



INTEGRISANI PRISTUP FABRIKOVARANJU PAVILJONSKIH STRUKTURA LINIJSKIM ELEMENTIMA

AN INTEGRATED APPROACH TO FABRICATING PAVILION STRUCTURES WITH LINEAR ELEMENTS

Katarina Pavlić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ARHITEKTURA I URBANIZAM

Kratak sadržaj – *Istraživanje se bazira na ispitivanju adekvatnog oblika strukture pomoći parametričkog modeliranja, načina izrade konstrukcije i implementacije strukture kako bi se omogućio oživljavanje prostora. Novi oblik gradevine uticaće na atraktivnost i lepotu starog prostora. Primenom određenih digitalnih alata, postići zakrivnjenu formu. Ispitati podelu linearnih štapova na trougaone elemente i podelu mnogouglovnim. Uporediti pristupe i naći adekvatan vid spojnica.*

Ključne reči: *Urbani džep, Aproximacija, Fabrikacija, Trougaona podela, Mnogougaona podela*

Abstract – *The research is based on the examination of the adequate shape of the structure by means of parametric modeling, the method of constructing the structure and the implementation of the structure in order to enable the revival of space. The new shape of the building will affect the attractiveness and beauty of the old space. By applying certain digital tools, achieve a curved shape. Examine the division of linear rods into triangular elements and the division of polygons. Compare approaches and find the right type of couplings.*

Keywords: *Urban pockets, Approximation, Fabrication, Triangular division, Polygon Split*

1. UVOD

Pitanje oživljavanja manjih urbanih celina uzrokovano ubrzanim rastom i razvojem gradova, postalo je veoma interesantno u 21. veku. Nagle socio-ekonomske promene u različitim delovima gradova su razlog povećanja problema koji se manifestuje u vidu zapuštenih urbanih prostora u celom svetu.

Ova pojava naziva se urbano propadanje. Uzroci propadanja su različiti, a mogu se podvesti pod su propadanje industrije i napuštanje objekata. Najučestaliji način rešavanja ovog problema je prenamera prostora. Pored toga moguće je izvršiti oživljavanje istog manjim urbanim intervencijama.

Pod malim urbanim intervencijama podrazumeva se najčešće uređenje gradskih prostora malih dimenzija, koje imaju veliku socijalnu vrednost, ekološku vrednost i/ili veliku frekventnost saobraćaja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Bojan Tepavčević, vanr. prof.

2. OBLAST ISTRAŽIVANJA

Urbana intervencija se izvodi u velikom broju slučajeva na urbanim džepovima, što se postiže uvođenjem rasvete, urbanog mobilijara i/ili prostornim instalacijama. Pod prostornim instalacijama se obično podrazumeva izgradnja određene strukture, u vidu paviljona ili nadstrešnice, pri čemu se uvode novi sadržaji i povećava funkcionalnost neadekvatno rešenih urbanih celina.

Paviljoni su decenijama služili za isprobavanje inovativnih tehnika izgradnje i dizajna, i kao takve mogu doprineti oživljavanju prostora.

Cilj rada je ispitivanje adekvatne forme paviljonske strukture putem parametarskog modelovanja, način fabrikacije strukture i implementacijom strukture omogućiti oživljavanje prostora. Novom formom strukture uticati na atraktivnost i lepotu starog prostora.

Ideja je napraviti prostornu instalaciju, koja bi smanjila prodor direktnе svetlosti na odabranoj lokaciji. Struktura treba da bude funkcionalna, samonosiva i da omogući pružanje zelenila po njoj, a svojom formom da ne naruši funkcionisanje saobraćaja.

3. PRISTUP TEMI

Uvidom u primere "The Beans" Park Milenium [1], paviljon ispred Valeriana centra [2], "Varde" in Vallero Square [3], paviljon ispred bolnice u Los Andelesu [4], "FaBRICKate Project" by ADAPt [5] i istraživačkih paviljona ICD + ITKE [6,7], zaključeno je da urbane intervencije mogu doprineti razvoju nekog dela grada, ali da njihova fabrikacija može biti komplikovana. Koriste se novi materijali, parametarsko modelovanje i nove mašine za izradu struktura.

Nakon toga je urađena analiza zelenila u Novom Sadu, kojom je uvrđeno da grad ima 5 % zelenih površina i visokog rastenja u odnosu na ukupnu količinu izgrađenosti. Na to je uticao proces širenja grada, gradskog jezgra ka obodu, rušenje kuća, spajanje parcela u cilju izgradnje stambenih betonskih blokova.

Potom je analizirana odabrana lokacija smeštena u blizini Srpskog Narodnog Pozorišta, u samom centru grada, gde pristaje veći broj autobuskih linija.

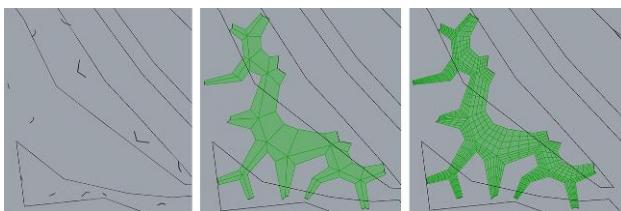
Veliki broj škola srednje stručne spreme se nalazi u okolini, stoga dosta daka posećuje ovo područje. U neposrednoj blizini okretnice se nalazi Hotel Centar i Uspenska crkva. Poseduje veliku frekventnost saobraćaja, veliku koncentraciju ljudi i buke. Lokacija je izložena padavinama i suncu. Prostor lokacije nema nadstrešnicu.

4. PROCES MODELOVANJA

Sa jasno definisanim pravcima saobraćaja, mapiranim natkrivenim i nenatkrivenim stajalištima za autobuse, kao i slobodnom površinom za kreiranje oslonaca, pristupilo se generisanju forme. Za generisanje forme odabранo je da se koristi proces dinamičke optimizacije poligonalne strukture. Takav proces podrazumeva generisanje inicijalnog oblika forme, a zatim iterativno poboljšavanje takve forme primenom određenih sila i krajnjeg kriterijuma. Primenom metode modelovanja lančanica analognim putem i njenom interpretacijom digitalnim alatima, na sva temena poligonalne forme mogu da se primene vertikalne sile, dok se ivicama dodeljuje kriterijum da očuvaju što više svoju inicijalnu dužinu. Ovako generisana forma ima takav prenos sila koji odgovara samonosivim formama.

Proces generisanja forme otpočet je, stoga, na sledeći način:

- određivanje oslonaca u vidu izlomljenih pravih linija (Slika 16 levo)
- iscrtavanje inicijalnog oblika forme primenom manjih četvorougaonih segmenata, koji se dodiruju po ivicama (Slika 16 sredina)
- dodatna podela takvih segmenata na manje četvorougaone segmente (Slika 16 desno) - veći broj podela doprinosi većoj aproksimaciji zakrivljenosti



Slika 1. Podela na manje segmente, usitnjavanje na kvadove, spojena čitava struktura

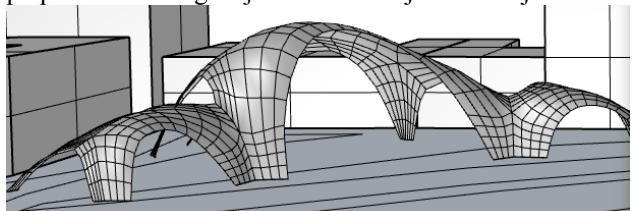
Krajni korak je da se svi kvadovi sintegrišu u jedan poligonalni model kako bi sile prilikom simulacije mogle da deluju na čitavu formu, a ne samo na segmete. Pored toga, delovi poligonalne strukture koji dodiruju izlomljene linije oslonaca su postavljene tako da su oslonci tj. da se njihova pozicija ne menja, kako bi dati proces optimizacije prikazao validan rezultat.

4.1 Generisanje forme

Generisanju oblika forme se pristupa na dva načina, pomoću SmartForma dodatka i upotrebom Kangarooa. Prilikom modelovanja vođeno je računa o visini lukova, kako bi struktura bila dovoljno visoka da saobraćaj neometano funkcioniše ali i da svojom formom nastreši prostor. U obzir su uzeta motorna vozila su visoka do 4,8m, kao što su kola hitne pomoći, vatrogasna kola i standardne visine autobusa. Takođe, za primenu oba pristupa bilo je potrebno definisati fiksne tačke ili linije tj. pronaći položaj oslonaca, kako bi se struktura dovela do trodimenzionalne forme.

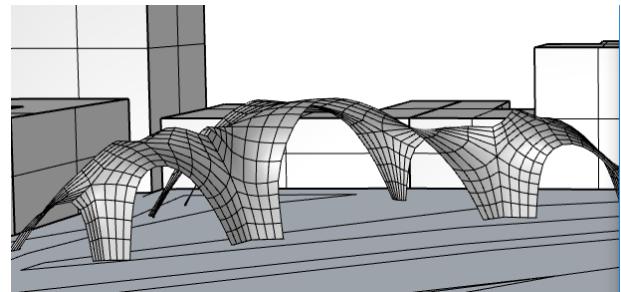
Prvom pristupom, modelovanje putem SmartForma, dodatka sa kojim se veoma brzo modeluje, analizira i optimizuje zekriviljana forma, dobijen je oblik kod koga se središnji deo znatno razlikuje od desnog i levog po ugлу zakrivljenosti i visini (Slika 2). Ovakav položaj lukova daje

stabilnost strukturi. Promenom parametara i samanjenjem centralnog dela strukture, preostali delovi postaju niski i u potpunosti onemogućuju funkcionisanje saobraćaja.



Slika 2. Generisanje forme putem SmartForma dodatka

Kangaroo pristupom se lakše utiče na generisanje visine lukova i na njihov međusobni odnos (Slika 3), jer ovaj pristup dozvoljava putem parametara utiče na to koje sile deluju i pod kojim uslovima stvaraju trodimenzionalnu formu. Uprkos tome, prvi pristup to radi na način da struktura bude stabilnija tj. samonosiva sto je vise moguce. Kangaroo formom su zadvoljeni svi kriterijumi namene strukture i prema tome su utvrđene dimenzije; krajevi strukture visoki do 5m, srednji deo 6m a sama sredina strukture je 6,5m visine.



Slika 3. Generisanje forme preko Kangarooa

Analizom osunčanosti, koja je primenjena na oba pristupa modelovanja forme, utvrđeno da Kangaroo dodatkom se dobija forma koja pravi veći zaklon od Sunca na što ukazuje povećan broj zelene boje oko središnjeg dela strukture.

4.2 Aproksimacija forme strukture

Primjenjena su dva pristupa:

- Podela na jednakostrane trouglove
- Podela na mnogouglove

Kako je jedna od namena strukture podkonstrukcija zelenilu, potrebno je nastalu zakrivljenu površ razložiti na manje linijske segmente. Nastaje problem velike udaljenosti između linija, stoga je neophodno aproksimirati formu i optimizovati površ.

4.2.1 Trougaona podela

Za proces nastanka trougaone podele pribegava se upotrebi Kangaroo dodatka i jednog od naprednih digitalnih alata u njemu - MeshMachine¹. Dati dodatak funkcioniše na način da se odabere određena geometrija koje želi da se aproksimira trouglovima, uz odabir fiksnih delova geometrije poput temena, ivica ili dodatnih tačaka i krivih na površi. Najbitniji parametar je onaj kojim se menja okvirna veličina ivica trouglova odnosno, dužina budućih štapova. Uslov za dužinu štapa je material od koga se fabrikuje struktura kao i veličina trougaonih

¹ MeshMachine – dodatak za Grasshopper kojim se forma deli na trouglove

otvora koji nastaju primenom štapova takve dužine. Mala dužina štapova uslovila bi veliki broj trouglova, čineći fabrikaciju strukture vremenski zahtevnom i ekonomski neisplativom, iako bi zakriviljenost bila na visokom nivou. Nasuprot tome, povećavanje dužine stranica trouglova činilo bi veće raspone među njima koju vegetacija ne može da premosti. Zbog toga je, primenjena dužina od 170cm što formira dužinu stranice trougla od oko 2m. Planirana fabrikacija strukture je od lameniranog drveta, stoga ove dimenzije štapova mogu biti i duže od 2m ali zbog potrebe vegetacije nisu povećane. Na *slici 4* je prikazana trougaona aproksimacija forme.



Slika 4. Postignuta forma algoritmom podele na trouglove

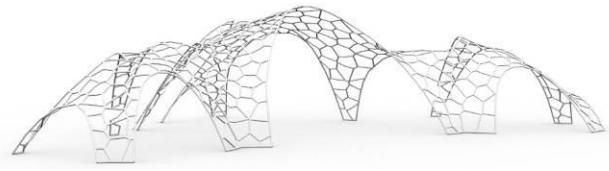
Međutim, glavni problem ovog principa podele je što se stranice trouglova integrišu u jednu tačku pod razliitim uglovima. Broj stranica u jednoj tački nije konstantan, kao ni ugao pod kojim se sutiču, što dovodi do komplikovanijeg modelovanja spojnica za ovakav tip konstrukcije.

4.2.2 Mnogougaona podeла

Za drugi pristup podele se takođe koriste napredni alati iz Kangaroo dodatka. Uzimajući da ovaj dodatak omogućava uvođenje ograničenja i sila u geometrijskim elementima forme na razne načine, pristup za dobijanje podele na mnogouglove je osmišljen imajući u vidu sledeće stvari. Prvo, podeła na nepravilne mnogouglove može da uzrokuje jako oštре ili jako tuge uglove između ivica (uglovi manji od 30 i veći od 150 stepeni), što može biti otežavajući faktor za spajanje štapova u datom temenu. Dalje, postojanje jako malih ivica može da napravi problem da ni ne može da se umetne drveni linijski element između spojnica. Na kraju, otvor koji proizvode nepravilni mnogouglovi može biti tako velik da zelenilo ne može da prenosti dato rastojanje, a pritom omogućava prodor sunca, čineći celu strukturu neadekvatnom za namenu koja joj je određena - nadstrešivanje prostora i potkonstrukcija za zelenilo.

Kako bi se uopšte započeo proces aproksimacije na mnogouglove, potrebno je dobiti neku inicijalnu podelu na mnogouglove. Najlakši način za postizanje tako nečj je generisanje određenog broja tačaka na poligonalnoj strukturi i zatim generisanje Voronoi ćelija po njima. Bilo kakva početna podeła na mnogouglove je potrebna, kako bi postojao inicijalni skup geometrije koji treba da se optimizuje prateći sledeće uslove:

- dužina ivica mnogouglova u određenom opsegu veličina (dakle oko 170cm),
- uglovi između elemenata da budu od 60 do 120 stepeni,
- veličina otvora da ne bude veća od kruga površina $0,5\text{m}^2$ (što odgovara upisanom krugu u trougao ivice 170cm).



Slika 5. Postignuta forma algoritmom podele na mnogouglove

Struktura je sada izdeljena na mnogouglove sa četiri, pet ili šest stranica koje se integriraju u jednu tačku. Ta tačka je mesto spojnica, čije modelovanje je mnogo jednostavnije nego kod trougaone podele. Struktura nije planarna kao što bi bila u prvom slučaju sa trougaonom podeлом, ali se aproksimacija radi linijskim, a ne pločastim materijalima pa taj uslov nije posebno bitan.

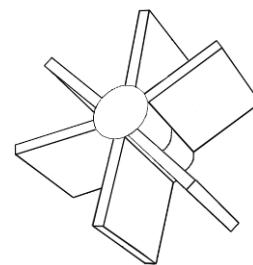
4.3 Generisanje spojnica

Stranice mnogouglova su štapovi koji se sučeljavaju u jednoj tački tj. spojnici. Zbog analiziranja dva načina podele strukture na linijske segmente, razmatrana su i dva pristupa modelovanja spojnica:

- Forma cilindra sa ležištima
- Forma zarubljene piramide

4.3.1. Generisanje spojnica cilindrom

Forma spojnica cilindra se koristi u sličnim situacijama i stoga je poslužila kao dobar polazna osnova. Glavni koncept primene spojnica u vidu cilindra sa flahovima je da se na mestima sučeljavanja štapova uvede cilindar na koji se zavaruju ravanski flahovi na koji se kasnije kače štapovi. Osa cilindra ima pravac rezultante vektora normale ćelija koje dele tu tačku, dok flahovi leže u ravni koja je određena osom cilindra i pravcem pružanja pojedinačnog štapa. Na taj način, flahovi se vare na cilindar duž izvodnica cilindra. Dodatno, na ravanskim flahovima (slika 6) može da se izbuši red rupa, kolinearno postavljenih kružnih otvora, koji prate nagib štapova u odnosu na pravac izvodnice.



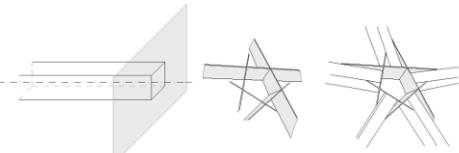
Slika 6. Detalj spojnica cilindra

Problem koji se javlja prilikom primene na datu formu je što su ose dva cilindra koje spaja jedan štap mimoilazne, zbog promenljive zakriviljenosti forme. Ako bi se štapovi spojili kao na primeru sa Slike 25 levo, morali bi da se vitopere, jer ravan flaha na jednoj strani ne odgovara ravni flaha na drugoj strani. Kako bi se zaobišao taj problem, ili bi štapovi morali da budu sećeni pod nekim uglom u odnosu na svoj poprečni presek ili bi flahovi morali da se vare na cilindar po elipsastom preseku, što dosta otežava ceo proces izrade, koji treba da bude pojednostavljen što je više moguće - da se koriste

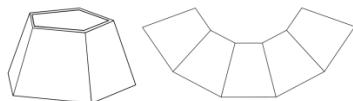
ravanski elementi, jednostavno zavarivanje i lasersko sečenje.

4.3.2. Generisanje spojnica pravim

Uzimajući da nije moguće usaglasiti ravni duž štapova sa osama cilindara, drugi pristup podrazumeva malu izmenu odabira pozicija i orijentacije ravnih, gde se pažnja usmerava na ravni koje su upravne na pravac pružanja štapova, i na određenom rastojanju od mesta suticanja. To znači da ako se u te ravni umetne ravanska površ, međusobni preseci takvih površi koje su blizu jednog mesta suticanja bi generisale takav skup površi koji može da se razmota. Dodatnim uprošćavanjem ovakvog koncepta, takav skup površi, može da se pojednostavi omotačem zarubljene piramide (Slika 7), čiji broj strana zavisi od broja štapova u datom temenu strukture.

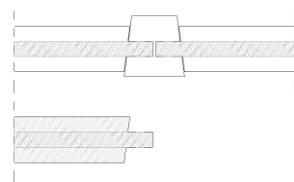


Slika 7. Proces nastanka spojnice



Slika 8. Oblik spojnice

Unutar zarubljene piramide se sa svake strane buše otvor, kako bi štap mogao da ulegne, bez obzira na orijentaciju poprečnog preseka u odnosu na osu pružanja štapa (Slika 9).



Slika 9. Detalj spojnice

Primenom ovog tipa spojnica svaki štap može da ulegne u spojnicu u zavisnosti od ugla koji obrazuje, jer je strana spojnice uvek upravna na štap. Prema tome zarubljena piramida kao spojница u potpunosti odgovara ovom tipu strukture. Čitav proces izrade spojnice može ravanski da se fabrikuje. Piramida se razmota. Pre zavarivanja se iseče na svakoj stranici otvor u koji će kasnije da ulegne drveni štap. Potom se savija u oblik zarubljene piramide. Varenjem se dobija gotova spojница. Ovaj proces je jednostavniji od dobijanja cilindra sa ležištima, što čini fabrikaciju jednostavnijom.

5. ZAKLJUČAK

Cilj rada je bio da se struktura postavi na određenu lokaciju i da se njome oživi prostor, svojom formom pospeši atraktivnost mesta i da novi značaj lokacije. Prostor koji je sada samo betonska površina, veoma urbana i korištena od strane građana, postaje zeleni prostor. Time se utiče na povećavanje zelenih površina u gradu i na uređenje urbanih delova grada. Struktura omogućava smanjenje sunčevog zračenja, tj. izloženosti suncu. Prolaznicima ili putnicima koji čekaju autobuse omogućava hladovinu, daje zanimljive senke i pruža nove

zanimljive vizure koje se razlikuju od doba godine. Svojom formom skreće pažnju sa okolnih objekata i njihovih dotajalih fasada.

Pored toga, izučavanjem i primenom digitalnih alata može se zaključiti da digitalni dizajn u znatnoj meri olaksava i poboljšava celokupan proces modelovanja i fabrikovanja formi u arhitekturi. Parametarsko modelovanje je omogućilo kreiranje optimizovanog i fleksibilnog dizajna forme. Grasshopper dodaci u modelovanju omogućavaju kreiranje složenih formi na veoma brz i efikasan način. Ono na šta treba obratiti pažnju prilikom kreiranja strukture jeste zelenilo koje se planira postaviti na konstrukciju. Puzavica neće moći samo da se proširi između ćelija savladavajući rasponveće od 2m. Kod trougaone podele, jedan trougao se može izdeliti na nekoliko manjih trouglova kako bi mreža bila funkcionalnija. Ovo rešenje nije idealno jer uvođenje novih pregrada dovodi do ostvarivanja dodatnih veza između njih. U ovom slučaju bi se štapovi ispunе direkno vezali za glavne trouglove.

Proces fabrikacije bi trajao mnogo duže. Bilo bi potrebno još materijala što utiče na cenu i ekonomsku isplativost strukture.

Druga forma nastala podelom mnogouglovima, je prihvatljivija vajanta. Prilikom postavljanja dodatnih pregrada, velike drvene ćelije bi se izdelile trakastim savitljiviljivim pregradama koje bi formirale nove male ćelije preko kojih puzavica može da se prostire. Veza savitljivih delova sa drvenim štapovima se jako lako ostavljuje. Ovakav tip fabrikacije bi doneo dodatne troškove koji su zanemarljivo mali u odnosu na prethodni primer.

6. LITERATURA

- [1] (https://en.wikipedia.org/wiki/Millennium_Park)
- [2] (<https://www.archdaily.com/918398/pillars-of-dreams-pavilion-marc-forne-theverymany>)
- [3] (<https://aasarchitecture.com/2015/11/warde-in-vallero-square-jerusalem-by-hq-architects.html>)
- [4] (<https://www.pintower.com/media/285345326375942250>)
- [5] (<https://www.archdaily.mx/mx/796119/jovenes-arquitectos-disenan-y-construyen-la-primer-a-estructura-de-ladrillo-de-forma-libre-de-iran>)
- [6] (<https://icd.uni-stuttgart.de/?p=8807>)
- [7] (<https://icd.uni-stuttgart.de/?p=22271>)

Kratka biografija:



Katarina Pavlić rođena je u Doboju 1995. god. Osnove studije arhitekture na Fakultetu tehničkih nauka je upisala 2014. godine, a završila 2018. odbranivši rad na temu „Wave coffee table“ na matičnom fakultetu. Iste godine upisuje master smer na Fakultetu tehničkih nauka – Digitalne tehnike, dizajn i produkcija u arhitekturi i urbanizmu.

kontakt: pavlickatarina20@gmail.com