž linije *b* vlačno naprezanje (zatezanje).

U slučaju jednoliko rasprostrtog opterećenja normalne (uzdužne) sile duž izvodnica imaju stalnu vrijednost. To znači da ni na jednu od četiri rubne grede ne treba djelovati bočnim silama. U tim područjima javlja se konstantno posmično naprezanje. Glavna naprezanja u ljusci javljaju se duž vertikalnih presjeka koji s izvodnicama zatvaraju kut od 45°.

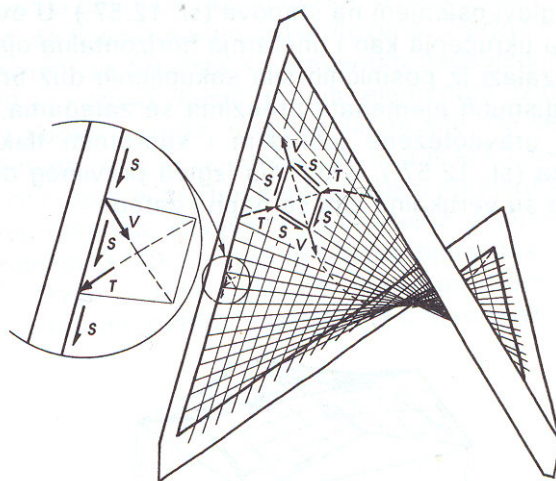
Za preuzimanje posmičnih naprezanja po krajevima ljuske potrebno je predvidjeti rubne elemente ili rebra koji, prema geometrijskoj orijentaciji ljuske, primaju tlačna ili vlačna naprezanja. Kod građevina s rasponom natkrivanja manjim od 30,0 m rubni elementi se ne primjenjuju.

Vlastita težina rubnih elemenata i njihovi utjecaji na ljusku posebno se proračunavaju i dimenzioniraju jer rub ljuske u većini slučajeva ne može podnijeti veća vertikalna opterećenja. Nesimetrični slučajevi opterećenja koji se mogu povremeno javljati, mogu dovesti do neopadanja sile do nule na jednom kraju rubnih nosača, a tada ne postoji stanje ravnoteže. Kod proračunavanja je najbitnija što točnija pretpostavka elastičnog i plastičnog progiba prepuštenih dijelova ljuske, naročito onda kada su HP-ljuske plitke. Ako postoji mogućnost većeg progiba čiji bi utjecaj na samu ljusku ili druge elemente konstrukcije bio nepovoljan, tada se kao faktor sigurnosti predviđaju vitki stupovi, odnosno veza s nosivom konstrukcijom.

Ako hiperbolički paraboloid seže do tla, tada presjekom njegove plohe s tlom nastaju dvije rubne linije zakrivljene prema van, tako da

površina koju natkriva ljuska ima dvije zakrivljene i dvije ravne stranice. Kad on ne doseže do tla, može ga se poduprijeti u uglovima, ali tada rubna ukrućenja moraju prenijeti vertikalna i horizontalna opterećenja ljuske kao lukovi. Rubna naprezanja izazvana savijanjem nastupaju i kod hiperboličnog paraboloida na njegovom presjeku rubnim ukrućenjem. Kada je hiperbolički paraboloid poduprt duž pravaca koji ga generiraju, pravci glavnih osi naprezanja poklapaju se sa smjerovima glavnih zakrivljenosti, tj. s parabolama. Budući da pravci nisu zakrivljeni, u ljusci duž tih pravaca ne mogu se pojaviti nikakva naprezanja karakteristična za luk ili uže, već samo posmik. Na temelju toga može se zaključiti da vlak u visećim i tlak u stojećim parabolama proizvodi stanje čistog posmika u smjeru pravaca. Na taj način se opterećenje prenosi na nosivi dio konstrukcije samo istim posmikom u smjeru rubnih pravaca i sumira se duž njih.

Kada govorimo o rubnim nosivim elementima, tada mislimo na «grede». One se ponašaju kao tlačni stupovi ili vlačni štapovi.



hiperbolički paraboloid oslonjen u smjeru pravaca koji ga generiraju

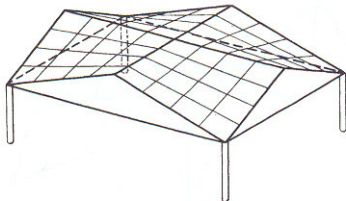
Kod plitkih hiperboličkih paraboloida membranska naprezanja vlaka i tlaka su identična kao i posmik kojeg oni izazivaju. Ta tri membranska naprezanja po cijeloj ljusci imaju istu vrijednost. Kako su ona i jednoliko raspodijeljena po nenoj debljini,

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

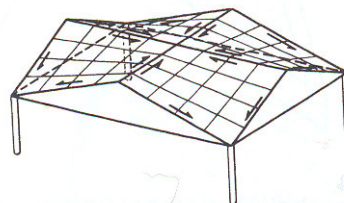
Studentski rad: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA

može se reći da je uinkovitost hiperboličkog paraboloida stopostotna, a to znači da je materijal ljuske jednako napregnut u svakoj točki poprečnog presjeka. Membranska naprezanja su proporcionalna ukupnom jednoliko rasprostrtom opterećenju, a obrnuto su proporcionalna odstupanju ljuske iz ravnine i njenoj debljini. Odstupanje iz ravnine ili nadvišenje ljuske ne smije biti manje od jedne šestine do jedne desetine raspona natkrivanja da bi se izbjegla velika tlačna naprezanja koja bi mogla izazvati njeno izbočenje. Ovakva membranska naprezanja mogu se pojaviti u hiperboličkom paraboloidu samo ako su njegovi rubni elementi vrlo kruti u vertikalnoj i vrlo gipki u horizontalnij ravnini. Takvi se uvjeti rijetko javljaju u praksi. Kada su rubna ojačanja konzolno upeta u najnižim točkama ljuske, tada rub ljuske nije vertikalno oslonjen toliko kruto kao što bi to bilo teorijski potrebno. Stvarni se dio težine rubnog elementa prenosi preko ljuske pa se dvije polovine hiperboličkog paraboloida ponašaju vrlo slično kao konzolne grede promjenjivog, zakrivljenog poprečnog presjeka s parabolama zakrivljenim prema dolje.

Natkrivanja se obično izvode sastavljanjem u cjelinu većeg broja isječka hiperboličkog paraboloida. Jedna od tih kombinacija uključuje četiri identična isječka čiji su vanjski uglovi poduprti stupovima.



krovište sastavljeno od hiperboličkih paraboloida (s križnim sljemenom)

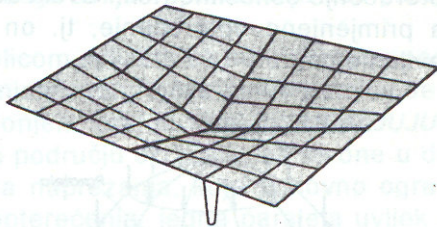


posmične sile na rubovima sastavljene ljuske s križnim sljemenom, poduprte vanjskim stupovima

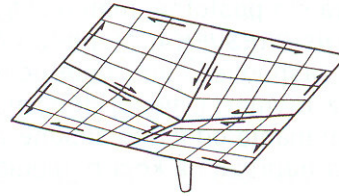
Na taj način su vanjska nagnuta rubna ukrućenja, kao i unutarnja horizontalna ojačanja, naprezana tlakom koji proizlazi iz posmičnih sila sakupljenih duž bridova. Tlak vanjskih stlačenih sklopova preuzima se nategama, dok su unutarnje grede horizontalno uravnotežene jednakim i suprotnim tlakom od oba para paraboloidnih

isječka. Takav način natkrivanja ima izgled pravilnog dvostrešnog krova. Reakcije u uglovima su vertikalne čim se natege napnu

Sastavljanjem četiri isječka u cjelinu može se dobiti i ljevkaستا ljuska koja je poduprta središnjim stupom.



ljevkaستی hiperbolički paraboloid



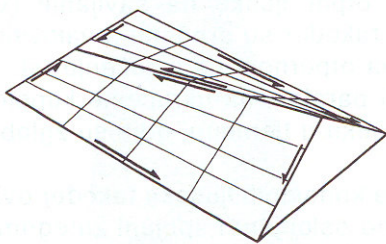
posmične sile na rubovima sastavljene ljevkaسته ljuske

Kod ovakvog načina vanjski horizontalni elementi za ukrućenje vlačno su napregnuti sakupljenim posmičnim silama. Vlačno naprezanje u jednom isječku uravnotežuje se sa vlačnim naprezanjem u isječku koji mu je susjedan.

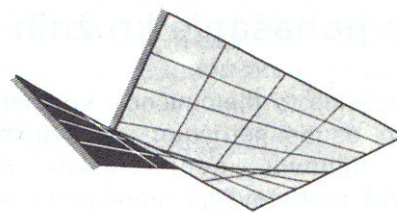
Ako je krov poduprt samo na uglovima, može doći do njegove deformacije u srednjem području gdje je ravan, tj. gdje nema zamjetljive zakrivljenosti koja bi povećala otpor izbočenju tanke ljuske.

Hiperbolički paraboloidi s velikim nadvišenjem već su korišteni za vrlo strma natkrivanja pa i za gotovo vertikalne elemente. Njihovo je ponašanje sasvim drukčije od ponašanja plitkih ljosaka koje smo naveli u tekstu. Ponašanje je slično kao i kod tankih ploča koje su opterećene u vlastitoj ravnini, pa ih često možemo analizirati kao grede velikih visina.

Od mogućnosti natkrivanja navodimo i slučaj konoidnim hiperboličkim paraboloidom.



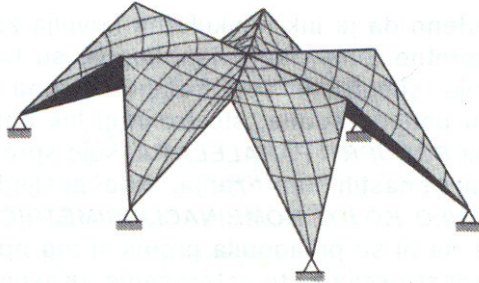
posmične sile na rubnim gredama hiperboličkih paraboloida



konzolni konoid sastavljen od konoidnog hiperboličkog paraboloida

Ako ravnine parabola koje opisuju plohu ne leže pod pravim kutom, nastaje neortogonalni hiperbolički paraboloid.

Takav izgled plohe može se primijeniti za natkrivanje površina koje nisu pravokutne.



ljuska sastavljena od neortogonalnih hiperboličkih paraboloida

3.1. OPISI GRAFIČKIH PRILOGA

3.1.1. OPIS KONSTRUKCIJE

Na samom početku izrade studentskog rada postavili smo uvjete koje smo nastojali ispuniti. Glavni uvjet bio je osmisliti objekt koji je sam po sebi jedinstven, tj. nije precrtan. Objekt je morao biti funkcionalan, raster nosive konstrukcije izveden je prema propisima, na mjestima gdje nije bilo moguće postaviti nosivu vertikalnu konstrukciju, kao zamjena postavljene su nosive grede koje su zbog estetskih i arhitektonskih razloga na nekim pozicijama skrivene u samoj stropnoj ili vertikalnoj konstrukciji. Za nosivu vertikalnu konstrukciju odabrali smo porotherm opekarski blok $d=25\text{cm}$ i armiranobetonske zidove $d=25\text{cm}$ radi ukrute same konstrukcije. Na spojevima nosivih zidova od opekarskih blokova izvedeni su vertikalni armiranobetonski serklaži, koji su armirani konstruktivno prema propisima potresnih zona. Za preuzimanje opterećenja iznad otvora, u nosivim zidovima izvedeni su armiranobetonski nadvoji također armirani prema propisima potresnih zona. Kod spoja stropne plohe i ljuske hiperboličkog paraboloida sa nosivom vertikalnom konstrukcijom izvedeni su horizontalni armiranobetonski serklaži armirani konstruktivno prema propisima potresnih zona. Kod postavljanja hiperboličkog paraboloida, njegove dimenzije i sama razlika najviše i najniže točke odabrane su tako da zakrivljenost bude manja, a da se ne izgubi dojam i izgled pravokaste plohe 2.stupnja. Da bi to postigli objekt je morao imati veće dimenzije tako da smo unutarnje prostorije povećali kako bismo dobili objekt na kojem bi hiperbolički paraboloid došao do izražaja. Pri tome smo poštivali minimalne i maksimalne dimenzije pojedinih prostorija.

Kako je zakrivljenost hiperboličkog paraboloida malena, u statičkom

smislu proračun hiperboličkog paraboloida proveden je uobičajenim postupkom čija je znakovitost ukrućenje konveksne zakrivljenosti konkavnom. Izrada oplata za armiranobetonsku konstrukciju hiperboličkog paraboloida je jednostavna jer se daske za oplatu mogu postavljati u smjeru njegovih izvodnica, ali je dugotrajna i skupa.

Studentski rad prošao je recenziju arhitektonskog dijela projekta, nosiva konstrukcija projektirana je po propisima, oborinska voda slijeva se prema najnižim točkama koje se nalaze na sjevernom i južnom pročelju i odvodi se direktno u kanalizacijsku mrežu. Oko objekta projektirana je drenaža podzemnih i oborinskih voda. Hiperbolički paraboloid je kao geometrijska ploha 2. stupnja zadovoljio konstrukciju i način postavljanja u prostoru u geometrijskom smislu. Visinska razlika najviše i najniže točke iznosi 5m, dok se točka sedla nalazi na sjecištu dijagonala vrhova i nalazi se na udaljenosti 2,5m od najviše odnosno najniže točke hiperboličkog paraboloida.

3.1.2. OPIS OBLOGE PROČELJA I KROVNE PLOHE

Kako se pri projektiranju samog objekta težilo nečim novom i modernom tako su i materijali za obloge slijedili taj uvjet.

Za oblogu pročelja odabrana je vodootporna šperploča. Na vanjske zidove postavljeni su vertikalni aluminijski profili između kojih je toplinska izolacija koja je obložena sa vodootpornom folijom. Na krajevima šperploča nalaze se utori u koje ulaze pera aluminijskih profila. Na taj način dobivena je čvrsta konstrukcija i jedan poseban estetski dojam. Šperploča je premazana zaštitnim premazima. Između završne obloge pročelja i toplinske izolacije je ventilirani sloj.

Krov je obložen bakrenim limom. Na izvedenu ljusku hiperboličkog paraboloida postavljena je parna brana. Nosači bakrenog lima su aluminijski profili između kojih se nalazi mineralna vuna kao toplinski izolator. Na aluminijske profile postavlja se dašćana oplata na koju se postavlja vodootporna folija, a kao završna obloga bakreni lim. Između dašćane oplata i mineralne vune nalazi se ventilirani sloj.

KOSA AKSONOMETRIJA POGLED SJEVER - ISTOK

MJ. 1:100

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: KOSA AKSONOMETRIJA POGLED SJEVER - ISTOK	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.2.1.

GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

TEMA STUDENTSKOG RADA:
NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA

AUTORI STUDENTSKOG RADA:
Marko Davidović, student GF-a (djelatnik IGH-a)
Igor Buhin, student GF-a

ARHITEKTONSKI PROJEKT:

GLAVNI PROJEKTANT: Marko Davidović
PROJEKTANT: Igor Buhin

GRAĐEVINSKI PROJEKT - PROJEKT NOSIVE KONSTRUKCIJE:

GLAVNI PROJEKTANT: Marko Davidović

DIZAJN KROVNE PLOHE:

GLAVNI PROJEKTANT: Igor Buhin
PROJEKTANT: Marko Davidović

DIZAJN OBLOGE PROČELJA I KROVNE PLOHE:

GLAVNI PROJEKTANT: Igor Buhin

MENTORI:

Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat.
Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.

RECEZENTI:

Boris Behaim, ing. građ., djelatnik IGH-a
Boris Behaim, dipl.ing.građ., profesor Graditeljske
tehničke škole u Zagrebu

LEKTURA GRAFIČKIH I TEKSTUALNIH PRILOGA:

Boris Behaim, dipl.ing.građ., profesor Graditeljske
tehničke škole u Zagrebu

LEKTURA PRAVOPIISA:

Ljiljana Behaim, prof. hrvatskog jezika

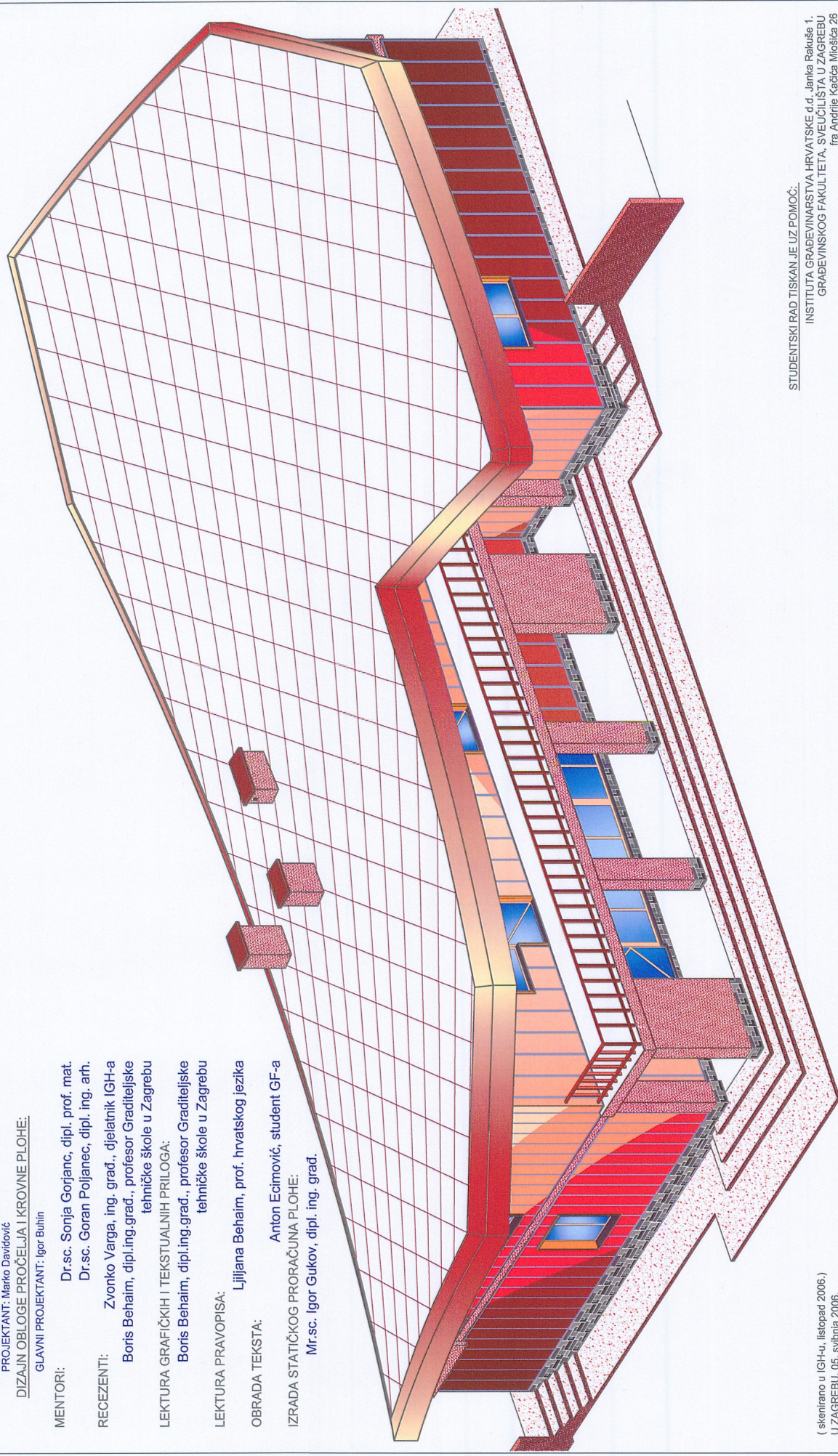
OBRAĐA TEKSTA:

Anton Ecmović, student GF-a

IZRADA STATIČKOG PRORAČUNA PLOHE:

Mr.sc. Igor Gukov, dipl. ing. građ.

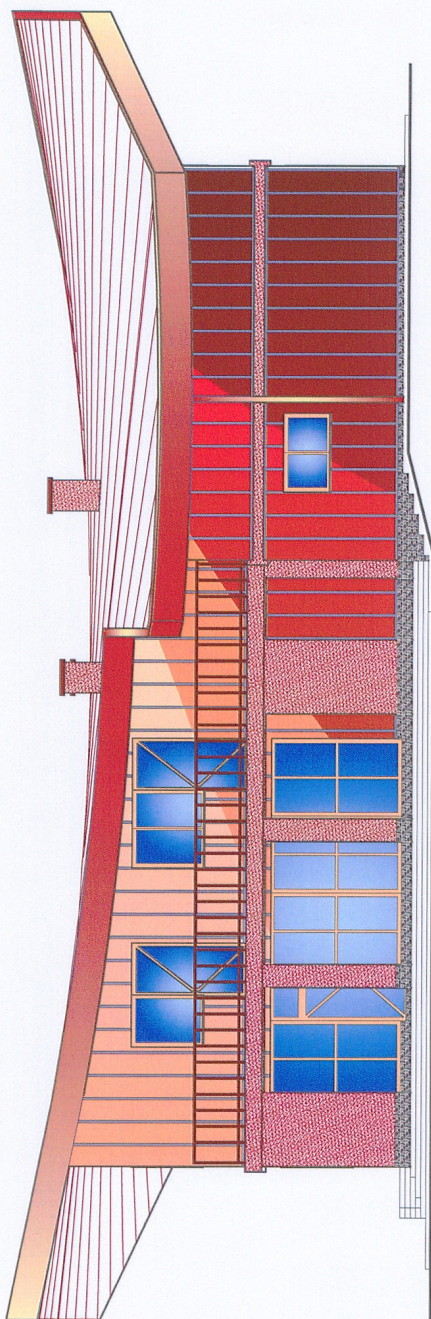
STUDENTSKI RAD NAGRAĐEN JE NAGRADOM
REKTORA, SVEUČILIŠTA U ZAGREBU



SJEVERNO PROČELJE

MJ. 1:100

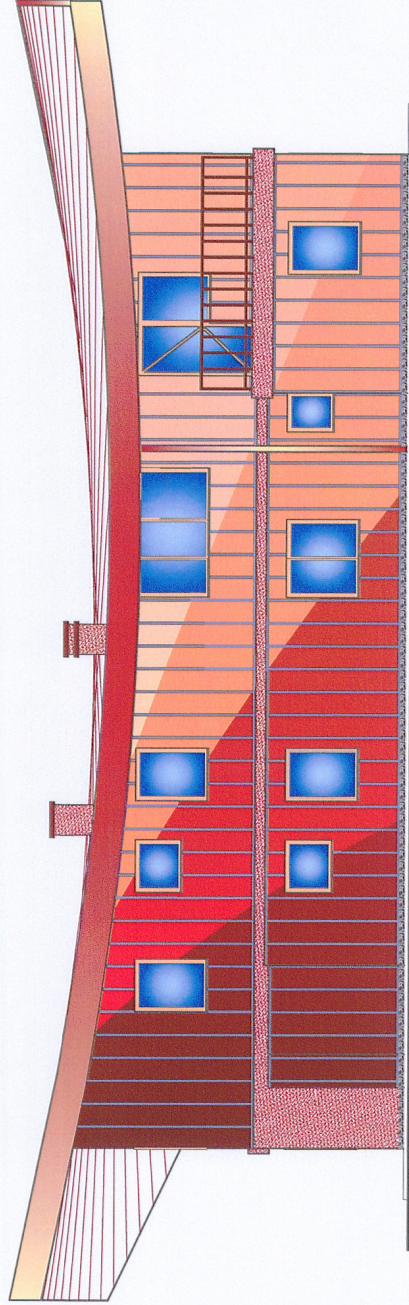
TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: SJEVERNO PROČELJE	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.3.1.



JUŽNO PROČELJE

MJ. 1:100

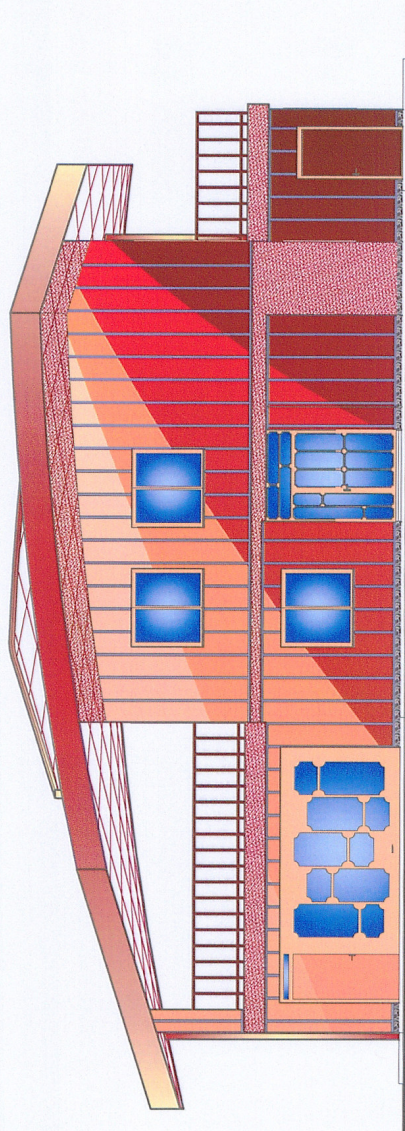
TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: JUŽNO PROČELJE	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100
	AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.3.2.



ZAPADNO PROČELJE

MJ. 1:100

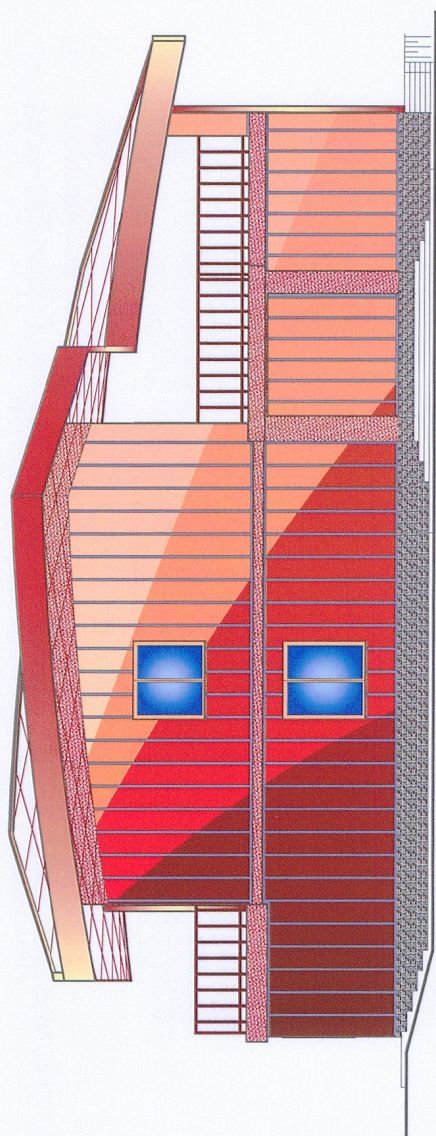
TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: <h1>ZAPADNO PROČELJE</h1>	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100
	AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.3.3.



ISTOČNO PROČELJE

MJ. 1:100

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRADEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIČA MIOŠIĆA 26
TIP GRADEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: <h1>ISTOČNO PROČELJE</h1>	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100
	AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.3.4.

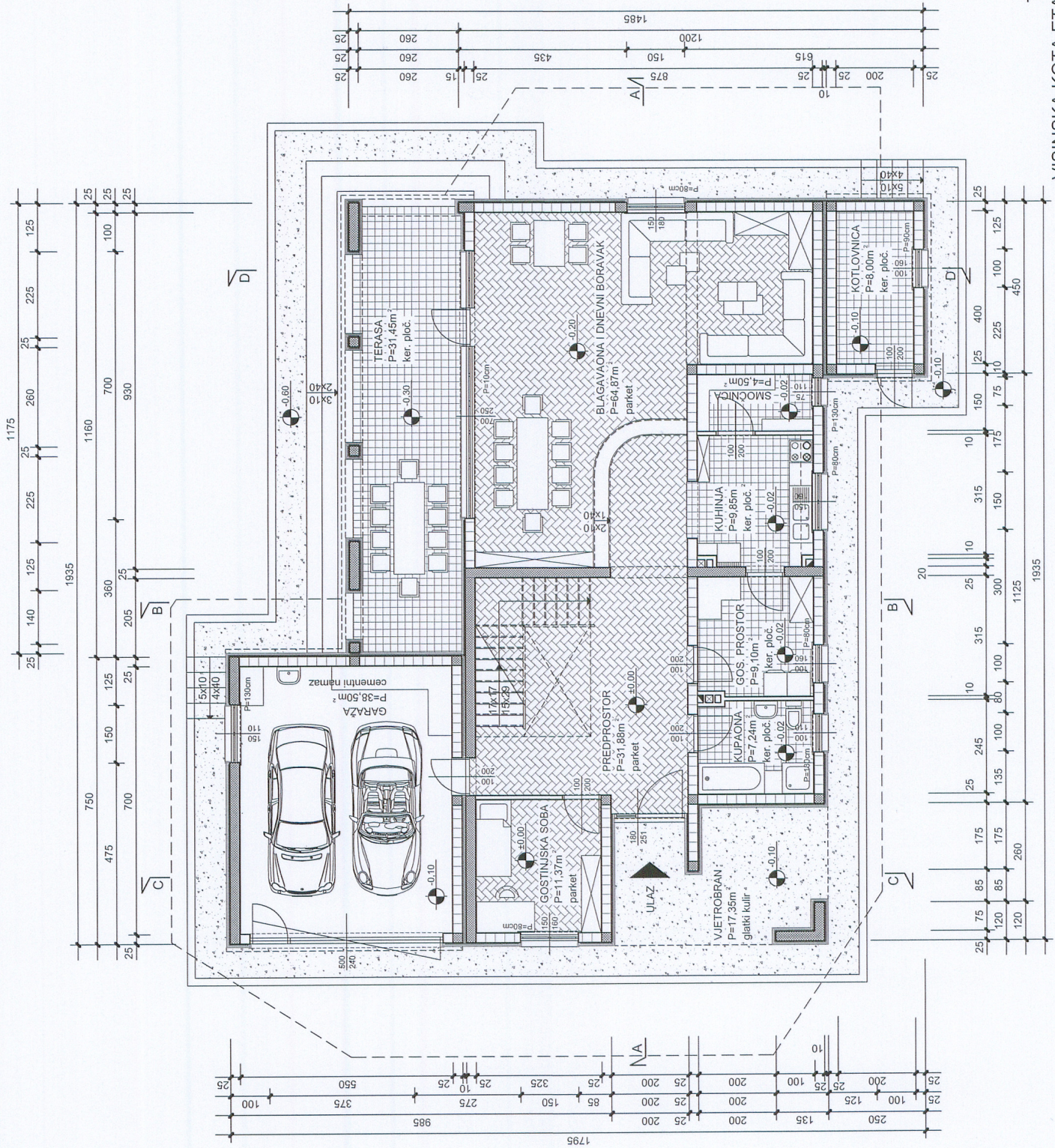
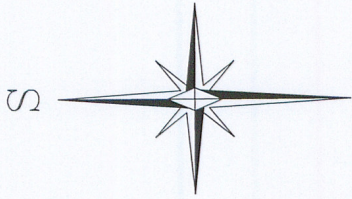


TLOCRT PRIZEMLJA

VISINSKA KOTA ETAŽE - $\pm 0,00\text{m}$ I $-0,20\text{m}$

MJ. 1:100

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRADEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRADEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: TLOCRT PRIZEMLJA VISINSKA KOTA ETAŽE - $\pm 0,00\text{m}$ I $-0,20\text{m}$	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.4.1.



TLOCRT PRIZEMLJA
VISINSKA KOTA ETAŽE - ±0,00m I -0,20m
3.4.1.

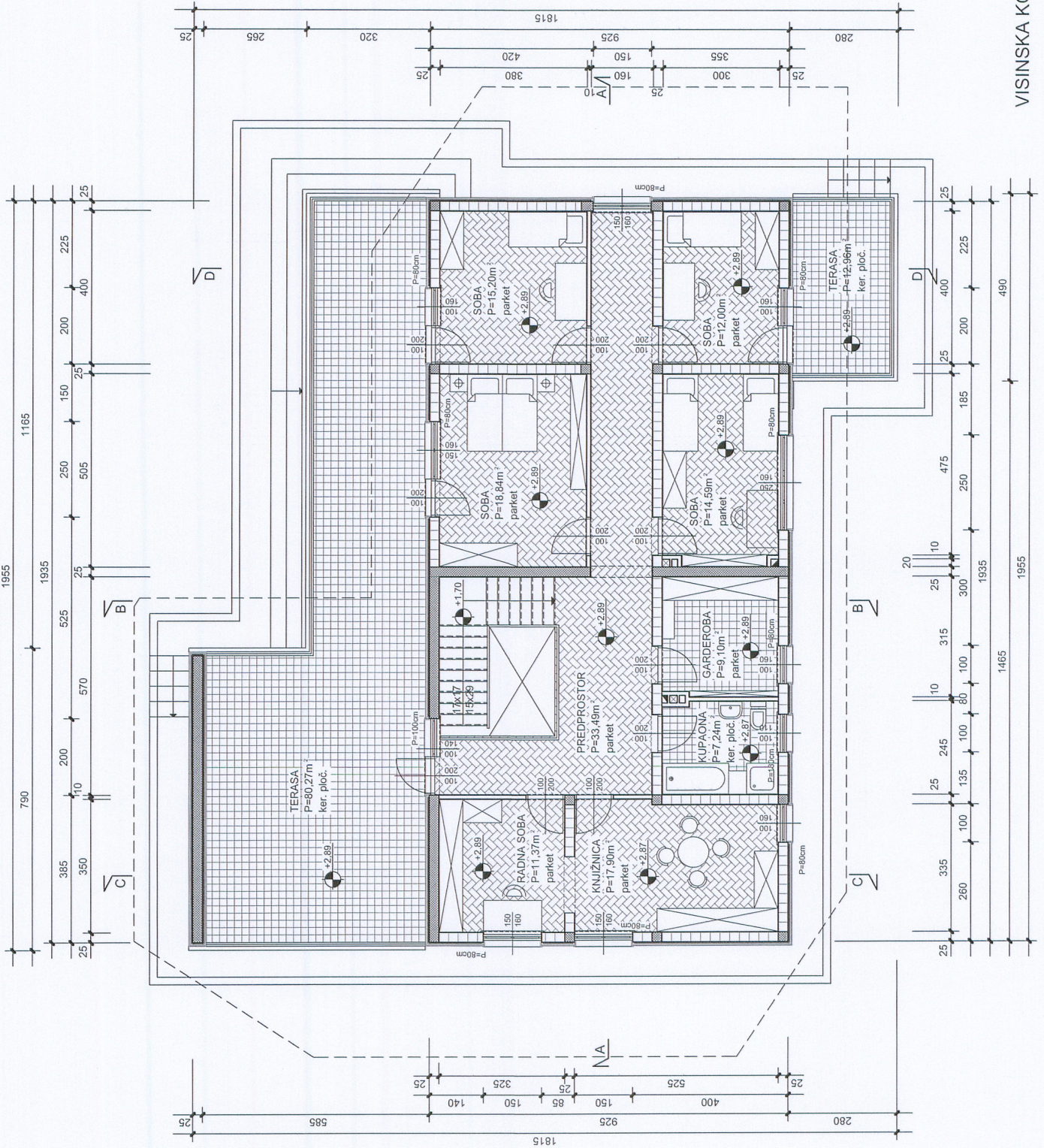
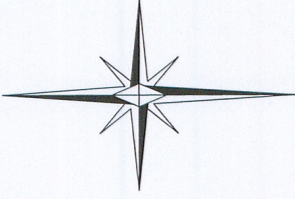
TLOCRT KATA

VISINSKA KOTA ETAŽE +2,89m

MJ. 1:100

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRADEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRADEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: TLOCRT KATA VISINSKA KOTA ETAŽE - +2,89m	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.4.2.

S

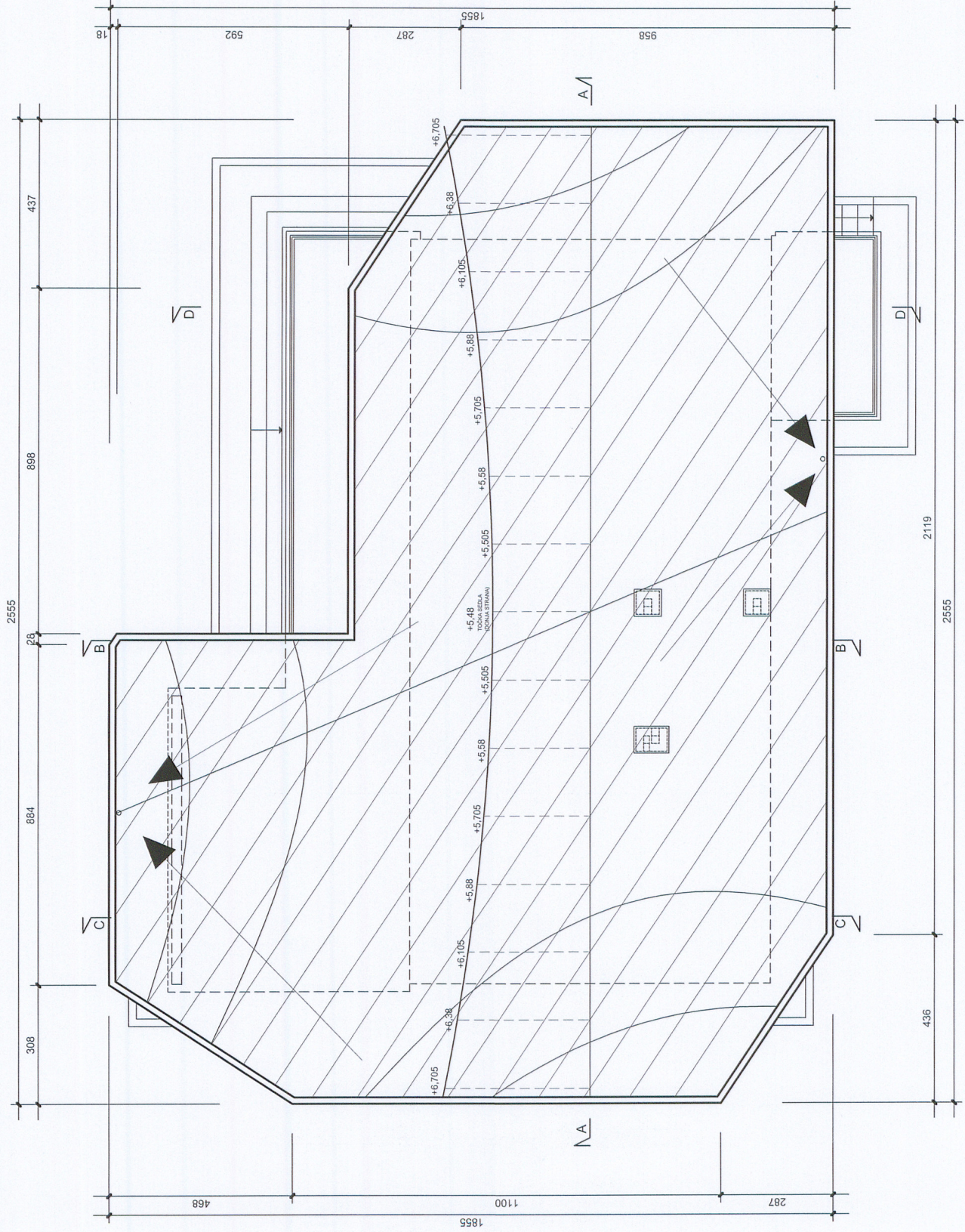
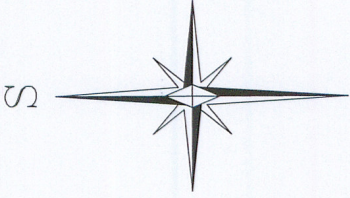


TLOCRT KATA
 VISINSKA KOTA ETAŽE - +2.89m
 3.4.2.

TLOCRT KROVNE PLOHE I PRIKAZ SLJEVANJA OBORINSKIH VODA

MJ. 1:100

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRADEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRADEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: TLOCRT KROVNE PLOHE I PRIKAZ SLJEVANJA OBORINSKIH VODA	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.4.3.



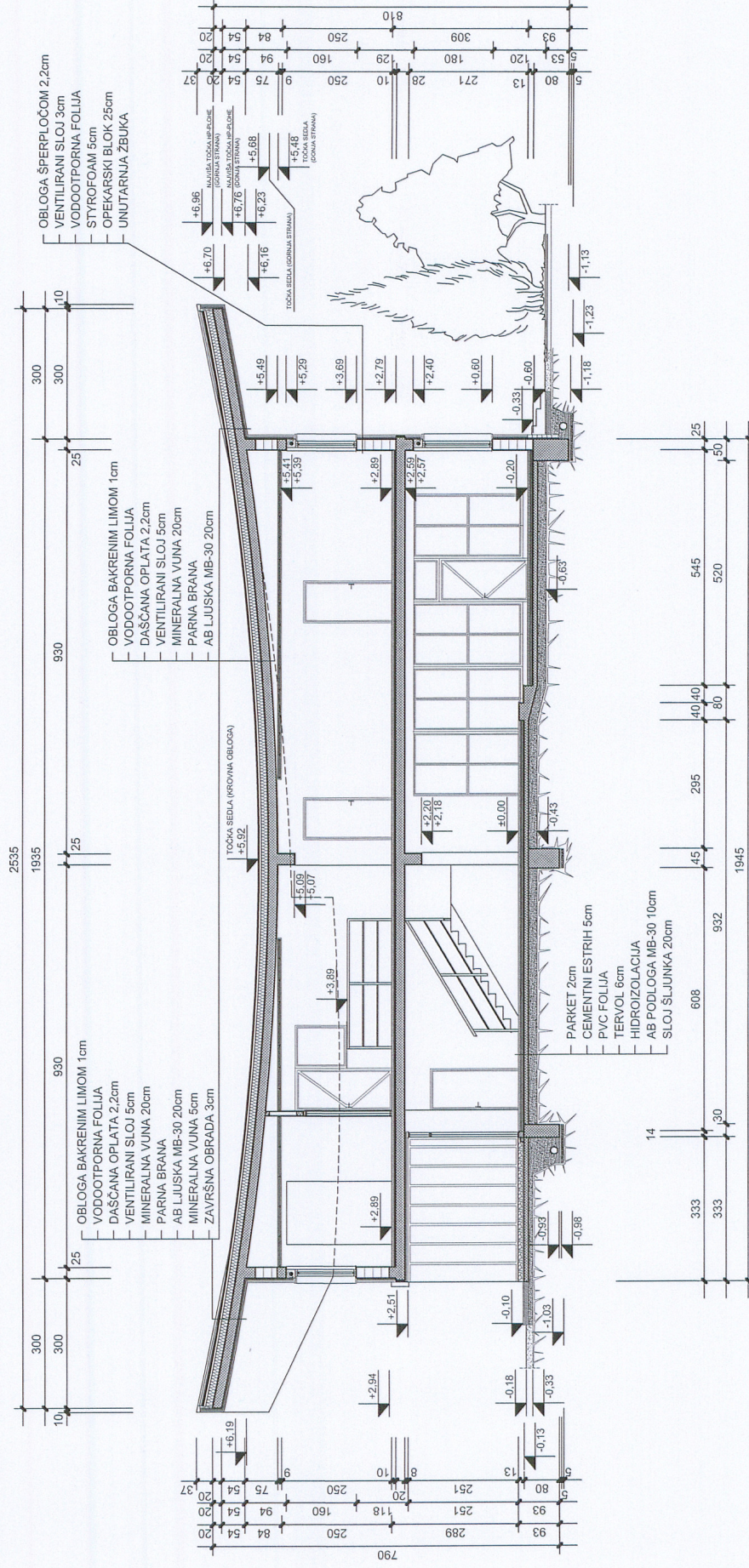
TLOCRT KROVNE PLOHE
I PRIKAZ SLJEVANJA OBORINSKIH VODA
3.4.3.

PRESJEK A-A

UZDUŽNI PRESJEK, PRESJEK KROZ OS HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA

MJ. 1:100

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRADEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRADEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: PRESJEK A-A UZDUŽNI PRESJEK, PRESJEK KROZ OS HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.5.1.



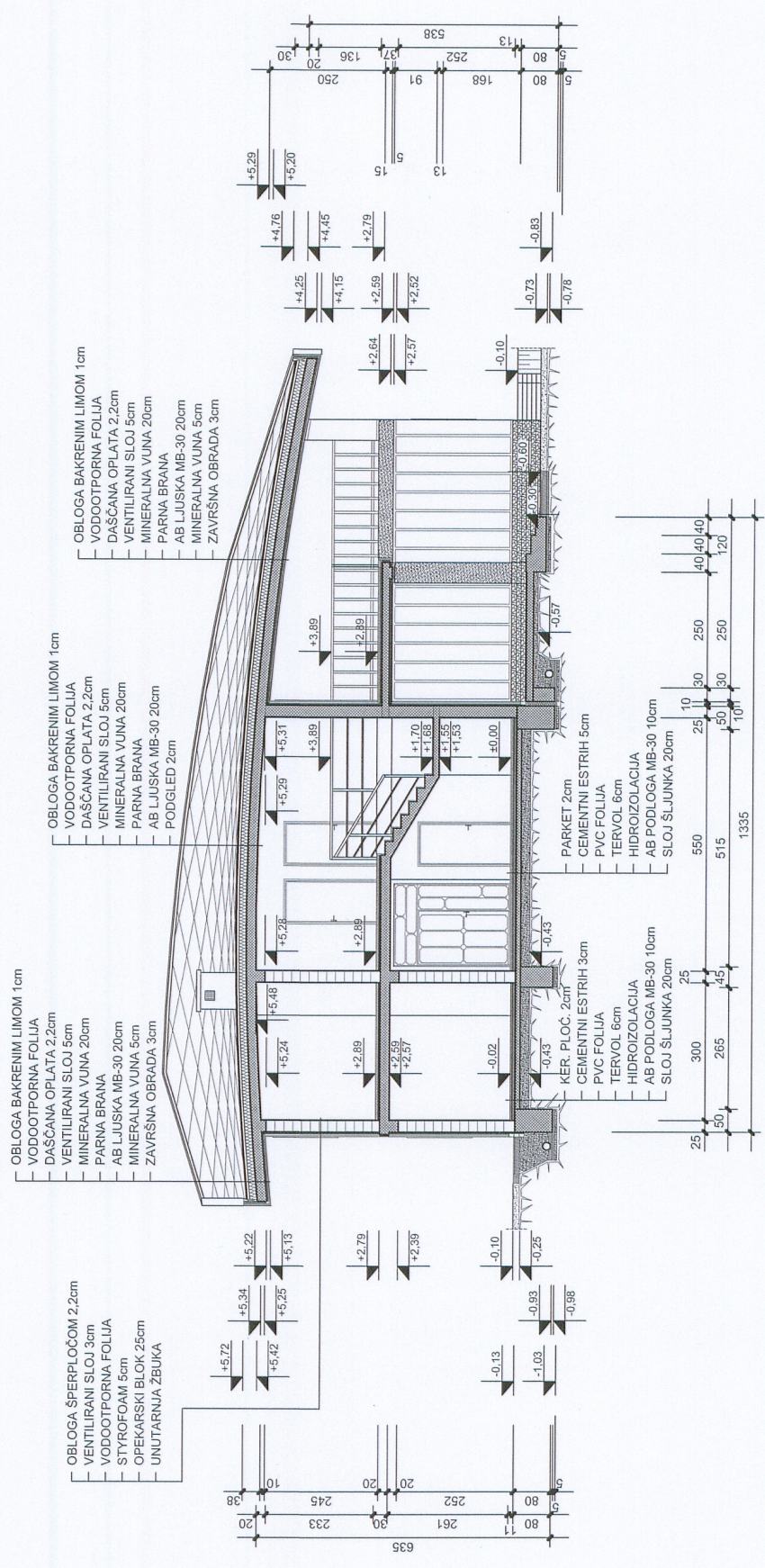
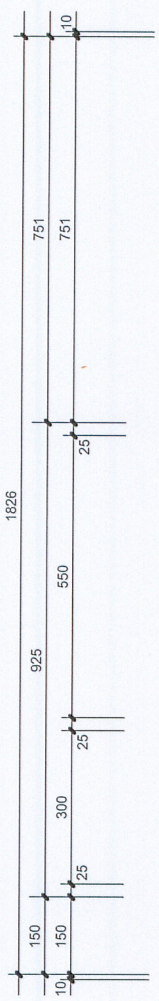
PRESJEK A-A
 UZDUŽNI PRESJEK, PRESJEK KROZ OS HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA
 3.5.1.

PRESJEK B-B

POPREČNI PRESJEK KROZ DRUGI KRAK STEPENICA

MJ. 1:100

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRADEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRADEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: PRESJEK B-B POPREČNI PRESJEK KROZ DRUGI KRAK STEPENICA	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.5.2.

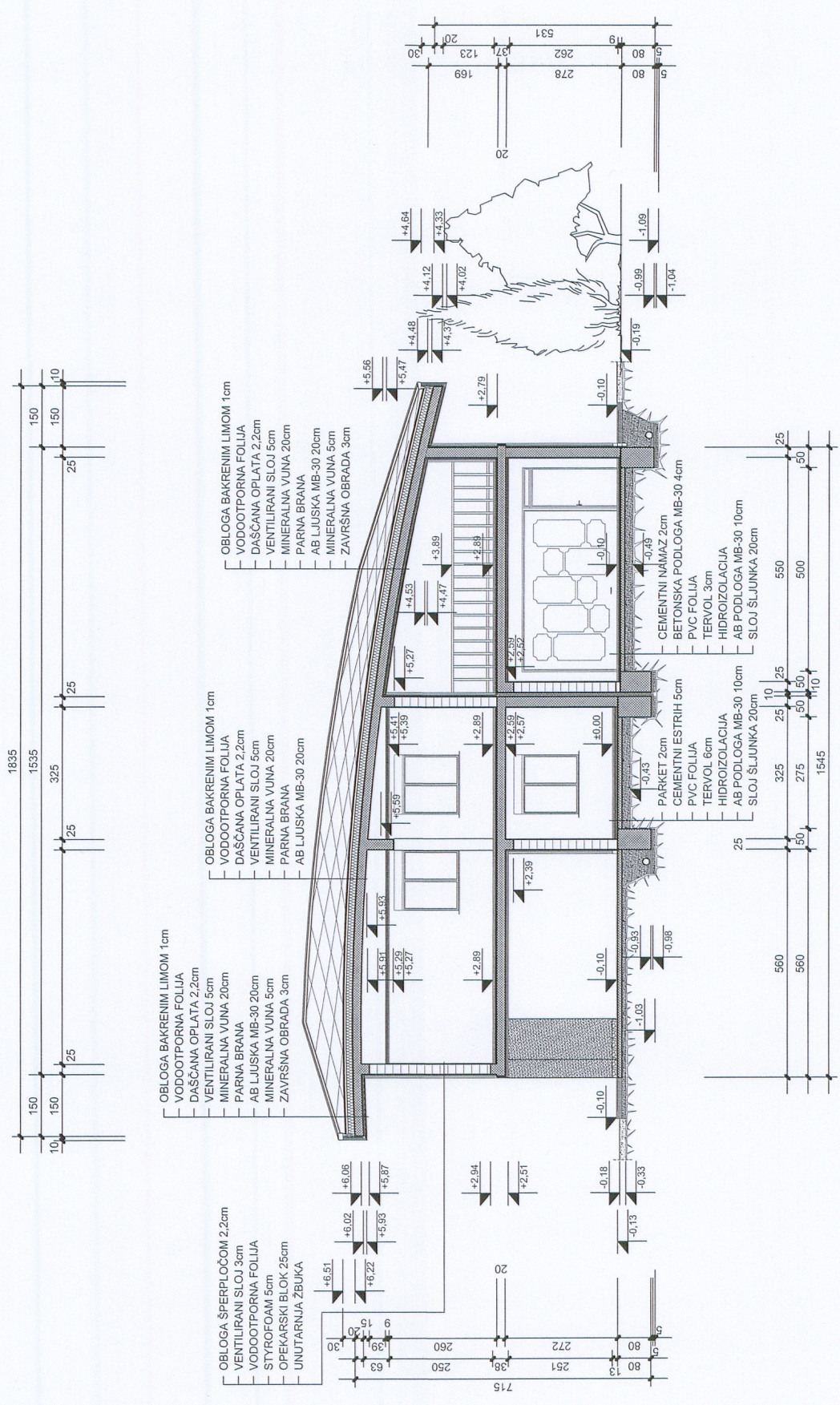


PRESJEK C-C

POPREČNI PRESJEK KROZ VJETROBRAN, GOSTINJSKU SOBU I GARAŽU

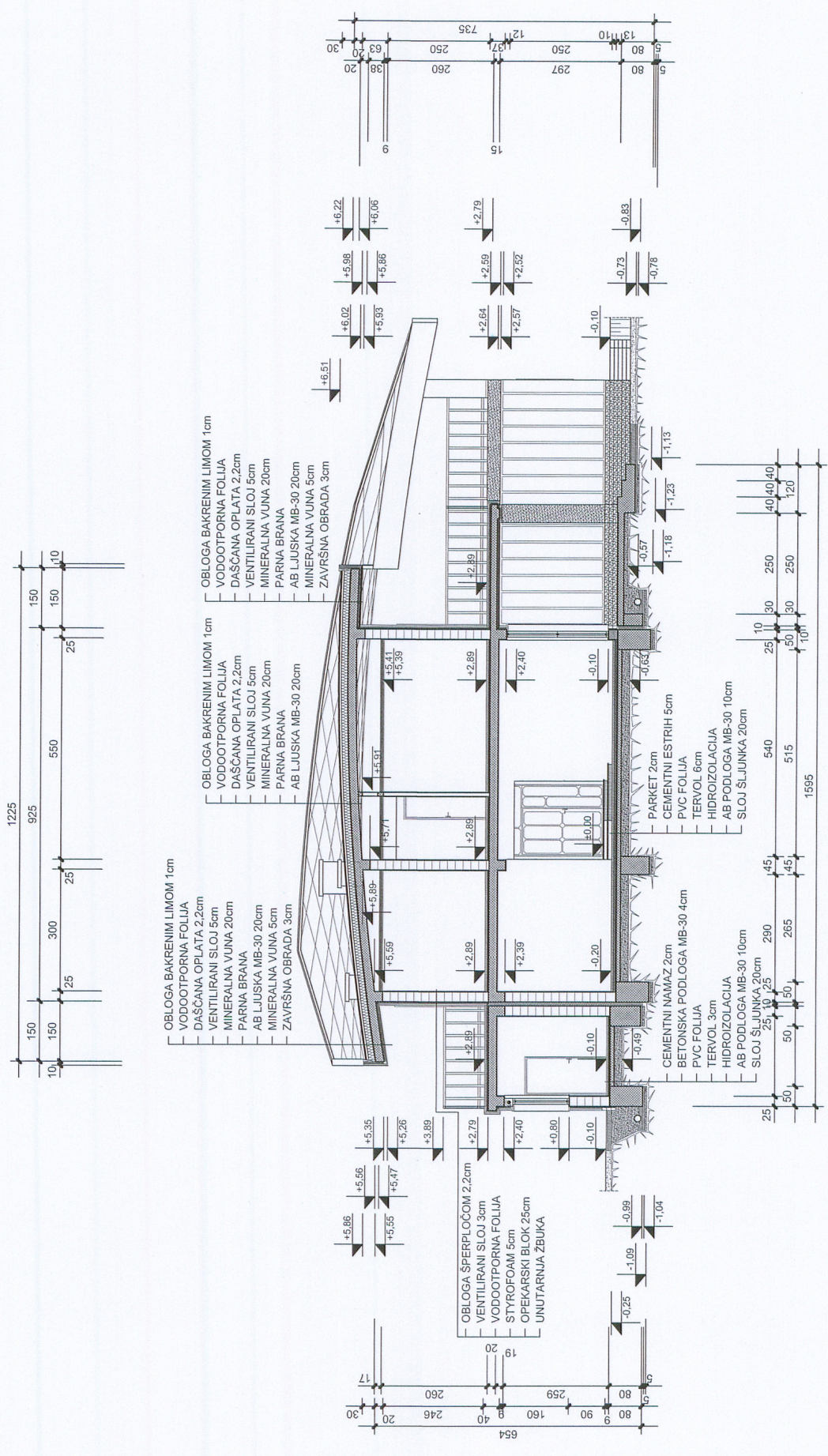
MJ. 1:100

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: PRESJEK C-C POPREČNI PRESJEK KROZ VJETROBRAN, GOSTINJSKU SOBU I GARAŽU	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100
	AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.5.3.



PRESJEK D-D
POPREČNI PRESJEK KROZ
KOTLOVNICU, DNEVNI BORAVAK I VANJSKU TERASU
MJ. 1:100

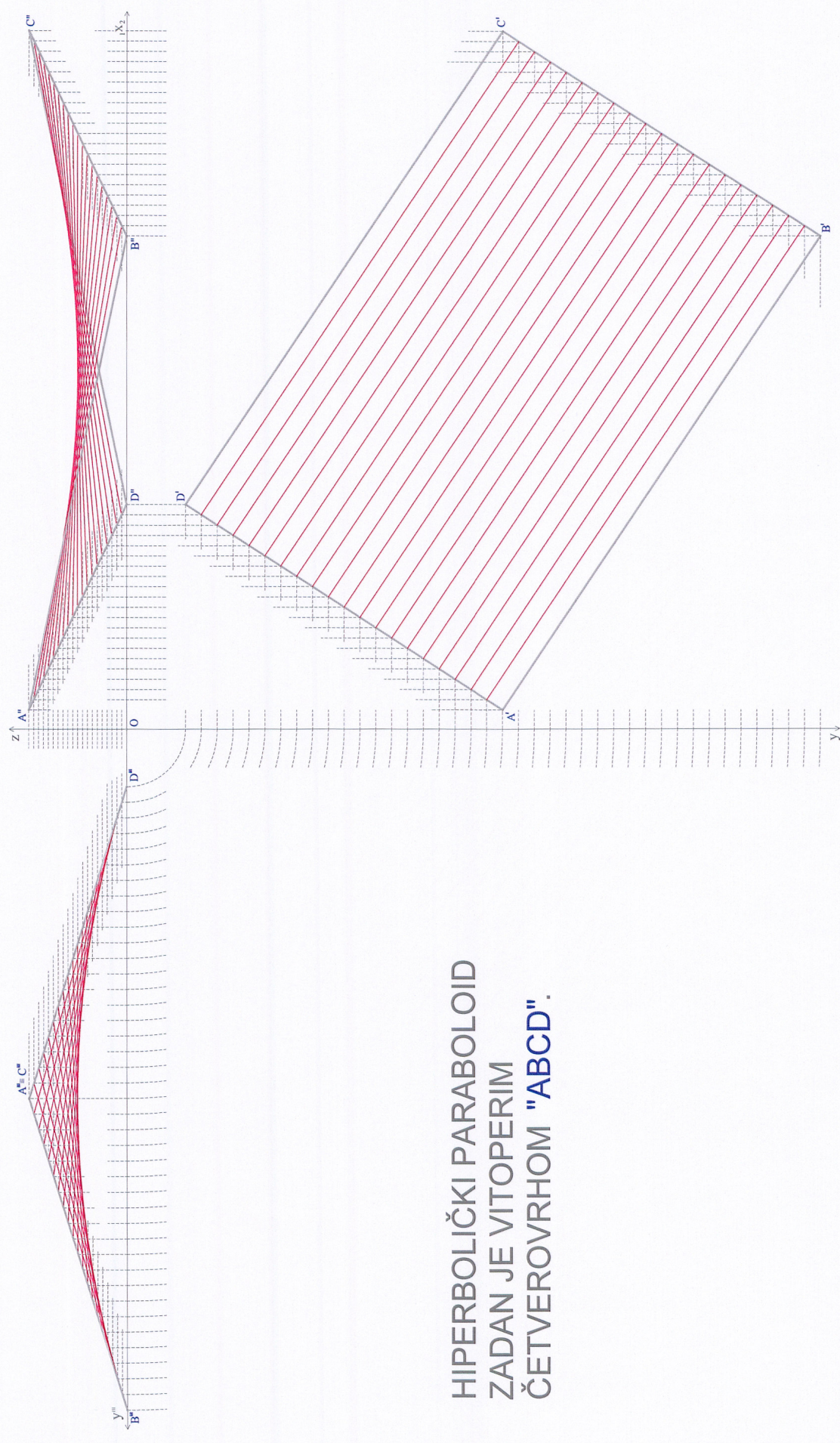
TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRADEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: PRESJEK D-D POPREČNI PRESJEK KROZ KOTLOVNICU, DN. BORAVAK I VANJSKU TERASU	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.5.4.



GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA

MJ. 1:200

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRADEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIČA MIOŠIČA 26
TIP GRADEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:200 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.6.1.

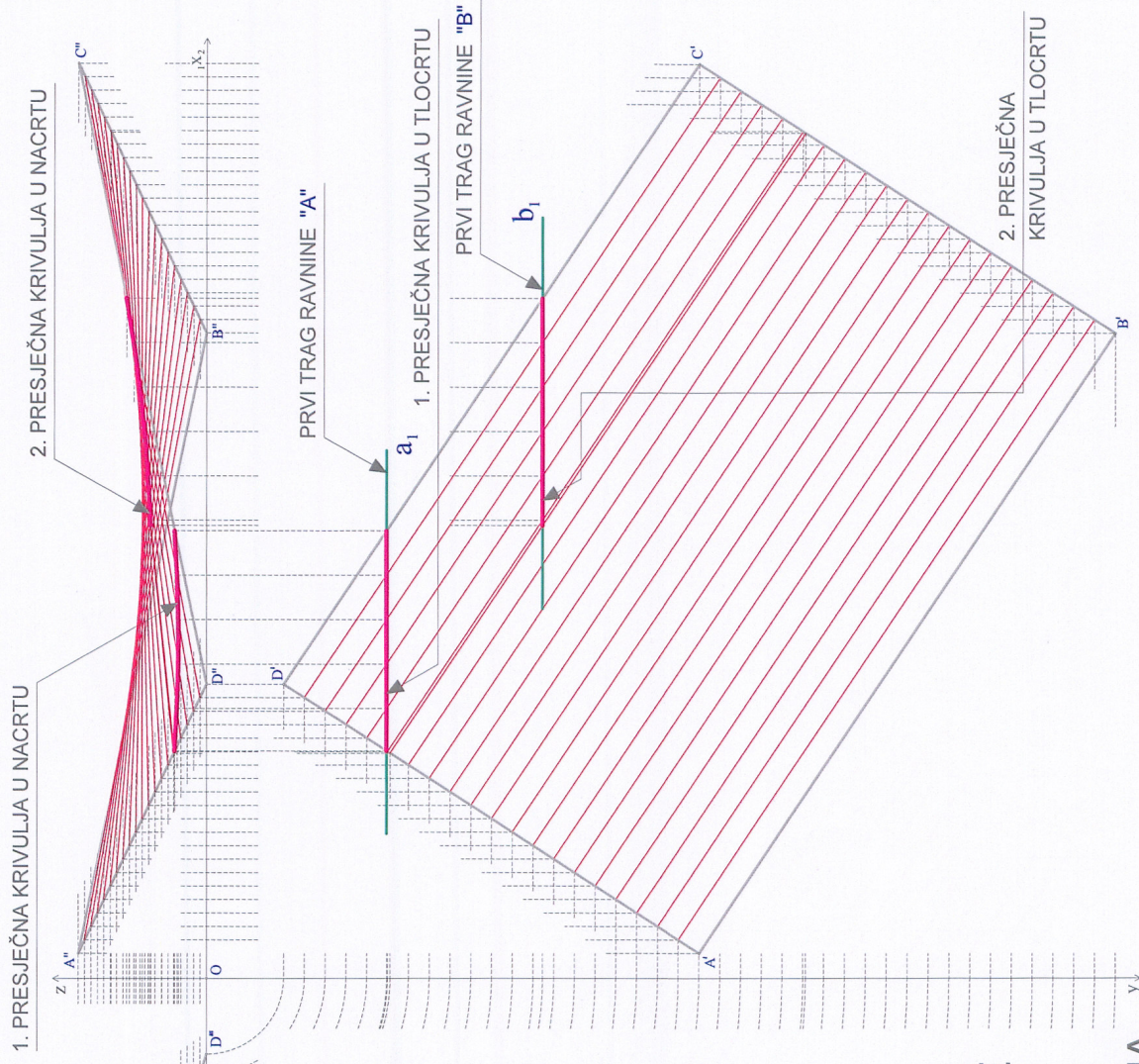
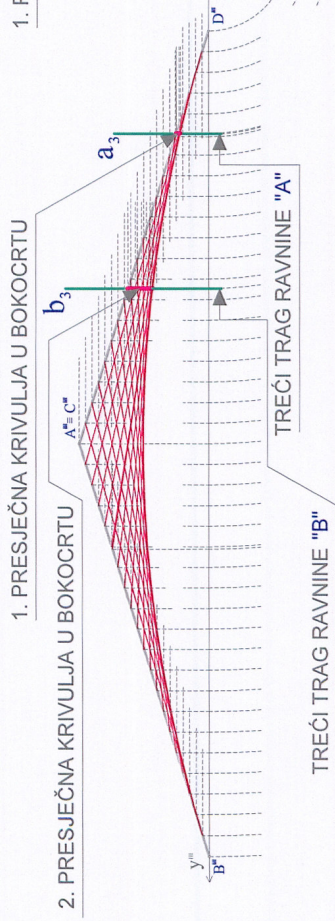


HIPERBOLIČKI PARABOLOID
 ZADAN JE VITOPERIM
 ČETVEROVRHOM "ABCD".

GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA SJEVERNO PROČELJE

MJ. 1:200

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIČA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA SJEVERNO PROČELJE	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:200 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.6.2.



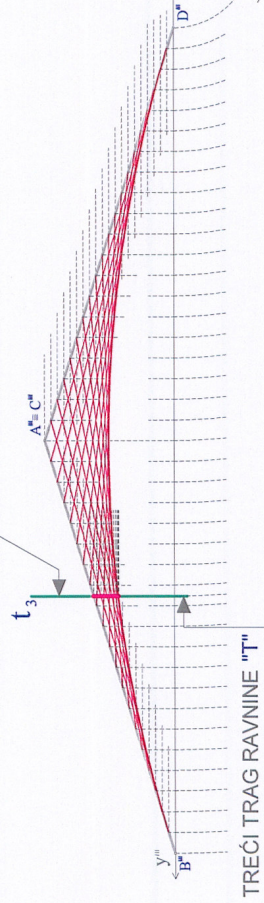
ZA KONSTRUKCIJU PRESJEČNE
 KRIVULJE HIPERBOLIČKOG
 PARABOLOIDA ZA SJEVERNO
 PROČELJE KORIŠTENE SU
 RAVNINE "A" I "B".
 ZBOG GRAĐEVINSKIH RAZLOGA
 KONSTRUIRANE SU DVIJE PRESJEČNE
 KRIVULJE.
 1. KRIVULJA - HIPAR JE PRESJEČEN
 RAVNINOM "A", KRIVULJA JE KONKAVNA.
 2. KRIVULJA - HIPAR JE PRESJEČEN
 RAVNINOM "B", KRIVULJA JE KONKAVNA.

GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA JUŽNO PROČELJE

MJ. 1:200

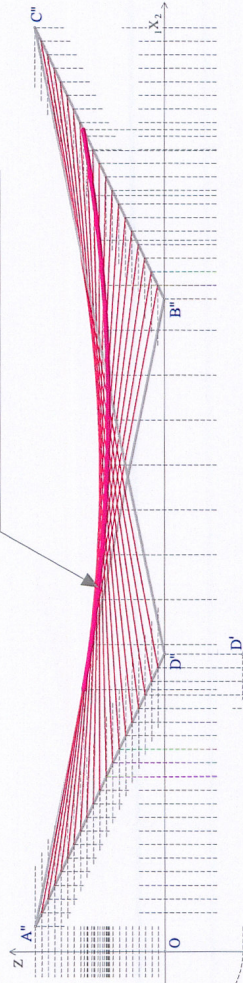
TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA JUŽNO PROČELJE	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:200 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.6.3.

PRESJEČNA KRIVULJA U BOKOCRTU



TREĆI TRAG RAVNINE "T"

PRESJEČNA KRIVULJA U NACRTU



D''

D''

ZA KONSTRUKCIJU PRESJEČNE
KRIVULJE HIPERBOLIČKOG
PARABOLOIDA ZA JUŽNO
PROČELJE KORIŠTEN JE
RAVNINA "T".
HIPAR JE PRESJEČEN
RAVNINOM "T", KRIVULJA JE KONKAVNA.



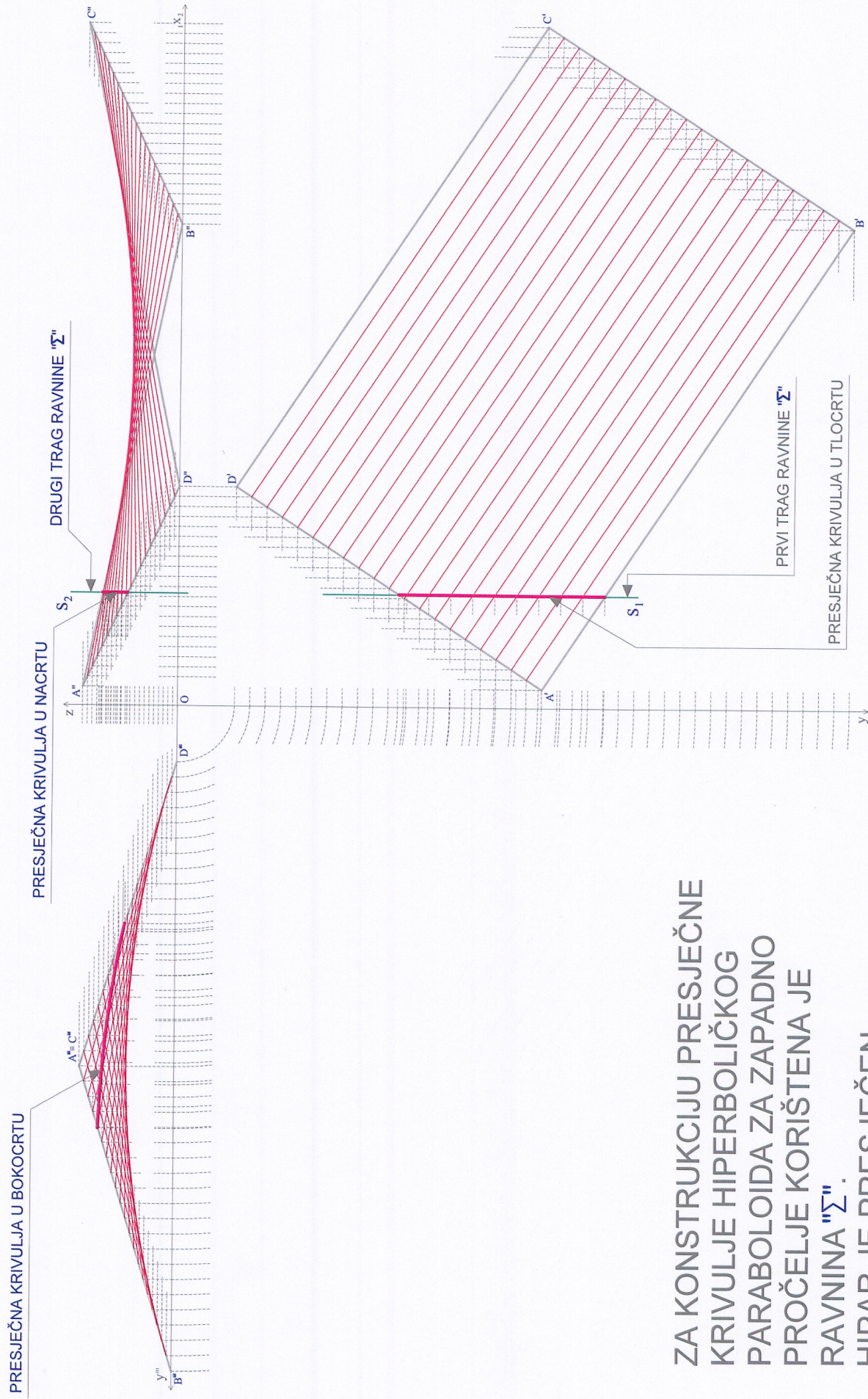
PRVI TRAG RAVNINE "T"

PRESJEČNA KRIVULJA U TLOCRTU

GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA ZAPADNO PROČELJE

MJ. 1:200

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA ZAPADNO PROČELJE	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:200 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.6.4.

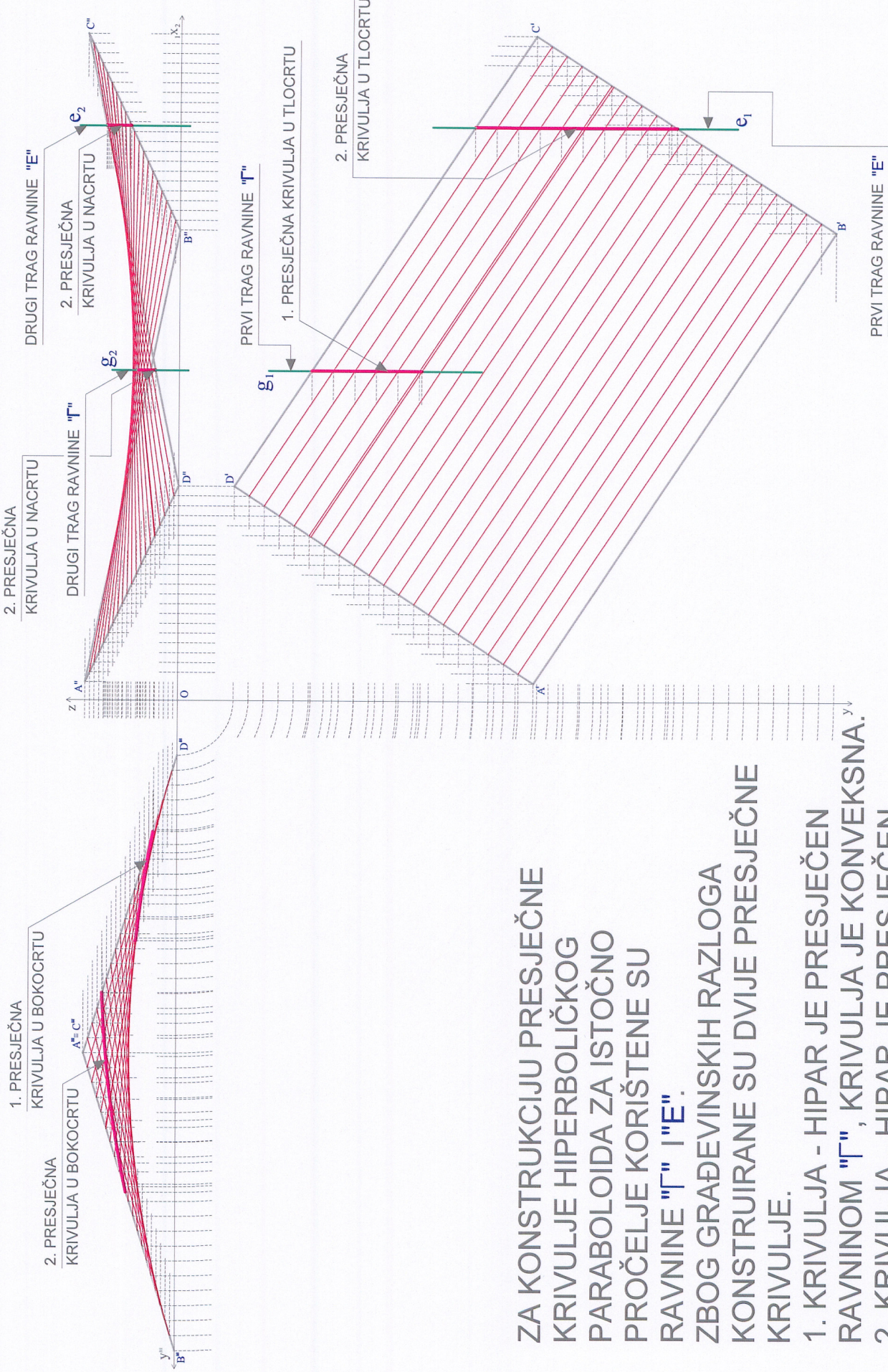


ZA KONSTRUKCIJU PRESJEČNE
 KRIVULJE HIPERBOLIČKOG
 PARABOLOIDA ZA ZAPADNO
 PROČELJE KORIŠTENA JE
 RAVNINA "Σ"
 HIPAR JE PRESJEČEN
 RAVNINOM "Σ", KRIVULJA JE KONVEKSNA.

GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA ISTOČNO PROČELJE

MJ. 1:200

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA ISTOČNO PROČELJE	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:200 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.6.5.

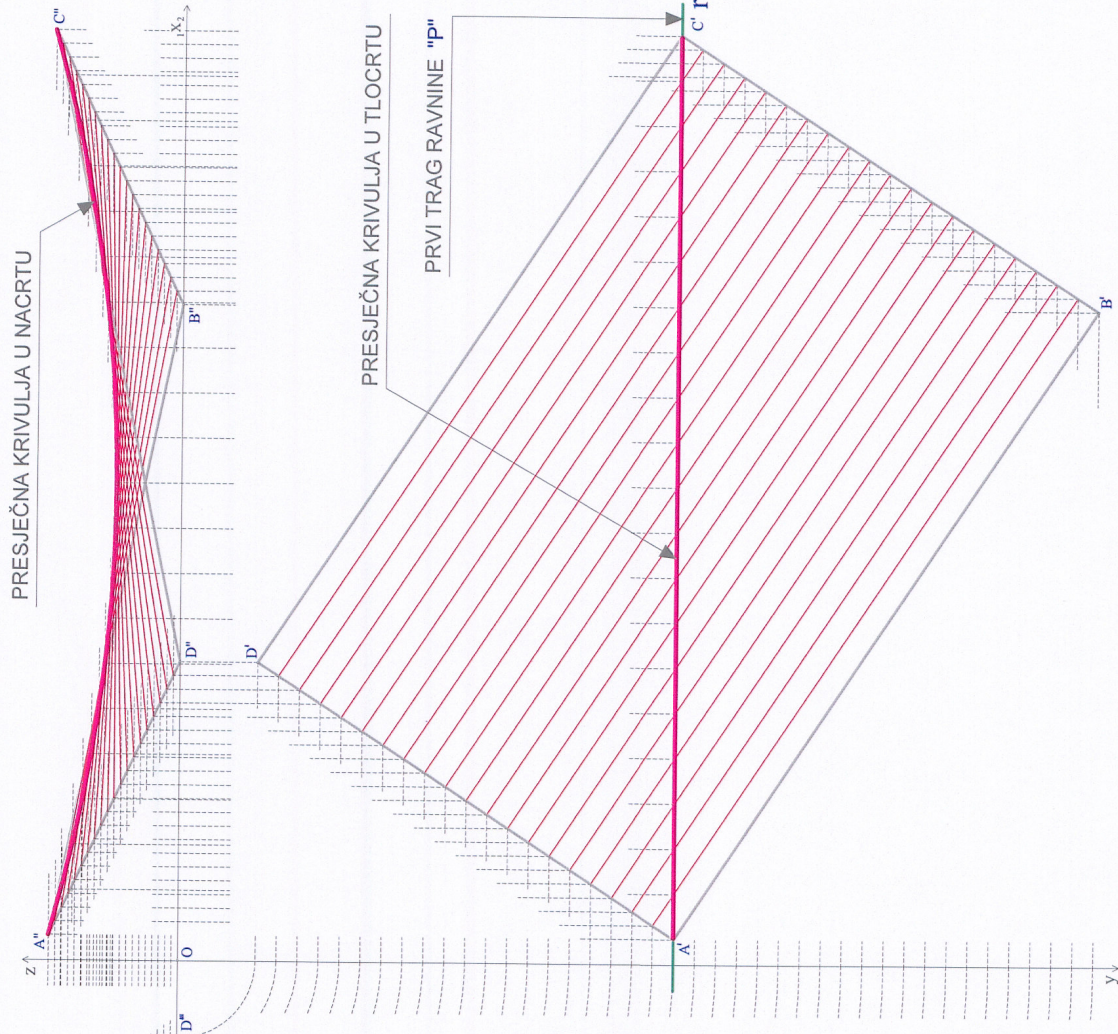
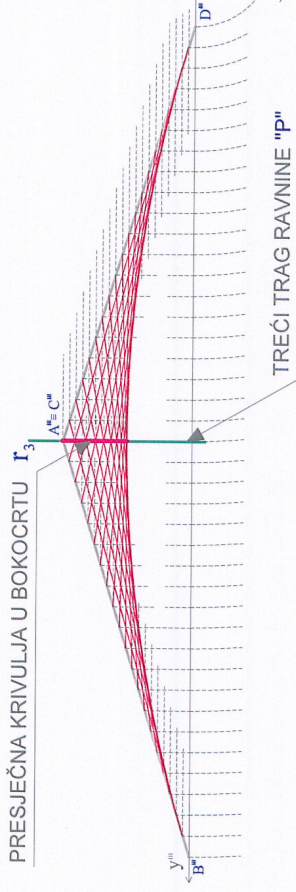


ZA KONSTRUKCIJU PRESJEČNE
 KRIVULJE HIPERBOLIČKOG
 PARABOLOIDA ZA ISTOČNO
 PROČELJE KORIŠTENE SU
 RAVNINE "Γ" I "E".
 ZBOG GRAĐEVINSKIH RAZLOGA
 KONSTRUIRANE SU DVIJE PRESJEČNE
 KRIVULJE.
 1. KRIVULJA - HIPAR JE PRESJEČEN
 RAVNINOM "Γ", KRIVULJA JE KONVEKSNA.
 2. KRIVULJA - HIPAR JE PRESJEČEN
 RAVNINOM "E", KRIVULJA JE KONVEKSNA.

GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK A-A

MJ. 1:200

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK A-A	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:200 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.6.6.



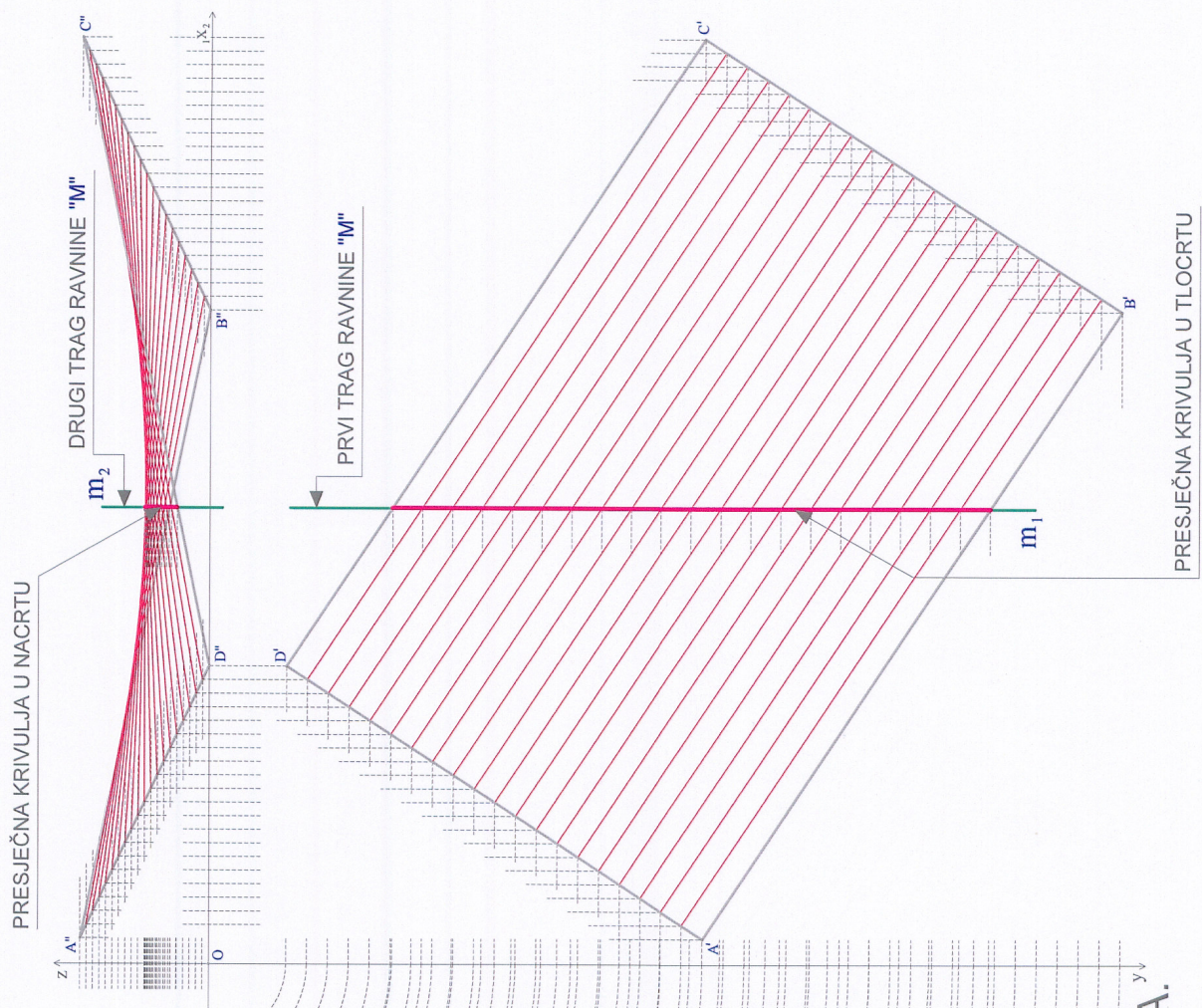
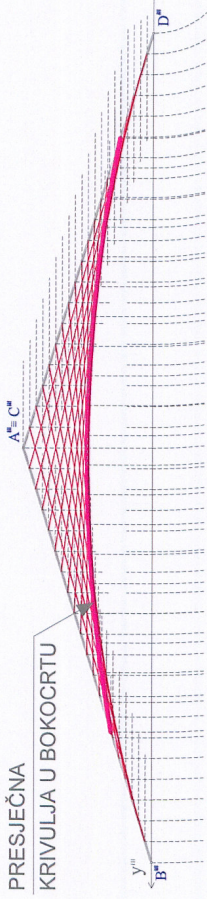
ZA KONSTRUKCIJU PRESJEČNE
 KRIVULJE HIPERBOLIČKOG
 PARABOLOIDA ZA PRESJEK A-A
 KORIŠTEN JE RAVNINA "P".
 HIPAR JE PRESJEČEN
 RAVNINOM "P", KRIVULJA JE KONKAVNA.

PRESJEK B-B

POPREČNI PRESJEK KROZ DRUGI KRAK STEPENICA

MJ. 1:100

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRADEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRADEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: PRESJEK B-B POPREČNI PRESJEK KROZ DRUGI KRAK STEPENICA	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:100 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.5.2.

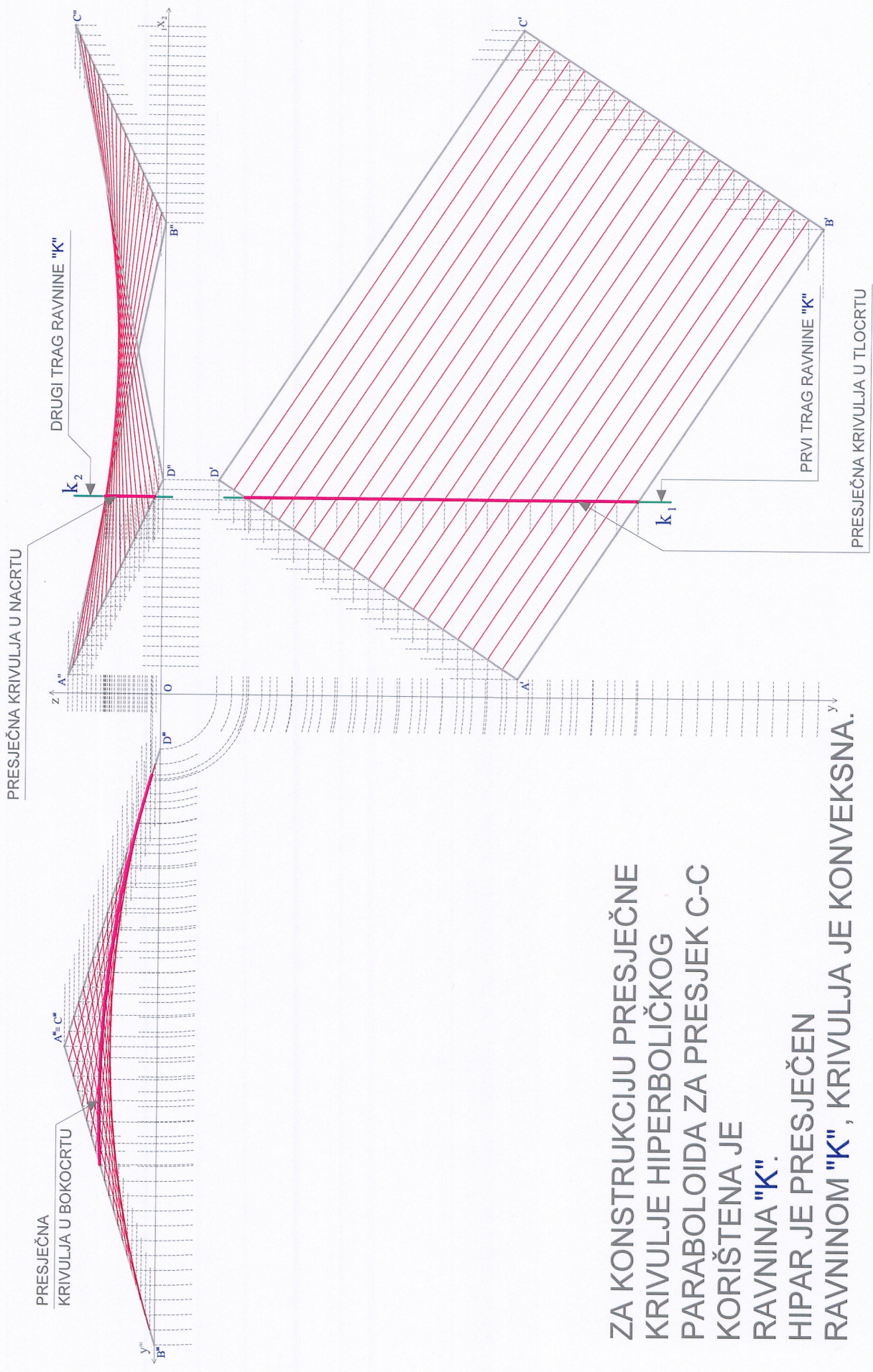


ZA KONSTRUKCIJU PRESJEČNE
 KRIVULJE HIPERBOLIČKOG
 PARABOLOIDA ZA PRESJEK B-B
 KORIŠTEN JE
 RAVNINA "M".
 HIPAR JE PRESJEČEN
 RAVNINOM "M", KRIVULJA JE KONVEKSNA.

GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK C-C

MJ. 1:200

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK C-C	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:200 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.6.8.



ZA KONSTRUKCIJU PRESJEČNE
 KRIVULJE HIPERBOLIČKOG
 PARABOLOIDA ZA PRESJEK C-C
 KORIŠTENA JE
 RAVNINA "K".
 HIPAR JE PRESJEČEN
 RAVNINOM "K", KRIVULJA JE KONVEKSNA.

GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK D-D

MJ. 1:200

TEMA STUDENTSKOG RADA: NATKRIVANJE GRAĐEVINA HIPERBOLIČKIM PARABOLOIDIMA	GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU 10 000 ZAGREB FRA ANDRIJE KAČIĆA MIOŠIĆA 26
TIP GRAĐEVINE: OBITELJSKA KUĆA	OZNAKA STUDENTSKOG RADA: 2006 - IBMD
SADRŽAJ GRAFIČKOG PRILOGA: GEOMETRIJSKA KONSTRUKCIJA PRESJEČNE KRIVULJE HIPERBOLIČKOG PARABOLOIDA ZA PRESJEK D-D	
AUTORI STUDENTSKOG RADA: Marko Davidović, student GF-a Igor Buhin, student GF-a	MJERILO: 1:200 AKADEMSKA GODINA: 2005./2006.
MENTORI: Dr.sc. Sonja Gorjanc, dipl. prof. mat. Dr.sc. Goran Poljanec, dipl. ing. arh.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 3.6.9.

ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~

STACK: