

BIOMIMETIČKI DIZAJN NEBODERA NA NOVOM NASELJU**BIOMIMETIC DESIGN OF A SKYSCRAPER AT NOVO NASELJE**Snežana Vujisić, Bojan Tepavčević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – DIGITALNE TEHNIKE, DIZAJN I PRODUKCIJA U ARHITEKTURI I URBANIZMU**

Kratak sadržaj – Tema ovog rada bavi se projektovanjem nebodera savremenim metodama parametarskog modelovanja po principima biomimetičkog dizajna.

Ključne reči: Biomimetika, forma, fasada, neboder

Abstract – The topic of this thesis deals with the skyscraper design by a modern methods of parametric modeling according to the principles of biomimetic design.

Keywords: Biomimetic, form, facade, skyscraper

1. UVOD

Dinamičan razvoj i veliki porast stanovništva u gradovima dovodi do povećanja gradnje u visinu. Prilagođavanje naselja potrebama ljudi uzrokuje redukovanje površina parcela koje je potrebno efikasno iskoristiti. Sa definisanim urbanističkim uslovima, proces projektovanja nebodera bazira se na biomimetičkim principima. Primenom biomimetike omogućen je pristup kreiranja forme i fasade nebodera na osnovu bioloških struktura čiji je osnovni cilj efikasnost, funkcionalnost i optimizacija. Kako su principi održivosti odlika prirodnih sistema, metodama biomimetike omogućeno je formiranje naprednijih projektantskih rešenja koja poboljšavaju performanse objekta.

1.1 Razvoj nebodera

Porastom svetske populacije a samim tim i gustine naseljenosti u gradu površina parcele dobija na većem značaju, kako na ekonomskom tako i na urbanističkom nivou. Sve veća migracija stanovništva iz sela u grad rezultuje i većom potražnjom mesta za život i rad gde prizemni objekti ne mogu da ispune potrebe savremenog čoveka.

Razvoj nebodera se pojavljuje kao rezultat nekoliko društvenih i tehnoloških razvoja. Prvi neboderi izgrađeni su u Njujorku i Čikagu u arhitektonskom stilu poznatim pod nazivom Čikaška škola. Ovaj arhitektonski pravac kreiran je krajem 19. veka zbog pravilne segregacije parcela u Čikagu u cilju najvažnijeg iskorišćavanja površine grada. Na taj način se direktno uticalo na oblik blokova i gradnji u visinu koja je glavna karakteristika grada. U tom periodu zastupljen je masivni sistem gradnje sa širokim zidovima u osnovi, što je direktno uticalo na osvetljenost prostorija, jer su otvori bili uski i duboki.

NAPOMENA:

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

Bez prozračnosti i bez sistema za ventilaciju, unutrašnje radno okruženje visokih zgrada bilo je neugodno. Da bi se prevazišli neprijatni uslovi boravka u takvim prostorijama, pojavljuje se prelaz na skeletni konstrukcijski sistem izrađen od gvožđa. Tranzicija sa masivnog na skeletni sistem, čime se obezbeđuje čvršća i stabilnija konstrukcija višespratnica koje do tada nisu bile dostupne, smatra se pečatom čikaške škole.

1.2 Definisane visokih objekata

Prema istraživanjima CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) [1] sa sedištem u Čikagu postavljene su tri kategorije na osnovu kojih se definišu objekti kao visoki:

1. Visina u odnosu na kontekst - Zgrada od 10 spratova u centralnom području grada čija je izgrađenost gušća (zgrade od 20 spratova) se ne može smatrati posebno visokom. Definišaće se kao visoka zgrada ukoliko se postavi u prigradsko područje.
2. Proporcija - Odnos dimenzija širina-visina utiče na oblik i volumen objekta. Zgrada sa približno ujednačenim odnosom formiraće zdepasti oblik koji se zbog drugačije percepcije ne može smatrati visokim objektom.
3. Tehnologija unutar objekta - U zavisnosti od broja spratova i ukupne visine zgrade, opremanje tehnologijom poput brzih liftova je preko potrebno kako bi se visoki objekti smatrali funkcionalnim.

2. BIOMIMETIKA

U domenu arhitekture mnoga istraživanja dokazuju da su prirodne strukture odnosno biološki sistemi najefikasniji u pogledu primene materijala, lakoće, stabilnosti i krutosti. Sa konceptom koji se zasniva na principu maksimalne upotrebljivosti uz minimum potrošnje materijala i energije, priroda se može smatrati neiscrpnim izvorom razolikih rešenja koje je potrebno najpre istražiti, a potom implementirati u procesu kreiranja.

Iako čovek od davnina kopira prirodu, interesantno je da termin biomimetika nastaje tek sredinom 20. veka, a definisan je kao biološka nauka koja se bavi proučavanjem zakona u osnovi molekularnih struktura koje postoje u prirodi i na taj način rešava tehnološke probleme.

2.1 Principi biomimetike i njen pristup

Principi biomimetike zasnovani su isključivo na atributima prirode, implicirajući ljudima da se ugledaju na već usavršen i funkcionalan sistem. Ovakav pristup zahteva korišćenje onoliko energije koliko je potrebno, forma koja prati funkciju i uklapanje u lokalnu sredinu.

Kako bi se proces stvaranja uz pomoć prirode bolje iskoristio i organizovao, određena su dva pristupa dizajniranja. Prvi predstavlja identifikovanje određene karakteristike, ponašanja ili funkcije u živom organizmu ili ekosistemu i njihovo izvođenje u dizajn - biološki potisak, a drugi definisanje projektantskih/dizajnerskih problema i traženje organizama ili ekosistema koji rešavaju takav ili sličan problem - povlačenje tehnologije.

Pored navedena dva pristupa u rešavanju dizajnerskih problema postoje tri nivoa biomimetike koji se mogu primeniti:

1. Nivo organizma - oponašanje jednog određenog dela organizma;
2. Nivo oponašanja organizma - oponašanje jednog određenog organizma i odnosa prema kontekstu;
3. Nivo ekosistema - oponašanje celog ekosistema i konteksta u kom se nalazi;

Kroz svaki nivo potrebno je utvrditi u kojoj meri se dizajn može nazvati biomimetičkim, da li je imitacija prirode u formi oblika, materijala, konstrukcije, procesa i/ili funkcije.

2.2 Primeri biomimetike u arhitekturi

Koncept održivosti u arhitekturi se kroz oblik, strukturu i energetske zahteve može unaprediti proučavanjem i oponašanjem prirodnih procesa kako bi se stvorila efikasnija budućnost i rešili problemi dizajna. Za adekvatno rešenje potrebno je izučiti koliko je neki proces specifičan i složen, a zatim i prilagođen uslovima i okruženju u kom se nalazi. Na taj način se dobijaju osnovne informacije koje uz pomoć tehnologije možemo integrisati u dizajn i prilagoditi zadatoj lokaciji.

Poznati biolog Dženin Benijus (Janine Benyus) vidi arhitekturu kao oblast čija je uloga da stvori okruženje koje će se logički prilagoditi ljudskim potrebama primenom koncepta održivog dizajna. Stoga se mnoge arhitektonske prakse interesuju za pasivni dizajn i zelenu gradnju, odnosno principe smanjenja utroška energije, materijala, vode i zagađenja vazduha.

Jedan od najvećih primera biomimikrije ovakvog principa gradnje predstavlja Eastgate Centar u Harareu, Zimbabve, dizajniran 1996. godine od strane arhitekta Mik Pirsu (Mick Pearce) u saradnji sa inženjerima Arupa. Objekat je osmišljen da ima sistem prirodne ventilacije tokom cele godine koristeći metodu dizajna inspirisane gradnjom humki afričkih termita. Ovi insekti grade gnezda sa složenim sistemom tunela i otvora kako bi olakšali unutrašnji pasivni protok vazduha za održavanje stalne temperature uprkos drastičnim promenama spoljnih uslova. Na ovaj način kompleks reguliše unutrašnju temperaturu i time umanjuje 10% korišćenja energije formirajući zdravije okruženje, ali i veliku uštedu.

30 St. Mary Axe ili objekat poznatiji pod nazivom Gerkin (The Gherkin) u Londonu, takođe se smatra biomimetičkim dizajnom. Ovaj komercijalni neboder iz 2003. godine dizajniran od strane poznatog arhitekta Normana Fostera (Norman Robert Foster) i Arup grupe, zasnovan je na strukturi jedne vrste pacifičkog morskog sundera pod nazivom - Venusin cvet. Oponašajući oblik sundera, objekat je dizajniran da ima prirodnu ventilaciju radi održivosti i time spada u nivo organizma. Sa takvom formom smanjen je uticaj vetra na fasadu kao i pritisak u ventilacionom sistemu.

Kao jedinstven primer koji spada u nivo ekosistema, odnosno nivo koji je najkomplikovanije implementirati u veštački sistem predstavlja urbanistički projekat Lavasa (Lavasa Township) na brdu u Indiji. Ovaj biomimetički dizajniran grad na planinskom vencu Zapadni Gati (Western Ghats) površine 12.000 hektara izgradile su kompanija HCC (HCC Group) i arhitektonska firma HOK (Hellmuth, Obata + Kassabaum). Osnovni koncept plana zasnovan je na principima novog urbanizma u kom je konfigurisana raspodela korišćenja zemljišta na način da koncepti „šetnjom na posao“, „šetnjom u školu“ i „šetnjom u park“ postanu realnost [2]. Iako je izgradnja zaustavljena 2011. godine zbog ipak negativnog uticaja razvoja na životnu sredinu, kroz dosadašnje faze se može dosta naučiti i shvatiti način funkcionisanja biomimetike u stvarnom, a zatim u arhitektonskom i urbanističkom svetu.

3. IDEJNO REŠENJE NEBODERA NA NOVOM NASELJU

Projekat nebodera koji je tema ovog rada pozicioniran je u Novom Sadu u oblasti u kojoj su planirani vertikalni visinski akcenti. U skladu sa budućim urbanističkim planovima grada na Novom naselju koji obuhvataju izgradnju 6 blokova, upravo je odabran jedan od tih blokova za izgradnju nebodera. Kako je područje naselja na kom se nalazi potencijalna parcela takva da ima široke saobraćajnice i izgrađenost objektima srednje spratnosti (P+6), projektovanje prostorno akcentovanog objekta više spratnosti je svakako potrebno.

Cilj projektovanja nebodera poslovne namene jeste ispunjavanje zadatah urbanističkih zahteva na digitalan način sa oblikovanjem objekta savremenim metodama. Struktura, fasada i celokupni dizajn sa biomimetičkim pristupom teži održivim sistemima, smanjenju utroška energije i upotrebi solarnih panela. Sa parametarskim modelovanjem parcele, forme i fasade paralelno se prate urbanistički podaci poput visine, bruto razvijene građevinske površine, indeksa izgrađenosti i indeksa zauzetosti kako bi ostali u okviru granica.

3.1 Lokacija

Izgradnja nebodera određena je u Novom Sadu u gradskoj četvrti Novo naselje zapadno od centra grada. Severnu granicu Novog naselja čini Bulevar vojvode Stepe, zapadnu ulica Somborska rampa, južnu Futoški put, a istočnu granicu čini Bulevar Evrope (Subotički bulevar). Pozicija odabrane parcele nalazi se na uglu Bulevara Evrope i Bulevara vojvode Stepe.

4. BIOMIMETIČKI PRISTUP NEBODERA

Kako je u projektnom zadatku navedeno da je cilj dizajniranje nebodera koji će da predstavlja održivi sistem sa smanjenjem utroškom energije i upotrebom solarnih panela najpre je potrebno istražiti i odrediti pristup i nivo biomimetike koji pripada zadatom projektu.

4.1 List biljke - krovni nagib

U cilju iskorišćavanja krovne ravni, kao površine koja je na najvišoj tački izloženosti suncu, potrebno je pronaći sistem u prirodi koji je formiran na način da upije što više sunčeve energije i iskoristi je za sopstvene potrebe. Kako u prirodnom okruženju postoje raznolike vrste biljaka

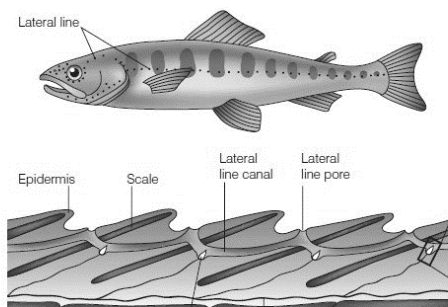
koje opstaju uz sunčevu energiju, neophodnu za proces fotosinteze, istraživanje je fokusirano na njihov element koji je upravo zadužen za tu funkciju - list. Ono na šta je fokus mimike lista biljke jeste njen proces (nivo organizma) i prilagođavanje uslovima u kojima se nalazi. Ovaj princip se preuzima u cilju adaptacije nagiba krovne ravni nebodera u svojim klimatskim uslovima, kako bi solarni paneli u potpunosti iskoristili energiju sunca tokom cele godine.

4.2 Ljuske ribe - fasada

Definisanje forme nebodera kao zakrivljene i način njegovog konstruisanja predstavlja osnovu za proces istraživanja određenih oblika ljuski ribe. Problem strukture zakrivljenih formi koje imaju za cilj otvorene prostore bez stubova teško je savladati skeletnim sistemima, pa se u praksi pokazalo da takav problem rešavaju sistemi dijagonalnih struktura. Sa predodređenom strukturom istraživanje se odvija po pristupu povlačenja tehnologije, odnosno otkrivanju oblika ljuski ribe i njene strukture koja odgovara datom sistemu.

4.2.1 Struktura i oblik

Ljuske pokrivaju većinu kože ribe i tako predstavljaju ključni oblik zaštite od spoljašnjih uticaja, ali i pomoć pri smanjenju otpora tokom plivanja. Najviše proučavane ljuske riba mogu se svrstati u četiri vrste: plakoidne, ganoidne, cikloidne i elasmoidne.



Slika 1. Prikaz strukture ribe i veze ljuske sa kožom [3]

Kako ribe imaju specifičnu građu kože koja se razlikuje od kopnenih kičmenjaka sa ljuskama, struktura im je čvrsto povezana sa podlogom zbog nedostatka potkožnog tkiva. Utisnute u kožu i poslagane poput crepova na krovu, ljuske čine egzoskelet koji se takođe menja kako vremenom riba raste. Klasifikaciju koliko je riba stara označavaju koncentrično poredani prstenovi unutar ljuske koji su širi što je rast ribe intenzivniji, a uži ukoliko rast stagnira [4].

Ono po čemu se razlikuju ribe sa ganoidnim oblikom ljuski jesu posebne zglobove veze koje grade čvrst i nefleksibilan dizajn optimizovan za zaštitu tela. Na taj način ganoidne ljuske su trajnog karaktera, odnosno fiksirane, i nikada se ne menjaju.

4.2.2 Otpor pri kretanju

Avioni, podmornice i automobili su izrađeni od glatkih materijala kako bi imali manji otpor, ali 25.000 vrsta riba je prilagodilo ljusku koja smanjuje otpor pri kretanju [5]. Iako se oblik i veličine razlikuju od vrste do vrste, dok riba pliva, stvaraju se naizmenične trake “niskog toka”

kod vrhova ljuski i “visokog toka” kod udubljenja. Na taj način ljuske zadržavaju mali otpor sa ravnomernim i laminiranim tokom.

5. PROCES GENERISANJA NEBODERA

Generativni dizajn odnosno definisanje geometrije, fasade i celokupnog sistema objekta razvija se uz pomoć softvera poput Rhinoceros i Grasshopper 3D. Ovi računarski alati omogućavaju modelovanje u digitalnom okruženju koji sledi parametarski pristup za generisanje različitih opcija dizajna, kako bi se postiglo optimalno rešenje. Sa takvim pristupom je u daljem delu rada prikazan proces generisanja forme i fasade nebodera sa unapred zadatim parametrima na osnovu urbanističkih uslova i uslova dobijenih istraživanjem određenih sistema iz prirode. Dobijeni parametri se koriste kao inputi (izraz za ulaznu informaciju) koji se pomoću dodatka Octopus unutar Grasshopper 3D dodatka upotrebljavaju u cilju multiobjektivne optimizacije.

5.1 Definisanje forme nebodera

Definisanje forme nebodera generiše se na osnovu dva seta uslova:

1. uslov - indeks zauzetosti, indeks izgrađenosti, bruto razvijena građevinska površina, spratnost i spratna visina;
2. uslov - analiza osunčanosti leto/zima, mimika nagiba lista u cilju dobijanja veće solarne energije na krovnoj ravni;

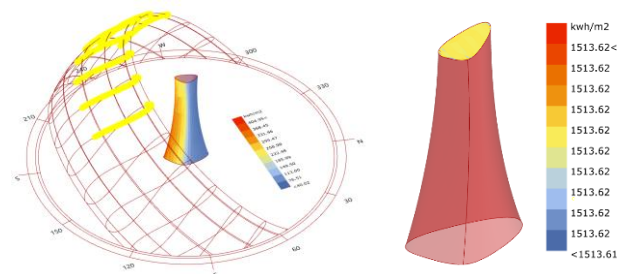
Definisanje fasade nebodera generiše se na osnovu jednog uslova:

1. uslov - mimika strukture egzoskeleta/ljuski ribe u cilju definisanja fasadnog omotača;

5.1.1 Optimizacija

Sa prethodno navedenim uslovima definisani putem parametara pokrenuta je optimizacija preko Octopus dodatka. Definisani cilj je izdvajanje forme koja je u granicama urbanističkih uslova sa prioritonom da bruto građevinska površina teži maksimumu, pritom da se kroz simulaciju osunčanosti leti smanji zračenje zbog pregrevanja, a zimi poveća.

Kako bi se površ na vrhu objekta adaptirala klimatskim uslovima, što je u ovom slučaju potražnja ugla koji će omogućiti veći uticaj sunčevih zraka, izvedena je još jedna analiza osunčanosti samo za krovnu ravan.



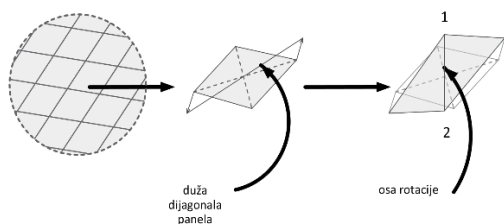
Slika 2. Generisana forma objekta sa vrednostima jačine osunčanosti (levo) i krovne ravni pod uglom $\alpha = 34^\circ$ (desno)

Na osnovu analize osunčanosti pri rotaciji površi krovne ravni, dobijena je vrednost ugla α od 34° kao nagiba pri kom je uticaj sunčevih zraka najveći. Dobijenim numeričkim vrednostima potvrđen je porast solarne

energije za 12,3%, pa je ugao od 34° uvršten kao deo konačne forme. Upotrebom solarnih panela na krovnoj ravni nebodera prosečna potrošnja energije na godišnjem nivou može biti umanjena za 18,6%.

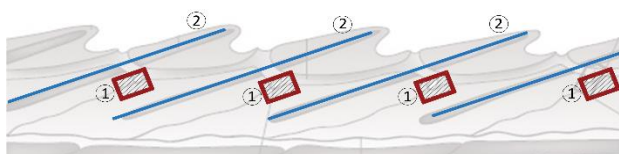
5.2 Definisane fasade nebodera

Na formiran omotač objekta kreira se ujedno noseća struktura i fasadna konstrukcija po ugledu na strukturu riba sa ganoidnim ljuskama. S obzirom da je na osnovu istraživanja definisan oblik romboida kao odgovarajući, fasadna površ izdvojena je krivama u dva dijagonalna pravca. Kako se svaki panel sastoji iz četiri temena, spojena su temena 1. i 2 čime je konstruisana linija kao zamišljena vertikalna osa rotacije.



Slika 3. Pristup rotacije romboidnih panela

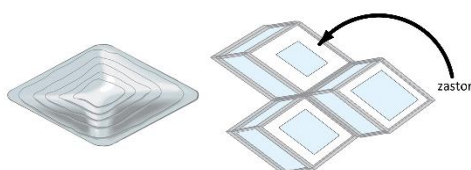
Kako je već navedeno da je specifičnost riba sa ganoidnim ljuskama takva da je omotač čvrst i fiksiran, po sličnom principu je definisana i struktura fasade nebodera. Na prikazu se može uočiti paralela na osnovu koje je postavljena glavna noseća konstrukcija i romboidni paneli u kosim redovima. Mesto sa označenim brojem 1. predstavlja strukturu u vidu rešetke pravougaonog profila, dok broj 2. označava panele koji pod uglom ulaze u unutrašnjost forme.



Slika 4. Mimika egzoskeleta ribe sa ganoidnim ljuskama,

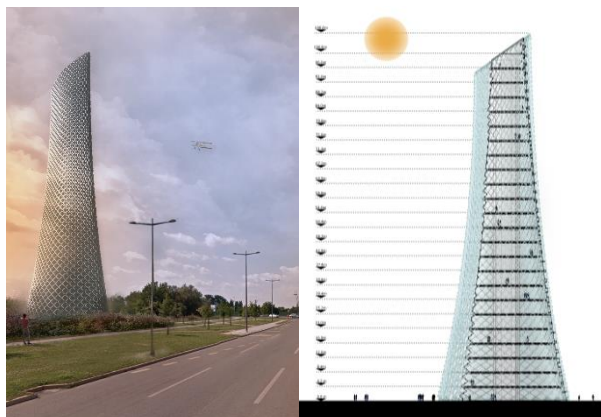
S obzirom da se kod ganoidnih riba ljuske ne preklapaju već čine kompaktnu strukturu, rotacijom panela oko svoje vertikalne ose, formiran je fasadni omotač od prostorne rešetkaste konstrukcije. Da bi fasada vršila svoju osnovnu funkciju, a to je zaštita, zatvorena je staklom sa prednje strane prateći okvir u formi romboida, dok je sa strane pravougaonog oblika.

Pogled u objektima visoke spratnosti je od izuzetnog značaja, pa je potrebno zaštititi prostor bez većeg narušavanja vizura. Na staklo romboidnog oblika kao najveća površ u sklopu fasadne konstrukcije, potrebno je postaviti zaštitu u vidu zastora. Zastori su kreirani u formi mimike koncentričnih prstenova u različitom opsegu za svaku staklenu površ.



Slika 5. Prikaz zastora na prednoj staklenoj površi

6. GRAFIČKI PRIKAZ



Slika 6. Vizuelizacija nebodera (levo) i presek (desno)

7. ZAKLJUČAK

Kroz proces istraživanja i kreiranja nebodera predstavljene su inovativne metode koje se uz poznavanje savremenih programa i digitalni dizajn mogu na koristan način upotrebiti. Specifičnost pristupa projektovanju i dizajniranju na takav način jeste to što se parametarskim modelovanjem daje sloboda arhitekti da svoje ideje brzo modifikuje i izdvoji. Uz raznovrsnost analiza koje su danas lako dostupne, omogućeno je da se u ranim fazama projektovanja definiše objekat tako da ispunjava sve unapred zadate kriterijume.

Sa Octopus analizama u sklopu Grasshopper dodatka omogućene su višestruke simulacije na osnovu svih zadatih uslova. Na taj način je omogućeno u istom trenutku težiti ka ispunjavanju urbanističkih zahteva, formi određenog dizajna, klimatskim uslovima i ostalih značajni za projekat. Kopirajući funkciju, proces, formu ili ponašanje nečega što je kreirano da preživljava u uslovima u kojima se nalazi je idealna osnova za poboljšanje mesta u kome provodimo veći deo života.

8. LITERATURA

- [1] <https://www.ctbuh.org/resource/height> (pristupljeno u septembru 2021.)
- [2] <https://architecturever.com/2019/04/08/lavasa-township-and-its-bio-mimetic-history/> (pristupljeno u septembru 2021.)
- [3] <https://quizlet.com/275294451/fw-300-exam-2-cross-section-lateral-line-diagram/> (pristupljeno u oktobru 2021.)
- [4] <https://pdfslide.net/documents/r-i-b-e.html> (pristupljeno u oktobru 2021.)
- [5] <https://asknature.org/strategy/why-fish-scales-arent-such-a-drag/#related-innovation> (pristupljeno u oktobru 2021.)

Kratka biografija:



Snežana Vujsić rođena je u Novom Sadu 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitekture i urbanizma - Digitalne tehnike, dizajn i produkcija odbranila je 2021.god.

kontakt: sneznavujisic1@gmail.com