

**PRIMJENA REOTOMIČNIH POVRŠI PRI GENERISANJU IDEJNOG RJEŠENJA  
OBJEKTA ZA UČENJE – FABRIKA ZNANJA****APPLICATION OF RHEOTOMIC SURFACES IN GENERATING THE DESIGN OF  
EDUCATIONAL OBJECT – LEARNING FACTORY**Nataša Trupl, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ARHITEKTURA I URBANIZAM**

**Kratak sadržaj** – Ovo istraživanje se bazira na analizi i primjeni minimalnih i reotomičnih (prohodnih) površi, generisanih u vidu stepeništa, u idejnom rješenju objekta namjenjenom za edukaciju i poslovanje. Cilj istraživanja odnosi se na novi način opažanja i organizovanja prostora kao i na kontinuirano kretanje aplikacijom prohodne površi.

**Ključne reči:** Minimalna površ, prohodna površ, fabrika znanja, cirkulacija, fabrikacija.

**Abstract** – The research is based on the analysis and application of minimal and rheotomic surfaces, generated in the form of stairs, in the conceptual design of the building intended for education and business. The aim of the research refers to a new way of observing and organizing space, as well as to continuous movement with the application of a walkable surface..

**Keywords:** Minimal surface, rheotomic surface, learning factory, circulation, fabrication.

**1. UVOD**

Životna dob savremenog čovjeka je danas duža nego ranije i nezamisliva bez obrazovanja i konstantnog usavršavanja. Analizirajući životni ciklus prosječne osobe, većina prilika za obrazovanje i učenje povezana je sa školovanjem tokom djetinjstva i adolescencije. Kako se edukacija ne završava tu, uloga svakog daljeg neformalnog obrazovanja i stručnog usavršavanja jednako je bitna.

Prilika za obrazovanje izvan formalne faze doprinosi ne samo pojedincu nego i zajednici. Arhitektura može igrati presudnu ulogu u poboljšanju kvaliteta obrazovanja – uz prave parametre i principe u arhitekturi, efikasno okruženje za učenje može biti standardno i inspirativno [1].

Iako se prostori za učenje i dalje grade na standardizovan način, nudeći nekoliko prostora za određeni način učenja, potrebno je uzeti u obzir da svaki pojedinac uči na drugačiji način te arhitektura ovakvih prostora treba da odrazi individualnost.

**1.1. Predmet istraživanja**

U arhitekturi je sve više prisutno stvaranje fluidnih prostora koji omogućavaju kontinualno kretanje gdje veza između objekta i korisnika postaje suštinska. Prostori sa fluidnom formom omogućavaju korisniku postepeno otkrivanje sadržaja, formiranje prostora različitog karaktera i znatiželju kod korisnika za daljim kretanjem i napredovanjem – kao i ideja dugoročnog učenja i usavršavanja. Proces kreiranja fluidnih, prohodnih ravni predstavlja zamjenu za korišćene paralelne i ortogonalne ravni a koncept je razvijen od strane Danijela Pajkera (Daniel Piker) i obuhvata generisanje prohodnih međusobno povezanih površi na osnovu helikoide kao početne geometrije, nazvane Rheotomic surfaces (Rheo – od grčke riječi protok i Tomos – isječak).

Generisanje ovih površi omogućeno je analizom minimalnih površi kao početne geometrije i njihovim spajanjem i rotiranjem za dobijanje prohodno povezanih površi [2].

Predmet istraživanja ovog rada jeste proces kreiranja prohodne površi u objektu namjenjenom za usavršavanje i učenje osoba svih uzrasta - Fabrika znanja. Kako bi se objekat dizajnirao na što bolji način, potrebno je sagledati dostignuća u polju primjene fluidnih formi u objektima slične tipologije.

**2. PRISTUP TEMI**

Kroz primjere kao što su Merk inovacijski centar, Kulturni centar u Gvadalahari, Poslovna škola za kreativnu industriju - ukazuju se novi načine opažanja i organizovanja prostora kao i parametarsko modelovanje.

Nakon pregleda stanja u oblasti, prije nego što se uzme u obzir modelovanje i planiranje, rad se bavi analizom koja se odnosi na lokaciju i to u širem i užem kontekstu, zatim i na analizu komunikacija u objektu.

Mjesto na kome je predviđena izgradnja Fabrike znanja je Hajdelberg a bliža odrednica za lokaciju na kojem je predviđen projekat Fabrike znanja, nalazi u naselju Banštat.

Analizom i upotrebom različitih vrsta komunikacija, cirkulacije dobijene u prostoru, kreiraju se inovativni prostori prilagođeni različitim vidovima učenja.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Marko Jovanović.

### 3. PROCES MODELOVANJA

Kako različiti položaji zahtjevaju i različite ambijente, dio prostora treba da ponudi mirnu atmosferu, kao što je, na primjer, prostor predviđen za biblioteku, a dio za bučnu atmosferu kao što su prostori za grupni rad. Povezivanje mirnih i bučnih prostora na nestandardizovan način omogućava inovaciju u objektu gdje se u isto vrijeme ostvaruje jedinstvena veza između arhitektonske forme, funkcije objekta i samih korisnika, pri čemu svi ovi elementi igraju značajnu ulogu.

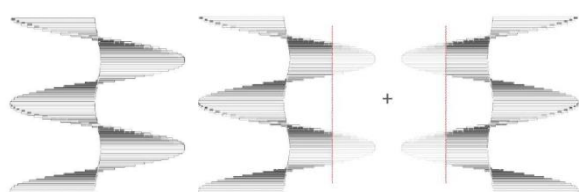
Filozofija dizajna zasniva se na istraživanju potencijalnih interaktivnih okruženja. Prvi dio objekta će biti okarakterisan aplikacijom prohodne površi u vidu stepeništa i dalje će se spominjati kao zona stepeništa koje se proteže od prizemlja do trećeg sprata i kreira jedan koherentni kontinuirani sistem i istovremeno dobija skulpturalni karakter. Na ovaj način korisnicima je kroz ovaj dio objekta, čija je atmosfera tiša i intimnija, pružen višestruki izbor putanje.

Drugi dio objekta će biti okarakterisan kreiranjem platformi i dalje će se spominjati kao zona platformi. Za razliku od zone stepeništa koje je bazirano u centralnom dijelu, centralno područje u zoni platformi je praznina, dok je glavna komunikacija omogućena rampama koje se postavljaju na obod zgrade i povezuju platforme sa različitim sadržajima/podešavanjima za učenje.

#### 3.1. Generisanje prohodne površi

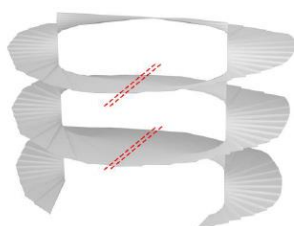
Za razliku od minimalnih površi, konkretno helikoida, koji sam po sebi ne zadovoljava koncept prohodnosti, njegovim presjecanjem i kopiranjem u ogledalu dobijena je površ koja se koristi kao početni koncept generisanja prohodnih rheotomic površi koje mogu spajati veći broj helikoida (u smjeru kazaljke na satu i suprotnom) u jednu kontinualnu površ [3].

Proces generisanja površi je započet koristeći helikoid kao bazu, sa jednom centralnom tačkom, u smjeru kazaljke na satu.. Zasijecanjem i kopiranjem segmenta oko xz – ose i njihovim spajanjem, dobija se prohodna površina (slika 1).



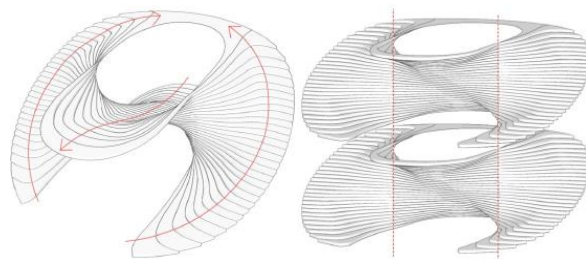
Slika 1 – baza I presjecanje helikoida

U ovoj fazi, spojnice koje se formiraju presjecanjem helikoida, pružaju potencijal za razvoj geometrije i povezanost samih površina. Spojnice obrazuju novi prostor i spajaju se sa tavanicama (slika 2).

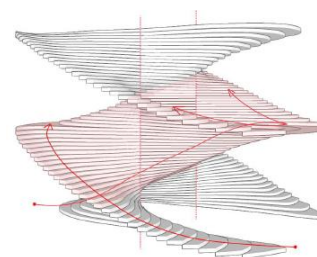


Slika 2 – Spojnice helikoida

Ukoliko se kopiranje ovih segmenata vrši po z osi, obrazuju se praznine između spojnica. Stoga se pored spoljašnjih stepenica iz iste tačke formiraju i unutrašnje stepenice, na mjestu spojnica, na taj način korisniku se nudi neobičajena putanja (slika 3). Finalna postavka stepeništa sa oznacnim putanjama i prazninom koja nastaje nakon kopiranja segmenata, prikazana je kroz sliku 4.



Slika 3 – Način putanje I ponavljanje segmenata



Slika 4 – Finalna postavka stepeništa

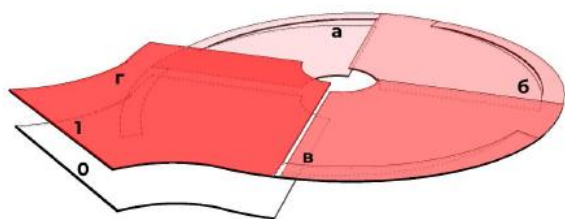
Pored standardnih ulaznih parametara kao što su veličina u pravcu x, y i z ili broja ponavljanja segmenata pri kreiranju forme stepeništa, parametri koji su uzeti za razvoj objekta jesu cirkulacija kroz zgradu i povezanost različitih programa. Opšta ideja za pronalaženje oblika stepeništa u enterijeru Fabrike znanja, u dijelu koji je opisan kao intimniji i pogodniji za samostalni rad, je generisanje polazne geometrije upotrebom osnovnih ulaznih parametara (radijus, visina, broj segmenata).

#### 3.2. Generisanje platformi

Generisanje platformi je postignuto primjenom narativnog pristupa projektovanju tj. bez primjene parametara. Dio objekta podijeljen je na četiri dijela – platforme (slika 5), tako da se dolaskom na četvrtu platformu dolazi na prvi sprat, čija je putanja u prvom dijelu objekta omogućena korišćenjem stepeništa. Platforme su povezane rampom, koja se nalazi na obodu objekta i spaja sa fasadom.

U ovom slučaju, za razliku od zone stepeništa čija je cirkulacija koncentrisana u samom centru, korišćenjem obodne rampe, glavna cirkulacija se odvija oko platformi, što omogućava da centar ovog dijela ostane slobodan i pogodan za okupljanja u prizemlju i za otvorene platforme u ostatku objekta.

Pored rampe, pristup platformama je omogućen i liftom. Glavni koncept za kreiranje ovakvog prostora je postizanje boljih vizura, slobodnog pristupa radu i učenju i podsticanju timskog rada.



Slika 5 – koncept generisanja platformi povezanih rampom

### 3.3. Fabrikacija stepeništa

Fabrikacija stepeništa zahtijeva nešto drugačiji pristup od platformi. Radijus stepeništa iznosi 18m i konstrukcija ovog arhitektonskog elementa zahtijeva poseban proračun. Kako je glavna konstrukcija u objektu betonska, izgradnja stepeništa je zamišljena od istog materijala, koji ujedno predstavlja i najekonomičniji izbor. Ispitivanje konstrukcije spiralnog stepeništa značajno je doprinijelo ovom istraživanju, s obzirom da sličan postupak može biti sproveden i na ovom elementu.

Kako je u pitanju složena geometrija, prefabrikovani elementi ne dolaze u obzir već je poželjno praviti dio po dio elementa, na licu mjesta. Ipak, najkompleksniji dio pri fabrikaciji ovog elementa predstavlja postavljanje oplata. Oplata mora biti izvedena jednako pažljivo kao i ostatak konstrukcije i dovoljno čvrsta i kruta da bi izdržala svjež beton i da bi se ostvario željeni oblik.

Metalna oplata (čelik i aluminijum), pogodna je za popunjavanje proizvoljnih oblika, mada se mane pripisuju relativno visokoj cijeni i složenosti u obradi. Drvena oplata je najlakša i najekonomičnija opcija jer se elementi prave brže i jednostavnije.

Ovakva strukturna potpora zahtijeva svoju privremenu potkonstrukciju, te bi nosači i podupirači za oplata trebali biti vrlo izdržljivi i pouzdani elementi sklopa. Sama oplata se konstruiše i postavlja iz nekoliko djelova. Dijelovi bi se mogli isjeći na laseru ili na glodalici.

Zbog primjene helikoida, moguće je primijeniti sličan ili blago modifikovan oblik horizontalne ploče oplata, kako bi se uštedilo na materijalu. Vertikalni dijelovi predstavljaju veći problem i samo izvođenje je komplikovanije.

U ovom slučaju dobro bi bilo koristiti savitljive dijelove, dovoljno snažne da mogu da podnesu pritisak izlivanja dijelova dio po dio a opet mogu da se ubace u unaprijed isječene žljebove na horizontalnim pločama oplata. Izvođenje oplata je svakako najskuplji dio fabrikacije. Složenost i trajanje posla u velikoj mjeri zavise od same veličine elementa.

Kako bi se oplata postavljala u dijelovima, kao i izlivanje betona, ovo bi moglo da utiče da se sam proces fabrikacije stepeništa oduži za razliku od fabrikacije ostalih elemenata u objektu. Nakon postavljanja oplata, uz proračun je potrebno odrediti količinu armature i betone koje se izliva u oplata.

### 3.4. Fabrikacija platformi

Dio objekta čiji centar ispunjava stepenište, sastoji se tri sprata, čija je visina 5,60m. Drugi dio objekta koji ispunjavaju platforme je drugačiji jer se svaka platforma uzdiže za 1,40m od druge. Četvrta platforma se završava na visini od 5,6 metara, čime se završava 'prvi' sprat. Zbog ovakvog rasporeda platformi, u objektu je

kombinovana betonsko-čelična konstrukcija. Pored rastera i upotrebe stubova u objektu, zadatak je bio riješiti problem spajanja platformi zbog same težine platforme i njihovih pozicija.

Upotrebom rebrastih holorib tabli lima, koje služe kao stalna oplata ploče koja se betonira, dolazi do značajnog smanjenja težine platforme u odnosu na pune ploče. Jedna od prednosti upotrebe ovakvih profila je i dobra otpornost na vatru.

Betonski napunjeni sistem čeličnih cevi (CFT) (60mm) ima mnoge prednosti u poređenju sa običnim sistemom od čelika ili armiranog betona.

Jedna od glavnih prednosti jeste interakcija između čelične cijevi i betona: pojava lokalnog izvijanja čelične cijevi umanjuje se stezanjem betona, a čvrstoća betona povećava se upotrebom čelične cijevi.

### 3.5. Rezultat

Rezultat zone stepeništa i zone platformi u ovom poglavlju prikazan je kroz rendere prikazanim na slikama 6, 7 i 8.



Slika 6 – Model stepeništa u enterijeru prikazan kroz render



Slika 7 – Prikaz stepeništa u enterijeru



Slika 8 – Prikaz platformi u enterijeru

#### 4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je kreiranje ustanove za edukaciju sa inovativnim metodama i novim sadržajem kako bi promovisao formalno i neformalno učenje na nov način i privukao i amatere i profesionalce. Planiranjem drugačije forme, analiziranjem proces učenja, stvara se prostor koji umnogome mijenja raspored i distribuciju ovakvih objekata koji se već dugo grade na isti način. Modularnost koju nude minimalne površi, u ovom slučaju helikoid, postaju prohodne i imaju veliku potencijal u arhitekturi i pomažu razbijanju krutih simetričnih površina tipičnih mogularnih jedinica. Analizom i aplikacijom prohodne površi, u objektu je kombinovana korisna i dinamična arhitektonska forma.

Osim toga što u prostoru ovakva geometrija ima skulpturalni karakter, može biti i karakterizovana kao generator nove vrste prostora, koji izbjegava uobičajene strukture i pruža alternativu paralelnim i ortogonalnim prostorima u arhitekturi, što je bila jedna od prvih ideja pri kreiranju ovakvog prostora.

Pored toga, primjenom digitalnog modelovanja može se zaključiti da je na ovaj način oklakšan cjelokupan proces modelovanja i rada sa kompleksnijom geometrijom. Pored ovakvih površi, kreiranjem platformi, omogućena je slična cirkulacija u objektu ali i kontrast tiho / bučno, te

korisnik može da izabere stranu koja je pogodna za svoj način rada ili učenja.

#### 5. LITERATURA

[1] B. Hackl , M. Pollmanns M, “ Was geschieht in der Schule? ”, Überlegungen zur Erforschung der verborgenen Dimensionen des Unterrichts. Wien: LIT-Verlag, 73–95.

[2]<https://spacesymmetrystructure.wordpress.com/rheotomic-surfaces/> pristupljeno 16.3.2020.

[3]<https://wewanttorearn.wordpress.com/2014/11/10/rheotomic-surfaces/> , pristupljeno 28.8.2020.

#### Kratka biografija:



**Nataša Trupl** rođena je u Brčkom 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Digitalne tehnike, dizajn i produkcija odbranila je 2020.god.  
kontakt: truplnatasa@gmail.com