

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Предмет: Стратегије и методе у дизајну

Број индекса: 485/2019

Ања С. Милосављевић

Дизајн инспирисан природом

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

- 1. Др Лозица Ивановић, ред. проф. - Ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада потребно је описати коцепт дизајна инспирисаног природом. Анализирати методе које се примењују у биомиметичком дизајну. Преглед постојећих примера дизајна инспирисаног природом. Конципирање и дизајн новог решења. Моделирање облика. Реалистичан приказ резултата.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводни део рада;
2. Дизајн (стратегије и методе дизајна);
3. Упознавање са дизајном инспирисаним природом (биомиметиком);
4. Примери дизајна инспирисаног природом;
5. Иновативна идеја примене биомиметике;
6. Развој идеје;
7. Закључак;
8. Литература.

Препоручена литература:

- [1] Ивановић Л., Кузмановић С., Вереш М., Рацков М., Марковић Б., Индустијски дизајн, ISBN 978-89-6335-017-5, Крагујевац, 2015.
- [2] Vincent, JFV "Biomimetics — a review". Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine, 2009
- [3] : Michael Pawlyn, "Biomimicry," in Green Design: From Theory to Practice, edited by Ken Yeang and Arthur Spector, London: Black Dog, 2011

Крагујевац,

Ментор:

Садржај

Резиме	2
Увод	3
1. Дизајн	4
1.1. Стратегије у дизајну	6
1.2. Методе у дизајну	8
2. Дизајн инспирисан природом - биомиметика	12
2.1. Примери биомиметике	14
2.1.1. Чичак	14
2.1.2. Ножице гмизавца	15
2.1.3. Ајкула	16
2.1.4. Лотос ефекат	17
3. Биомиметика у архитектури	18
3.1. Архитектура	18
3.2. Биомиметика у архитектури	20
3.3. Примери биомиметике у архитектури	22
3.3.1. Истгејт (Eastgate) центар, Хараре, Зимбабве	22
3.3.2. Природњачки музеј у Шангају	26
3.3.3. Бимиметичка фасада	28
4. Дизајн биомиметичке кациге	31
4.1. Идеја	31
4.2. Преглед постојећег решења кациге	33
4.2.1. Материјал	33
4.2.2. Димензије	35
4.2.3. Ограничења	37
4.3. Скице	39
4.4. Развој решења	41
4.5. Моделирање	45
4.6. Ергономија	49
Закључак	52
Литература	53

Резиме

У овом мастер раду говориће се о општем значењу биомиметике са посебним акцентом на примену биомиметике у пракси. Задатак мастер рада заснива се на проучавању биомиметике и пројектовању заштитине опреме по принципу процеса из природе.

Пројектована кацига је одрађена у програму за 3Д пројектовање, под називом "Autodesk Inventor". Кацига је пројектована по узору на армадиљо чији је оклоп веома издржљив а у ситуацијама опасним по живот заузима специфичан положај. Кацига је направљена од специфичних материјала из више слојева и са механизмом да се за време коришћења из збијеног стања испружи у развијени положај, налик на армадиљо.

Кључне речи: Дизајн, биомиметика, архитектура, кацига, армадиљо.

Summary:

This master's thesis will discuss the general meaning of biomimetics with special emphasis on the application of biomimetics in practice. The subject of the master's thesis is based on the study of biomimetics and the design of protective equipment according to the principle of natural processes.

The designed helmet was made in a 3D design program called "Autodesk Inventor". The helmet is designed on the model of an armadillo whose armor is very durable and in specific life-threatening situations it occupies a specific position. The helmet is made of specific materials from several layers and with a mechanism to stretch from a compacted state to a developed position, similar to an armadillo, during use.

Keywords: Design, biomimetics, architecture, helmet, armadillo

Увод

Дизајн инспирисан природом постаје водећа инспирација за развој нових технологија које ће довести до значајног друштвеног и економског утицаја. Он заправо постоји већ вековима. Леонардо Да Винчи био је инспирисан идејом да људи лете попут птица и већ 1500-те године скицирао је дизајн за летећу машину засновану на механици лета птица и слепих мишева, и то представља први биомиметички дизајн.

Од почетка људи су увек били инспирисани природом и у бојама и у облицима и на начин на који се сви елементи морају међусобно ускладити. Ово нарочито постаје смерница за биомиметичку архитектуру и њене професионалце који су, за разлику од прошлости, сада олакшани апликацијама које технологија може имати у процесу обуке. Са појавом дигиталних технологија и нових облика производње постаје све очигледније да ће се у једном тренутку све стварати црпећи дубоко знање стечено из перцепције природе и њених начина градње.

Биомиметика је ново подручје технолошког стања које има природу као пример за развој нових технологија и она је посебно занимљива архитектама. Архитекте посвећене биомиметици велики су заговорници зелене градње. Изузетни примери архитектура које су створиле животиње не потичу из несвесних радњи, јер животиње по својој природи увек делују са одређеним циљем. Уложено је много труда и напора за проналажење метода које се могу користити за пројектовање и прављење биомиметичких производа и зграда.

Способност појединих животиња да се у тренуцима опасним по живот својом грађом и одбрамбеним механизмом заштите од могућих незгода, доводе до идеје да се такав начин заштите проучи и примени у свакодневном животу човека.

Животиња армадиљо позната као неосвојива трђава у природу, има најјачи и најотпорнији оклоп на свету. Посматрајући његову физиономију и облик плоча које штите његово тело дошло се на идеју да се тај облик и структура оклопа примене у најчешће коришћеној заштитиној опреми, кациги за моторна возила. Широм света доступно је небројано много кацига али ни једна није направљена на основу структуре и облика од које је сачињен оклоп армадиље.

.

1. Дизајн

Дизајн је план или спецификација за изградњу објекта, система, спровођење неке активности или процеса, или резултат тог плана или спецификације у облику прототипа, производа или процеса. Дизајн као глагол изражава поступак развијања дизајна.

У неким случајевима се директна конструкција објекта без изричитог претходног плана такође може сматрати пројектном активношћу. Дизајн обично мора да задовољи одређене циљеве и ограничења, може да узме у обзир естетска, функционална, економска или друштвено-политичка разматрања. Главни примери дизајна укључују архитектонске нацрте, инжењерске цртеже, пословне процесе, шеме дијаграма и шивене шаре.

Особа која производи дизајн назива се дизајнер, што је појам који се углавном користи за људе који професионално раде у једном од различитих подручја дизајна - обично наводећи којим се областима бави, као што су архитекте и инжењери. След активности дизајнера назива се процес дизајнирања, могућим коришћењем метода дизајнирања. Процес креирања дизајна може бити кратак (брза скица) или дуготрајан и компликован, који укључује знатна истраживања, преговоре, размишљања, моделирање, интерактивно прилагођавање и редизајн [1].

Данас дизајн не представља специфичну професију нити дисциплину јер је појам преширок. Постоје многобројне дисциплине дизајна. Неке од њих су:

- Архитектура
- Инжењерски дизајн
- Индустијски дизајн
- Дизајн ентеријера
- Графички дизајн
- Модни дизајн

1. **Архитектура** је и процес и производ планирања, пројектовања и изградње зграда или било које друге грађевине. Архитектонска дела, у материјалном облику грађевина, често се доживљавају као културни симболи и као уметничка дела. Историјске цивилизације су често поистовећене са својим преживелим архитектонским достигнућима.

2. Процес **инжењерског дизајна** је уобичајени низ корака које инжењери користе у стварању функционалних производа и процеса. Процес је врло итеративан - делове процеса често је потребно поновити много пута пре него што се други унесе - мада се делови који се понављају и број таквих циклуса у било којем пројекту могу разликовати.

3. **Индустријски дизајн** представља тродимензионални или дводимензионални изглед целог производа, или његовог дела, који је одређен његовим визуелним карактеристикама, а посебно линијама, контурама, бојама, обликом, текстуром и материјалима од којих је производ сачињен, или којима је украшен, као и њиховом комбинацијом. Под спољашњим изгледом производа се подразумева укупан визуелни утисак који производ оставља на информисаног потрошача или корисника.
4. **Дизајн ентеријера** (архитектура ентеријера) је архитектонско-дизајнерска дисциплина, која се реализује у масивном и конкретном архитектонском простору шта је доказ да је то стваралаштво у својој суштини спајајући елеменат између велике архитектуре и малог дизајна. Под дизајном ентеријера сматра се уређење и осмишљавање унутрашњих простора.
5. **Графички дизајн** је врста примењене уметности која најчешће укључује комбиновање типографије, илустрације, фотографије и штампе како би се преносила идеја или порука визуелном комуникацијом ради информисања, убеђивања или едукације. У новије време графички дизајн се подједнако бави новијим технологијама, као што су видео, филм или мултимедија. Иако се углавном односи на дводимензионално, не искључује бављење тродимензионалним објектима (амбалажа, индустријски дизајн, дизајн изложбеног простора, па чак и архитектура)
6. **Модни дизајн** је вештина примене дизајна, естетике и природних лепота на одећи и њеним додацима. На њу утичу културолошки и друштвени ставови и варира у времену и месту. Модни дизајнери раде на више начина у дизајнирању одеће и прибора као што су наруквице и огрлице. Поред класичних модних техника и материјала, све је већи број нових који се употребљавају, што модним дизајнерима пружа већу могућност за естетско изражавање и наступ на тржишту.

Развојем технологије и сходно потребама друштва, намећу се нове области дизајна које су тек у зачетку развоја као што су:

- веб-дизајн
- интерактивни дизајн
- информациони дизајн
- типографија

Дизајн није ни уметност нити наука, али узима и елементе и једног и другог. Уметност је стварање нечега што изражава ауторову визију, идеје и осећања. Да би дизајн био прихватљив за свакога, он мора бити функционалан, јер је у том случају добро функционисање њихова примарна и неопходна особина [1].

1.1. Стратегије у дизајну

Стратегија игра важну, ако не и пресудну улогу у успеху и исходу циљева и планова. То се односи на посао, живот, каријеру и то је основна обука за војску. Људи обично мешају стратешко размишљање са стратешким планирањем и обрнуто. Међутим то су различити појмови. Стратешко планирање укључује прикупљање података и одлучивање о путу који ће предузеће или пројекат предузети како би остварили своје циљеве. Стратешко размишљање укључује све на свим нивоима организационог/дизајнерског тима који доследно проналазе и доприносе активностима које доприносе успеху организације [2].

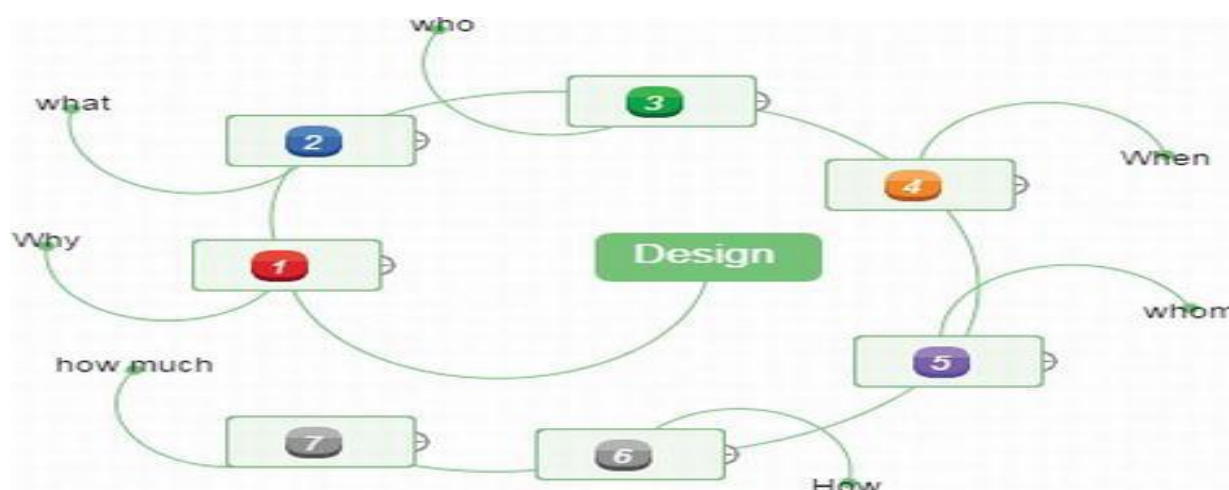
Мислити стратешки, значи видети и разумети ширу слику где тим или организација треба да иде, а затим предузети акцију.

Неколико кључних питања која се постављају при стратешком размишљању су:

- Где смо сада?
- Где желимо да будемо?
- Како ћемо стићи тамо?

Ако не размишљамо стратешки, постајемо стагнирајући. Изгубимо фокус на организационим резултатима и нећемо остати конкурентни. Планирање, круг позитивних исхода, најбоље се олакшава стратешким размишљањем.

Стварање и извршавање стратегије је и уметност и наука. Као и дизајн, стратешки начин размишљања се практикује и побољшава с временом [3].



Слика 1. Питања при стратешком размишљању [4]

Из перспективе дизајна, стратешко размишљање подстиче дизајнере да на процес дизајна гледају као на механизам за решавање проблема, почевши од идентификације проблема и рада са клијентом и тимом на решавању тог проблема.

Стратегије у дизајну се односе на интегрисани процес планирања који проучава односе између дизајна и пословања који се могу међусобно допуњавати. Циљ је да се одреди шта је прикладно, шта је могуће и шта има смисла. Дизајнерска стратегија утиче на сваки аспект, од оглашавања и промоције до дизајна производа.

Под стратегијом се мисли на след фаза које је дизајнер одлучио спровести приликом дизајнирања одређеног производа. Постоје три основне фазе: анализа, синтеза и верификација.

- Анализа - анализа проблема, истраживање, разумевање и објашњење;
- Синтеза - обухватање идеја тако да створе решење;
- Верификација - процењивање нивоа до којег решења одговарају захтевима.

Извођење успешне стратегије у дизајну захтева начин размишљања који пружа могућност за решавање проблема, извршење и усклађивање са циљем.

Стратешко размишљање, чак и у дизајну, процес је који у почетку може изгледати мало непријатно, али уз мало упорности створиће јачу везу између клијента и дизајнерског тима и показаће вредност дизајна у потпуно новом светлу [5].



Слика 2. Основне фазе за извођење успешне стратегије дизајна

1.2. Методе у дизајну

Методе дизајнирања су процедуре, технике, помагала или алати за пројектовање. Они нуде бројне врсте активности које дизајнер може користити у оквиру читавог процеса дизајнирања. Методе дизајнирања су настале у новим приступима решавању проблема развијеним средином 20. века, а такође као одговор на индустријализацију и масовну производњу, што је променило природу пројектовања.

Многе методе дизајна које се и даље користе су настале из покрета дизајнерских метода 1960-их и 70-их, прилагођених савременим дизајнерским праксама. Метода дизајнирања је оквир који се може имплементирати у сваком дизајнерском пројекту како би се постигли одговарајући резултати. Овај нацрт помаже да се схвати, осмисли план, развије идеја и на крају их произведе и примени. То је филозофија и приступ који даје јасноћу и олакшава рад. Помаже да се схвати ситуација и проблем, а затим омогућава да се одреди шта дизајнерско решење. Метода води кроз све детаљнији низ фаза [6].

Методe у биомиметичком дизајну

Од природе има много тога што би требало научити, проблем лежи у знању како на практичан начин применити способности природе како би побољшали производе, зграде и начин живота. Уложено је много труда и напора за проналажење метода које се могу користити за пројектовање и прављење биомиметичких производа и зграда.

Постоје две основне методе у биомиметици, то су:

- Директна метода

Када се говори о директној методи, она има два приступа. Први приступ јесте - Дизајн гледа на биологију, док је други - Биологија утиче на дизајн.



Слика 3. Приказ приступа где дизајн гледа на природу



Слика 4. Приказ приступа где биологија утиче на дизајн

- Индиректна метода

Представља методу код које дизајнеру није постављен ни један претходно одрађени корак који ће следити, већ пролази сопствено дизајнерско искуство узимајући природне принципе дизајна ума, покушавајући да у свом производу постигне што већи број њих.

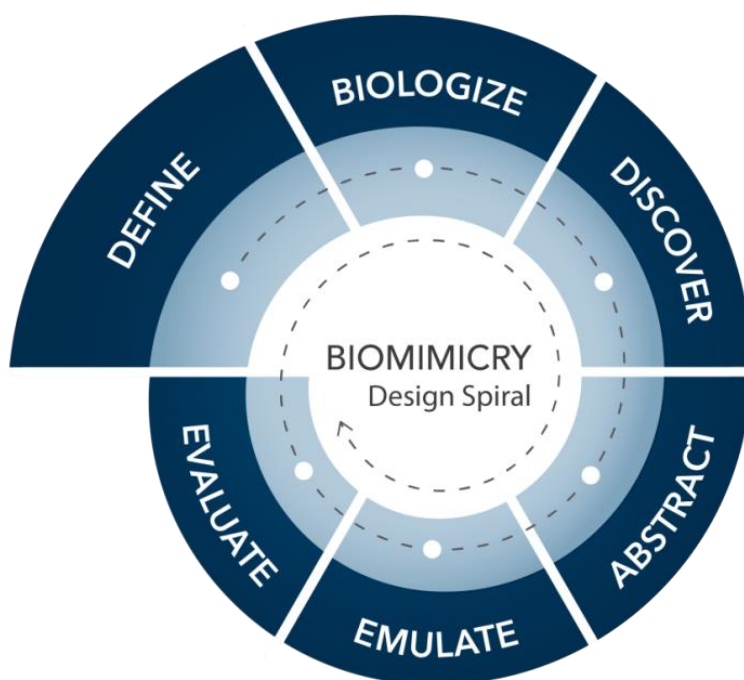
Примери природног дизајна су:

- Рециклирање свега;
- Развијање разноликих могућности;
- Избегавање вишка и прекомерне градње;
- Ослањање на интелигенцију природе;
- Коришћење само оне енергије и ресурса који су потребни, итд.

Поред ове две основне методе, постоје и “ТРИЗ” и “БиоТРИЗ” методе, то су методе за решавање контрадикције дизајна.

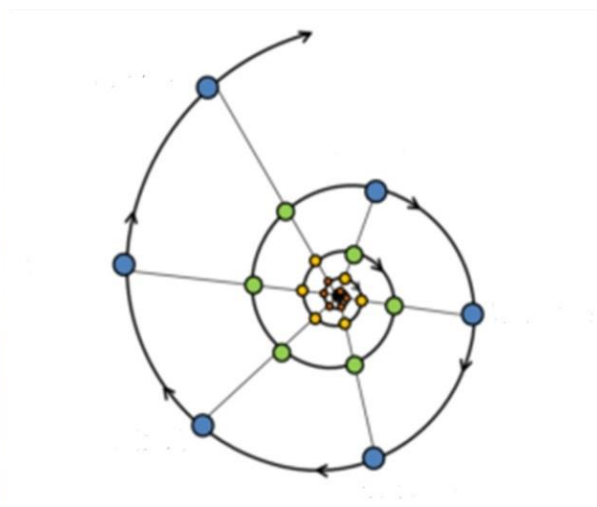
Методе биомиметичког дизајна још увек имају простора за побољшање, како би се унапредила систематичност [7].

Једна од метода јесте спирала биомиметичког дизајна, која иначе представља директну методу. Спирала биомиметичког дизајна представља методе које корак по корак доводе до претварања природних стратегија у иновативна и одржива дизајнерска решења. Спиралу дизајна развио је Carl Hastrich, 2005 године. Он је био један од оних који су изградили темеље биомиметике [8].



Слика 5. Приказ метода биомиметичког дизајна [8]

Један од најснажнијих аспеката спирале дизајна биомиметике јесте сам спирални процес. Спирала дизајна биомиметике води од средишњег дела ка споља, баш као што спирале у природи расту ка споља.



Слика 6. Упоредивање спирале из природе са спиралом биомиметичког дизајна [9]

Спирала је континуални процес и у било ком тренутку може се приступити било којој методи односно било ком кораку, фокусирајући се на оно што је најважније за пројекат у том тренутку. Коришћењем метода из спирала омогућава се брзо истраживање многих потенцијалних могућности као и откривање скривених претпоставки. Овакав приступ минимизира време потребно за постизање одрживих иновација.

Спирала биомиметичког дизајна састоји се из шест корака:

1. Идентификација;
2. Биологизација;
3. Откриће;
4. Апстракција;
5. Емулација;
6. Евалуација.

1. Идентификација

Први корак у било ком процесу дизајнирања јесте идентификација односно дефинисање проблема или могућности које стоје на располагању. Дефинисање изазова представља припремни посао који се обавља пре него што се било који конкретан рад започне. Циљ овог корака није да одлучите шта ћете дизајнирати већ да разумете шта ваш дизајн може да приушти, коме и у којој мери.

- “Проблем који је добро дефинисан, напола је решен.” - *John Dewey* - [8].

2. Биологизација

Биологизација представља преобликовање изазова у биолошки контекст. Циљ овог корака јесте доћи до одговора на питање “Како то природа ради?”. Овај корак омогућава почетак тражења одговора из природе за решавање одређених проблема дизајна.

3. Откриће

Овај корак се фокусира на истраживање и прикупљање информација. Истраживање што већих могућности за инспирацију, користећи питање из претходног корака “Како природа то ради?”. Преглед различитих изазова на које се природа прилагодила функцијама и контекстима који су релевантни за дизајнерски изазов.

4. Апстракција

Након што се идентификују кључне биолошке стратегије које задовољавају функцију и контекст дизајна, преузима се важан корак како би се примениле у дизајну. Апстракција представља превођење биолошких стратегија у стратегије дизајна и то је најтежи корак у биомиметици. Дизајнерске стратегије описују како биолошка стратегија функционише без ослањања на биолошке појмове.

5. Емулација

Емулација представља креативни део, односно осмишљавање решења инспирисаних природом. Емулација је срце биомиметике, учење из живих бића и примењивање наученог у изазовима које људи желе да реше. Представља истраживачки корак који настоји да ухвати рецепт или нацрт на примерима природе који се могу обликовати по властитом дизајну.

6. Евалуација

Евалуације представља последњи корак у спирали биомиметичког дизајна. Овај корак се односи на процену и проверу досадашњег рада како би резултат био одржив [8].

2. Дизајн инспирисан природом - биомиметика

Дизајн инспирисан природом, бионика и биомиметика су синоними за научну дисциплину стварања нових објеката уз инспирацију из природе. Природа је решила многе од највећих технолошких загонетки из области хемије, производње енергије и хране, транспорта, амбалаже и једино је било потребно ископирати решења.

Природа представља велики базу добро проверених принципа дизајна - многи од њих су се током милиона година усавршавали и доказали своју вредност и још увек су у употреби. Све што видимо у природи су процеси усавршени и развијени милионима година. Ништа на овом свету нема бољу употребу енергије од фотосинтезе, сви процеси који потичу из природе не стварају отпад, сви материјали се увек поново користе у недоглед.

Инспирације из природе може бити директна или индиректна. Директна инспирација - када подсећа на копирање или може бити. Индиректна инспирација - када се феномени или принципи који се налазе у природи користе слободније у процесу дизајнирања [12].

Живи организми су током природног одабира развили добро прилагођене структуре и материјале током геолошког времена. Биомиметици су покренули нове технологије инспирисане биолошким растворима на макро и микро скали. Људи су гледали природу за одговоре на проблеме током читавог нашег постојања. Природа је решила инжењерске проблеме као што су способности самоизцељења, толеранција и отпорност на излагање у окружењу, хидрофобност, само-склапање и коришћење соларне енергије [11].

Биомиметика или биомимикрија је имитација природних модела, система и елемената у сврху решавања сложених људских проблема. Биомиметика је ново подручје технолошког знања које има природу као пример за развој нових технологија. Биомиметика значи копирање природе у најбољем случају, уметност је развоја одрживих људских технологија инспирисаних природом. Инжењерство надахњује биологију. Ако желимо да свесно опонашамо природу, морамо да је посматрамо другачије. У биомиметици, природу посматрамо као модел, меру и ментора [10].

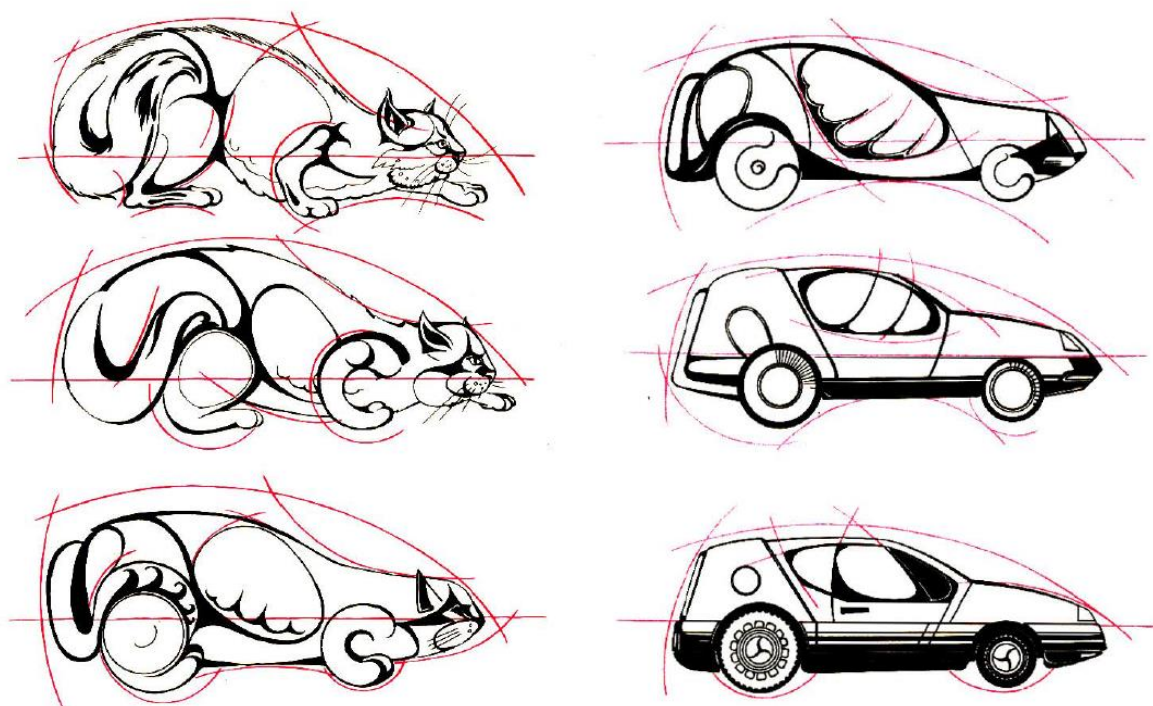


Слика 7. Биомиметика [12]

Према институту Биомиметике, биомиметика је приступ иновацијама које траже одржива решења за људске изазове опонашањем природних временски тестираних оразаца и стратегија. Циљ је створити производе, процесе и политике односно нове начине живота, који су дуго прилагођени животу на земљи [10].

Биомиметички дизајн далеко превазила копирање природних облика. Као резултат сложене преуређености милиона година, системи природног света излажу сазнања која тек почињемо да разумемо, али која већ показују велики потенцијал.

Мајка природа је одувек сматрана најбољим дизајнерима у свемиру, захваљујући прилагодљивој способности различитих врста и животних форми која омогућава прилагођавање облика на основу функције коју треба обављати. Свесно и темељно проучавање биолошких и биомеханичких процеса природе, сматрајући их извором инспирације за унапређење људских технологија, циљ је биомиметике [11].



Слика 8. Дизајн возила према принципима аналогije са природним облицима [12]

2.1. Примери биомиметике

2.1.1. Чичак

Најпознатији пример биомиметике је чичак. Направио ју је четрдесетих година Швајцарац Жорж де Местрал, човек који је редовно чистио свог пса од чичка. После једне велике шетње по Алпима, скинуо је чичкове са пса и ставио их је под микроскоп – видео је гомилу кукица и петљи које су се мрсиле у било коју мекшу површину [13].

Идеја швајцарског проналазача није одмах наишла на одобравање, а није била једноставна ни за спровођење. Први материјал на коме је радио је био памук, али пошто се лако цепао, окренуо се вештачким материјалима. Отежавајућа околност је била и искључиво ручна производња, али је након осам година Местрал успео да направи и машину која је правила чичак траку.

Упркос труду, продаја чичак траке у почетку није била задовољавајућа. Продаја је кренула тек када је НАСА почела да користи чичак траку приликом шивења одела за астронауте, а и као користан предмет да се у бестежинском стању причврсте приликом разних активности. Због тога многи мисле да је чичак траку управо открила и патентирала НАСА. Истина је да ју је популарисала, па су почеле да је користе и друге професије, као што су војници, али и спортисти попут скијаша и ронилаца.

Данас се широм света користи на разним одевним предметима. Фирма *Vorwerk* је 1997. Дала решење за лепљење подних облога чичак траком, што се сматра еколошки прихватљивијим и бржим, односно ефикаснијим решењем постављања подних облога [14].



Слика 9. Са леве стране је приказана чичак биљка, са десне стране чичак трака [13]

2.1.2. Ножице гмизавца

Гуштер трчи наглавачке по таваници?! Дуго је научнике копкало како ове животиње трчкарају по површини глаткој као стакло, а да не падну, иако немају за шта да закаче своје канџе.

После вишегодишњих испитивања, установљено је да су прсти малог гмизавца покривени мајушним чекињама, чији се крајеви рачвају у још тања влакна – толико танка да на својим завршецима стварају молекулске везе с ма каквом подлогом коју додирну.



Слика 10. Ножице којима се пријубљује уз подлогу [15]

Познати пример имитације могућности ових гмизаваца јесте “геко трака”. На развоју ове траке још се ради, а циљ научника је да створе материјал са усмереним приањањем као што то раде и гмизавци. Материјал ће се лепити на глатку површину, али ће престати да приања уколико се промени смер приањања, односно контактни угао са подлогом. По том систему Спајдермен, бар у филмовима, успева да рукама "хода" по плафону [15].



Слика 11. Пример материјала урађен на основу ножица гмизавца [15]

2.1.3. Ајкула

Неким људима вероватно би било изузетно тешко да у ајкули виде нешто више од човекоубице. Међутим, структура коже ове животиње била је инспирација за нове материјале којима се облажу супербрзи бродови. Ајкуле имају и фасцинантну особину електропријема – захваљујући низу рупица које купе слабе вибрације и откривају електромагнетна поља, као и мајушним термо-осетљивим капсулама на бради и образима испуњеним гелом необичног састава.



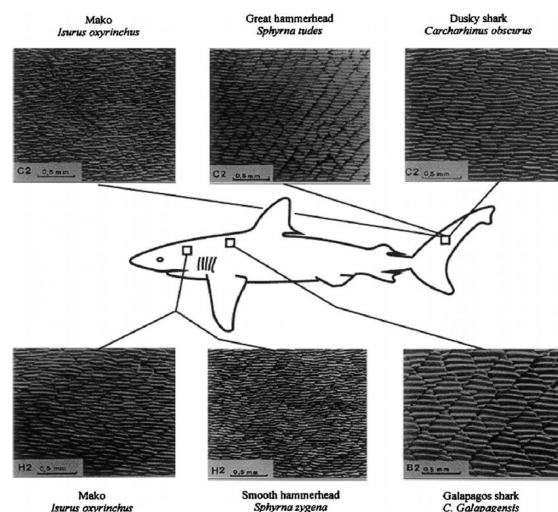
Слика 12. Увеличан приказ рупица на ајкули [17]

На Универзитету у Сан Франциску развијен је синтетички гел сличног састава са таквим термоелектричним особинама. Он би могао да послужи за конвертовање вишка топлоте са мотора аутомобила или неке машине у искористиву струју.

Запажено је и да ајкуле веома ретко добијају канцер, па се сада ради на екстракцији супстанци које би можда могле да помогну у борби против канцера.

Једно време козметичка индустрија продавала је сквалин, супстанцу екстраховану из јетре ајкуле. Производ је коришћен као средство за одржавање влаге у кожи. Међутим, због врло лошег утицаја на животну средину, данас се слична супстанца, са истом улогом у козметичкој индустрији, производи из биљних шећера [16].

На слици 13. приказано је цело тело ајкуле које у потпуности прекривају љускице. Распоред рупица мења се зависно од дела тела ајкуле, као што је приказано на слици.



Слика 13. Љускице које прекривају тело ајкуле [17]

2.1.4. Лотос ефекат

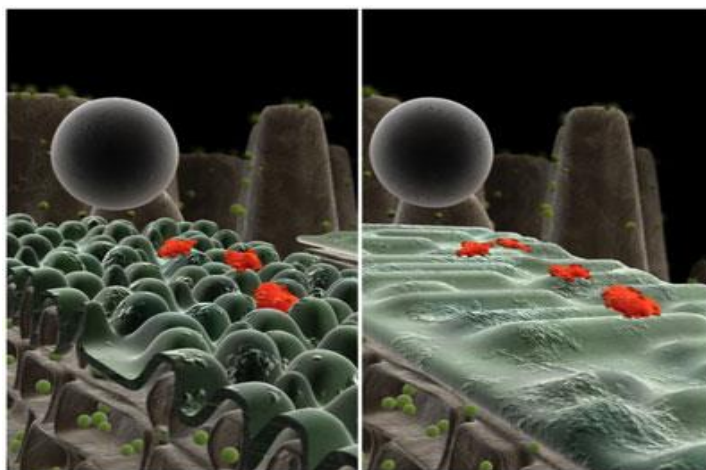
Немачка компанија инспирисана цветом лотоса намерава да побољша квалитет спољашњих боја, смањујући њихову способност да апсорбују влагу, смањи сакупљање прљавштине и стварање лоших мириса.

Његова на око глатка површина састоји се од храпавих воштаних нано и микроструктура које због своје суперхидрофобности одбијају воду која заједно с прљавштином клизи с њихове површине. То је названо лотос ефектом, јер се лотос и његови листови уздижу из баре савршено чисти.



Слика 14. Лист лотоса [16]

Професор Барлот (Bartholt) је лотус ефекат искористио за развој фасадних боја. Комбиновањем хидрофобности и специјалне микроструктуре која oponaша унутрашњу грађу листа лотоса, постигао је знатно смањену лепљивост површине за воду и прљавштину, што чува фасаде од атмосферских утицаја. Примери за то су још и наочаре са самочишћењем, сензори за знакове на путу, текстил отпоран на мрље, тенде за самочишћење итд [16].



Слика 15. Лотос ефекат [16]

3. Биомиметика у архитектури

Биомиметика је посебно занимљива архитектама. Не ради се само о пукој имитацији облика из природе, као на пример очију инсекта, кошнице пчеле и слично, већ је природа инспирисала и начин на који се пројектује и материјале који се користе у градњи.

Такође, архитекте посвећене биомиметици велики су заговорници зелене градње. Под биомиметичком архитектуром подразумевамо архитектуру која опонаша природу користећи знање животињских стратегија за еко-одрживу употребу ресурса и стварање ефикаснијих архитектура инспирисаних животињама и инсектима [18].

3.1. Архитектура

Архитектура је уметност и наука пројектовања зграда и других физичких грађевина. Шира дефиниција често укључује дизајн целокупне изграђене средине од макро нивоа урбанистичког планирања, урбанистичког дизајна и пејзажне архитектуре до микро нивоа грађевинских детаља, а понекад и намештаја. Другачије речено архитектура је наука и уметност пројектовања и обликовања зграда, односно унутрашњег и спољашњег архитектонског простора: ентеријера и екстеријера. Архитектура служи да испуни неке основне људске потребе, и настаје у складу са могућностима и потребама људи. Разликује се од вештина везаних за изградњу.

Креирана је само да испуни спецификације појединца или групе. Економски закон спречава архитекте да опонашају своје колеге уметнике у производњи дела за којима потражња не постоји или је само потенцијална. Дакле, типови архитектуре зависе од друштвених формација и могу се сврстати према улози заштитника у заједници.

Одувек се разликовала од других облика уметности зато што има функционалну и естетску улогу, наравно, нуди склониште, али и обликује наша свакодневна искуства.

Архитектура је присутна свуда. Свака зграда: дом, школа, канцеларија, болница и супермаркет дизајнирани су за њихову одређену намену. Од виталног је значаја да ове зграде, а заузврат, и окружење које чине и градови чији су део, дизајнирани да буду најбоље могуће зграде за њихов специфичан контекст, употребу и људе који их користе.

У архитектури не постоји приступ који би одговарао величини, сваки грађевински пројекат требао би одговарати свом јединственом контексту: локацији, клими, социјалном, буџету и материјалима.

Зграде такође морају бити у стању да старе добро, да се прилагођавају променљивим захтевима и имају флексибилност за прилагођавање различитих намена. Такође би требало да буду изграђене одрживо, како од материјала који користе током изградње, тако и због енергетских ресурса који су потребни за њихово функционисање.

Дизајнери или реагују на заједницу својим радом или је обликују, диктирајући околину. Међутим, боље је одговорити на одређени друштвени или природни феномен него га форсирати. Многи архитекти се данас боре за бољу и чистију планету и управо одатле се долази до једне врсте архитектуре која се назива зелена архитектура.



Слика 16. Приказ зелене градње [19]

Зелена архитектура се залаже за одрживе изворе енергије, очување енергије, поновну употребу и сигурност грађевинског материјала и локацију зграде с обзиром на њен утицај на животну средину. Оваква архитектура је тема од великог значаја за све, јер је треба сматрати једним од виталних корака ка одрживом развоју нашег постојећег друштва. *Off Grid Office* је концептуални пројекат који говори да функционални простори треба да одржавају и поштују равнотежу између људи и места на којем су изграђени.

Када је у питању зелена архитектура, резултати су запањујући. Све се своди на минимизацију утицаја грађевине на животну средину. То би могло бити путем енергетске ефикасности, еколошки прихватљивих материјала или намерне свести о њеној околини, а све у циљу очувања биолошке разноликости подручја [19].

3.2. Биомиметика у архитектури

Изузетни примери архитектуре које су створиле животиње не потичу из несвесних радњи, јер животиње по својој природи увек делују са одређеним циљем. Зграде које делују као инфраструктура и грађевине, створене од било које животињске врсте, сада проучавају бројни стручњаци који се питају да ли да би их животиње саме следиле дизајнерским путем.

Један од најинтересантнијих примера биомиметике у архитектури је велика зграда названа Истгејт центар. Овај објекат саграђен у Зимбабвеу има вентилациони систем пројектован на основу онога који граде термити у својим хумкама, о чему ће касније бити више говора [18].

"Све што можете замислити, природа је то већ створила"

- Алберт Ајнштајн -



Слика 17 - Пример биомиметике у архитектури [18]

Опонашање природе захтева разумевање разлика између биолошких и техничких система. Њихова еволуција је различита: биолошки системи се развијају милионима година, док се технички системи развијају само неколико стотина година. Биолошки системи су се развијали на основу њихових генетских кодова који су управљани природном селекцијом, док су се технички системи развијали на основу људског дизајна за обављање функција. Генерално, функције у техничким системима имају за циљ да развију систем као резултат дизајна, док у биолошким системима функције могу повремено бити несистематичне генетске еволуцијске промене што доводи до одређене функције која није предодређена. Њихове разлике су широке: технички системи функционишу у широким окружењима, док биолошки системи раде у ограниченим животним ограничењима.

Архитектонске иновације које одговарају архитектури не морају да личе на биљку или животињу. Тамо где је облик својствен функцији организма, тада грађевина по узору на процесе животног облика може да изгледа и као организам.

Архитектура може опонашати природне форме, функције и процесе. Иако је савремени концепт у технолошком добу, биомиметика не подразумева уградњу сложене технологије у архитектуру. Као одговор на претходна архитектонска кретања, биомиметичка архитектура тежи ка радикалном повећању ефикасности ресурса, радите у затвореном циклусу коме није потребан стални унос ресурса да би функционисао и ослањајте се на соларно енергија уместо фосилних горива [20].

Биомиметика може радити на три нивоа:

- организам,
- његово понашање и
- екосистем.

Зграде на нивоу организма опонашају одређени организам. Сам рад на овом нивоу без опонашања како организам учествује у ширем контексту можда није довољан да се направи зграда која се добро интегрише са својом околином јер организам увек функционише и реагује у ширем контексту.

На нивоу понашања, зграде опонашају како се организам понаша или се односи према свом ширем контексту.

На нивоу екосистема, грађевина опонаша природни процес и циклус већег окружења. Принципи екосистема јесу да екосистеми:

- (1) зависе од сунчеве светлости;
- (2) оптимизирати систем, а не његове компоненте;
- (3) су прилагођени и зависе од локалних услова;
- (4) су различите у компонентама, односима и информацијама;
- (5) створити услове повољне за одрживи живот и
- (6) прилагодити се и развијати на различитим нивоима и различитим брзинама.

У суштини, то значи да они морају радити једни са другима, а не против да би се екосистем несметано одвијао. Да би архитектонски дизајн опонашао природу на нивоу екосистема, мора следити ових шест принципа [20].

3.3. Примери биомиметике у архитектури

3.3.1. Истгејт (Eastgate) центар, Хараре, Зимбабве

Истгејт (*Eastgate*) се налази у централном делу Хараре у Зимбабвеу, представља тржни центар и канцеларијски блок саграђен 1996. године.

Дизајн овог центра је намерна супротност од “стаклених блокова”, који су данас све чешће виђени на улицама без обзира на њихово скупо одржавање температуре. Лети овакви објекти захтевају више хлађења док зими захтевају више топлоте и константу употребу вештачке климатизације, што доводи до високог загађења ваздуха у згради. На основу лошег запажања о температури у оваквим зградама, архитекта Мик Пирси (Mick Pearce) приступио је алтернативном типу грађења, па тако овај објекат представља најинтересантнији пример биомиметике у архитектури.

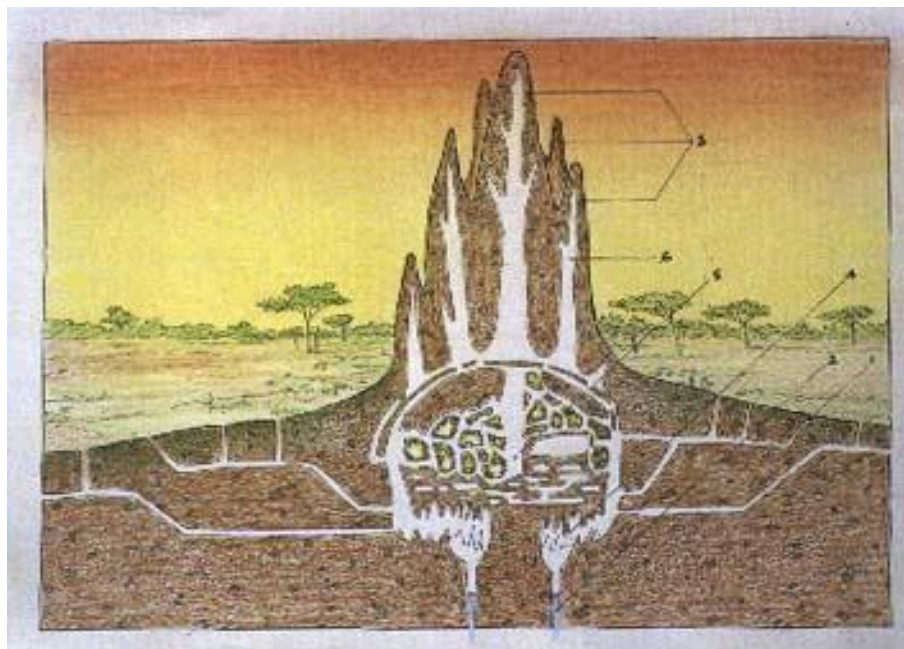
Научници су, наиме, приметили да термити успевају да у свом гнезду одрже константну температуру и влажност, иако спољна температура може да варира од 0 до 40 степени целзијуса. По угледу на термите ова зграда има вентилациони систем пројектован на основу онога који граде термити у својим хумкама [21].



Слика 18. Десно је приказан спољашњи изглед хумке у којој станују термити, а лево изглед Истгејт (*Eastgate*) центра [21]

Термити су познати по грађењу огромних хумки (слика 18) у којима узгајају гљивице које су њихов примарни извор хране. Гљивице се морају чувати на одређеној темпертури коју термити морају константно одржавати без обзира на спољне промене температуре. Термири постижу овај изузетан подвиг сталним отварањем и затварањем низа отвора за грејање и хлађење широм хумке, током целог дана [21].

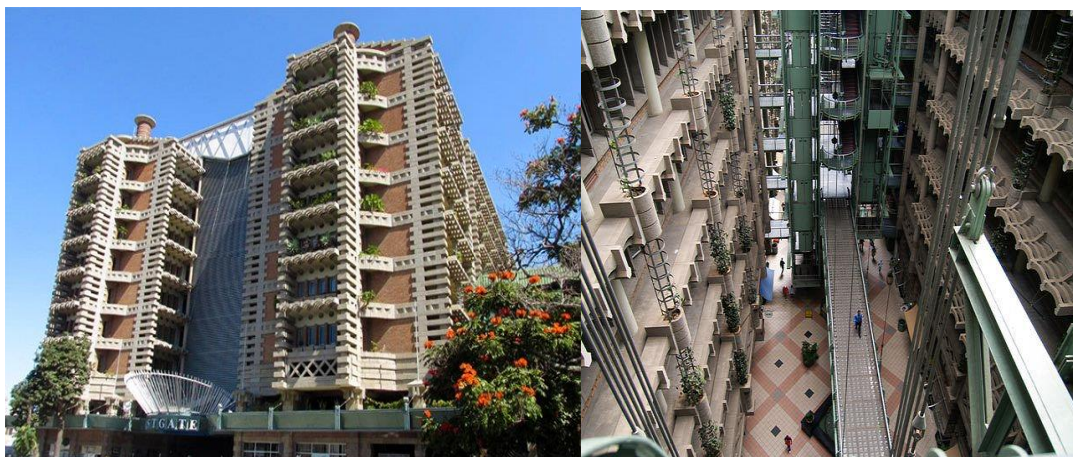
Ова природна вентилација се постиже системом пажљиво прилагођених конвекционих струја којима се усисава ваздух у доњем делу хумке, затим иде у средишњи део хумке, у ограђене просторе, и излази горе кроз канал до врха хумке термита. Марљиви термити стално копају нове отворе и затварају старе како би регулисали температуру.



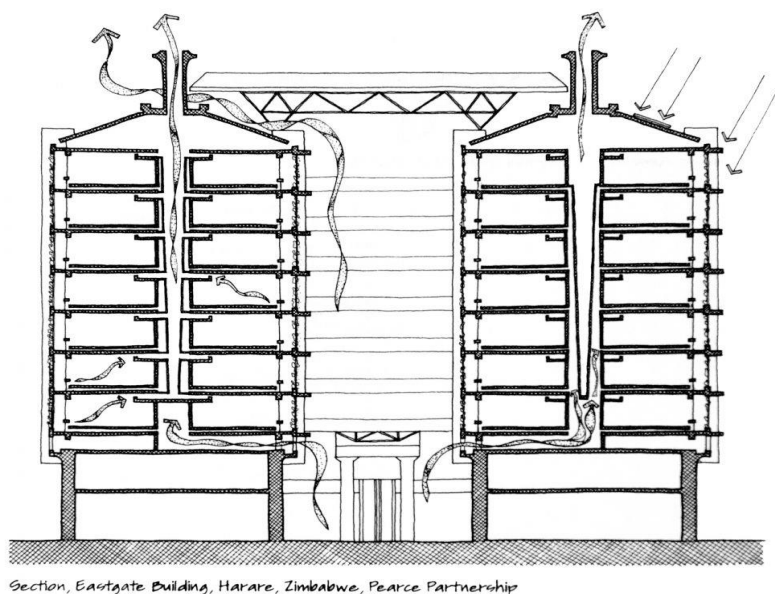
Слика 19. Приказ природног вентилационог система у хумки термита [21]

Мик Пирси (*Mick Pearce*), један је од првих архитекта који је адаптирао решења у градњи имитирана од природе. Зграда представља архитектонско чудо по свом коришћењу биомиметичких принципа, њен састав грејања и хлађења у потпуности опонаша природну вентилацију у хумкама термита.

Истејт (*Eastgate*) центар се састоји од две паралелне зграде које су одвојене отвореним простором који је покривен стаклом и стално препуштен локалном поветарцу. Углавном је направљен од бетона и његова структура је изграђена око централног димњака [22].



Слика 20. Спољашњи и унутрашњи изглед Истејт(*Eastgate*) центра[22]



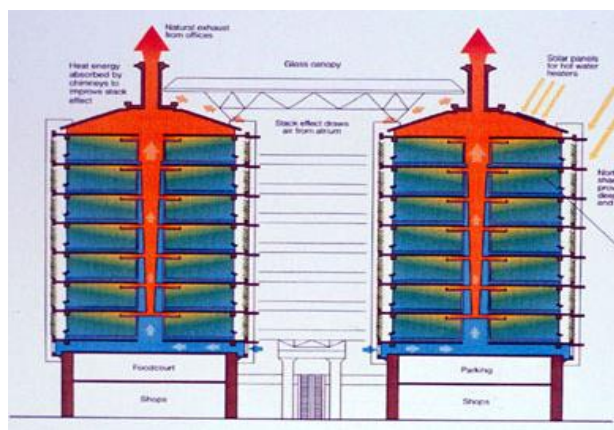
Слика 21. Приказ струјања ваздуха кроз Истгејт(Eastgate) центра [22]

Из отвореног простора који се налази између две зграде, ваздух континуирано црпе вентилатори који су на првом спрату. Затим се потискује према горе вертикалним каналима за довод ваздуха који се налазе у централном делу сваке од ове две зграде.

Свеж ваздух замењује устајали ваздух који се подиже и излази кроз издувне отворе на плафонима сваког пода. На крају, пре него што се избаци кроз димњаке на врху зграде, улази у издувни део вертикалних канала.

Врућ ваздух, који стварају људи и станари који циркулишу на том простору, природно се извлачи конвекцијом из димњака, а зрачна топлота преноси се у топлотну масу што додатно побољшава конвекцију. Ноћу електрични вентилатори усисавају хладан ваздух који пролази кроз зграду хладећи топлотну масу и поново избацујући топлоту из димњака.

Ове методе доводе до изузетно стабилне температуре гнезда, која никада не варира више од 1° [22].



Слика 22. Приказ струјања топлих и хладних ваздушних маса [22]

Да би зграда добро функционисала, инсистирало се на пажљивом дизајну. Након рачунарске симулације и анализе, инжењерска фирма која је радила на овом пројекту дала је низ правила које је архитекта морао да испуни.

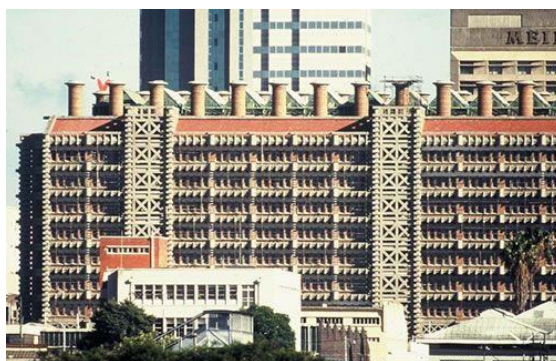
- На спољне зидове не сме пасти директна сунчева светлост.
- Површина прозора, на северној фасади, не сме бити већа од 25% у односу на тај зид.
- Како би се смањила потрошња енергије и добијање топлоте, неопходан је баланс између вештачке и спољне светлости.
- Прозори морају бити добро задихтовани због буке, као и непредвидивих притисака и температуре ветра.
- Такође, прозори морају добро филтрирати светлост и контролисати одсјај, буку и сгурност.

Поред свега овога, Марк Пирси (*Marc Pearce*) је користио дубоке надстрешнице које штите прозоре и зидове од директног излагања сунцу, како и прозоре са подесивим ролетнама [21] .



Слика 23. Спољашњи изглед зграда [21]

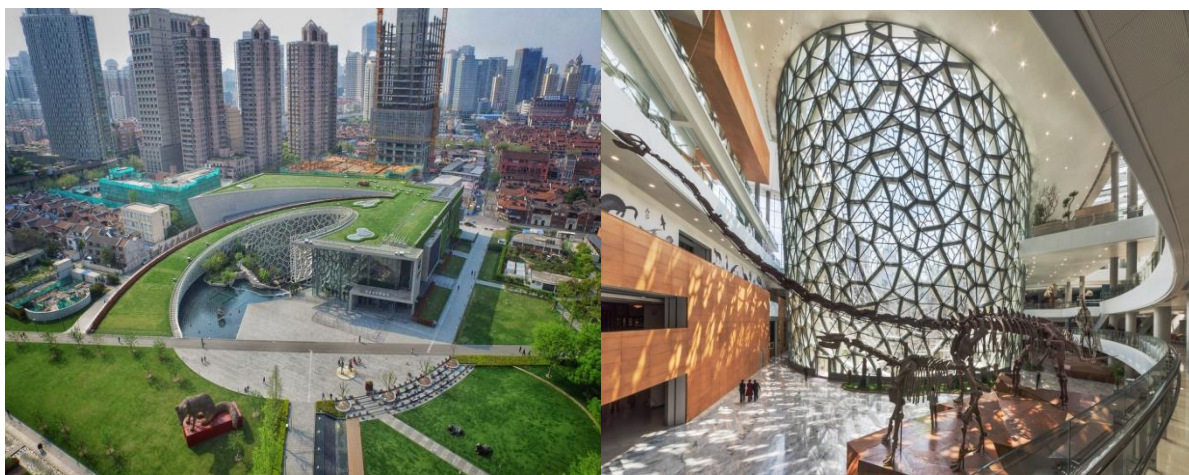
Истгејт (*Eastgate*) центар користи мање од 10% енергије конвенционалне зграде своје величине. Ова ефикасност огледа се у оствареној уштеди од 3,5 милиона долара само због система климатизације. Осим што су еколошки ефикасне и боље за животну средину, ове уштеде се спуштају на станаре чија је станарина за 20% нижа од оне у околним зградама [23].



Слика 24. Истгејт (*Eastgate*) центар [23]

3.3.2. Природњачки музеј у Шангају

У Шангају је 2015 године отворен Природњачки музеј који служи као основна платформа за популарно научно образовање и културну размену. Дизајниран од стране међународно признате архитектонске групе (Perkins+Will), музеј је предодређен да буде један од икона зелене градње својим обликом инспирисаним структуром шкољке. Шкољка наutilus једна је од најлепших и најсложенијих грађевина која се налази у природи, била је инспирација за општу организацију облика и унутрашњег дела.



Слика 25. Изглед Природњачког музеја (спољашњи и унутрашњи део) [25]

У пројекту музеја постоји стално повезивање на природу, представљену пре свега фасадама зграде које су инспирисане природним феноменима и биолошком структуром ћелија.

Архитектонска група (Perkins+Will) дизајнирала је структуру која издржава архитектонске теме пронађене у природи. Инспирисани човековим односом са природом, сваки део музеја отворен је за људску интеракцију [24].



Слика 26. Повезивање музеја са шкољком наutilus [25]

Са плана локације уздиже се зелени кров који се логаритамски спирално спушта попут шкољке наутилуса. Атријум висок 20 метара уздиже се унутар те организујуће геометрије преносећи природну светлост кроз решетку која опанаша облик и организацију живих ћелија.

У складу са приступом инспирисаним природом зграде, свака од четири спољна зида симболизује засебан елемент природног света.

- Живи зид представља шуме.
- Северни зид је стена и односи се на Земљину геологију и тектонику плоча.
- Застакљена фасада искоришћава снагу сунца.
- Четврта фасада односно унутрашња облога шкољке приказује прелепу белу решетку у ћелијском узорку која комбинује сложену вижеслојну конструкцију од стакла, бетона и челика која упућује на сложени систем живог организма [24].



Слика 27. Изглед фасада природњачког музеја [25]

Спирално засађени травнати кров представља пету фасаду. Приступачан посетиоцима кров у свом срцу пружа платформу за гледање баште и уједно је систем за сакупљање кишнице са одлагањем у дворишном рибњаку.



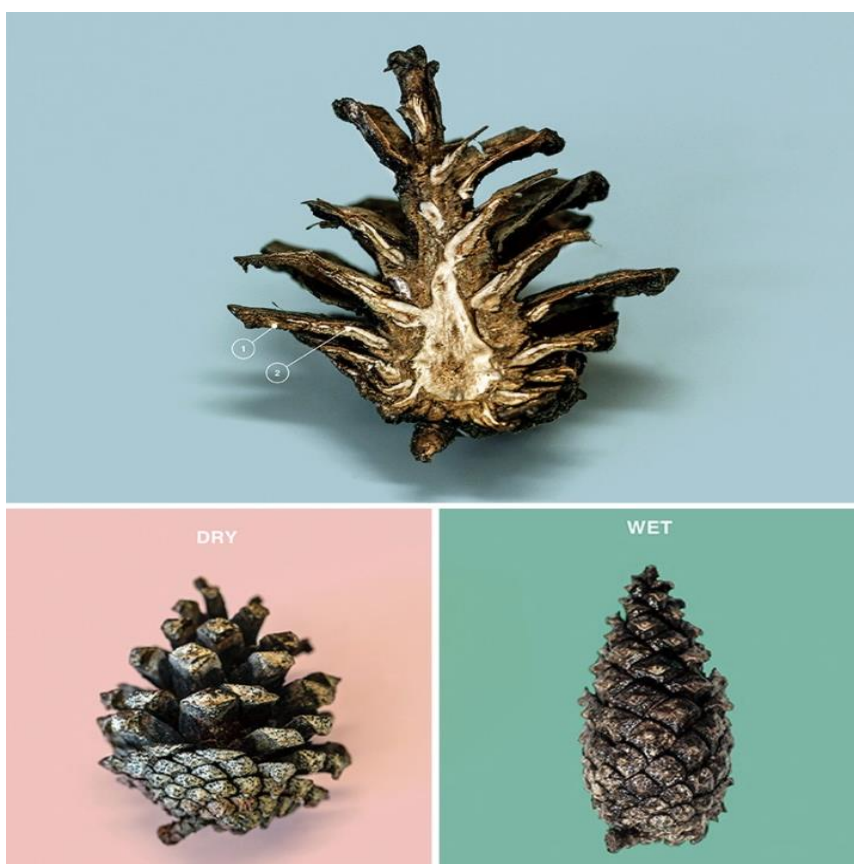
Слика 28. Поглед одозго на зелени травнати кров [25]

Одржива дизајнерска решења попут рециклирања воде и геотермалог енергетског система, приказани су као део изложбе и откривају причу о музеју објашњавајући благодати еколошких стратегија [24].

3.3.3. Бимиметичка фасада

Интересантан пример биомиметичке архитектуре представио је студент архитектуре *Chao-Chen*, који је шетајући парком једног кишног дана у Лондону добио инспирацију да механизмом реакције борових честица на киши створи биомиметичку фасаду. Инспирацију је добио када је узео борову шишарку и приметио да је она реаговала на воду тако што је затворила своју спољну љуску.

Налик на борову шишарку, развио је грађевински материјал заснован на анатомији борове шишарке које се може мењати у зависности од временских прилика.



Слика 29. Попречни пресек борове шишарке са ознакама 1 и 2; 1- Склереиди; 2- Влакна

На доњој левој слици приказана је шишарка која није дошла у додир са водом у односу на шишарку на доњој десној слици [26].

Склерици и влакна, представљају два различита слоја која су саставни део борових шишарки који различито делују приликом додира са водом. Да би заштитио своје семе конус има способност да отвори и затвори своју површину у додиру са водом. Спољашњи слој односно влакна у додиру са водом се шире и издужују више од унутрашњег што чини да се конус стеже када дође у контакт са водом. Резултат даје површину која се продужењем или криванама отвара и затвара у зависности од кише [26].

Уз ове важне информације, млади архитекта је паметно произвео иновативне архитектонске површине које се састоје из више слојева различитих материјала. Ове површине изузетно су репродуковале природно затварање борове шишарке.

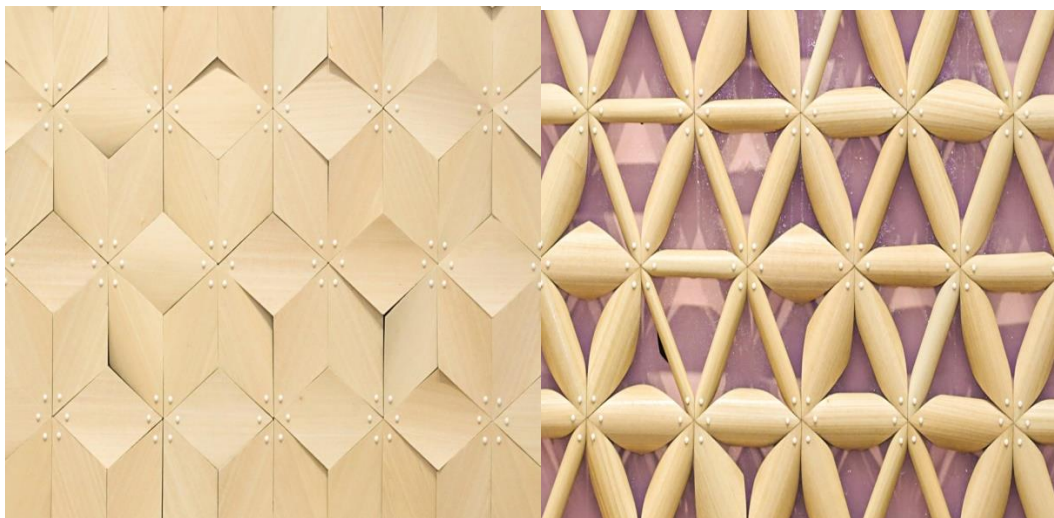


Слика 30. Репродуковано природно затварање борове шишарке [26]



Слика 30. Слојеви материјала који су коришћени за производњу површина који делују на кишу [27]

Материјали који су направљени да реагују на воду, могу да детектују ниво влажности и аутоматски промене свој облик без механичких структура или електронских елемената [27].

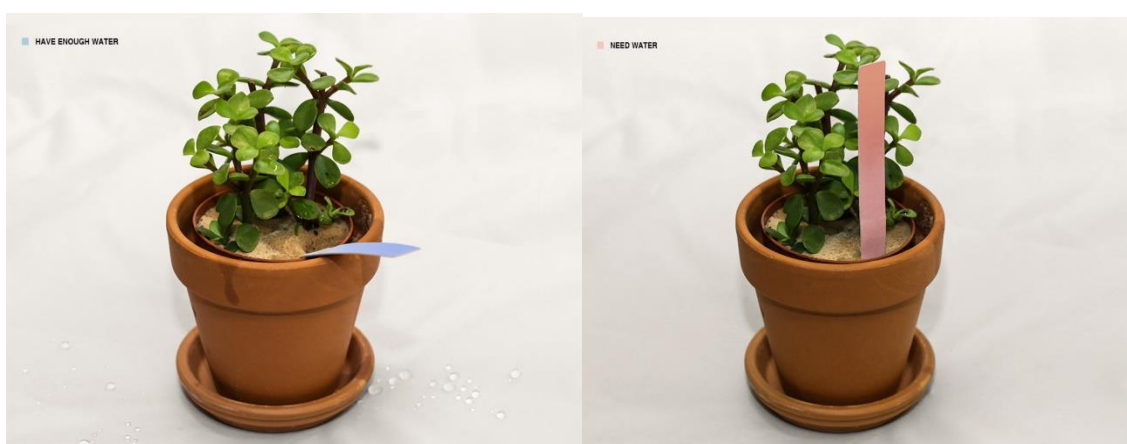


Слика 31. Десно је приказан изглед производа приликом сувог стања, док је лево приказана промена облика приликом додира са водом [26]

Постоји и прототип архитектонске површине који реагује на кишу (слика 31). Дизајниран је за омотач зграда, има површину састављену од ромбоидних елемената спојених око игле, мало као латице цвета. Свака плочица је у облику шестекута који се даље састоји од три појединачна комада ромба који се могу увијати. Ови елементи се слободно савијају и опуштају: у кишним данима површина ће бити компактна и затворена, док у сунчаним данима ови елементи се шире и омогућавају сунчеву радијацију да прође кроз себе.

Дизајниран за веома кишне и сиве градове, материјал је светлих нијанси, како би фасадама дао више светлине и учинио мрачне дане лепшим

Поред архитектонских зидова, млади архитекта идеју о реакцији на воду има и за друге примене. Његова идеја може се искористити и код биљака, као индикатор влаге биљкама да укаже да ли јој је потребна вода или не [26].



Слика 32. Иновативна идеја искоришћена и на биљкама [27]

Када је земља сува, штап је у усправом положају и даје црвени сигнал који означава да је неопходно заливање биљке. Када штап покаже плаву страну значи да земља има довољно воде и да је све у реду [27].

4. Дизајн биомиметичке кациге

4.1. Идеја

Читањем и истраживањем у области биомиметике, највеће интересовање је привукла способност појединих јединки да се у тренуцима опасним по њихов живот, својом грађом и одбрамбеним механизмима заштите од потенцијалних предатора. Захваљујући овакавом типу организма, којима је еволуција при рођењу доделила да буду корак испред грабљивица, највећу пажњу је привукла животиња из породице сисара која у свом животињском свету важи за “неосвојиву тврђаву” - Армадиљо (деветопојасни оклопник). Овај епитет је добио због оклопа који прекрива читаво његово тело и у тренуцима када је угрожен своје тело склупча и тако онемогући великом броју грабљиваца да постане њихов плен.



Слика 33. Приказ склупчаног Армдиља [28]

Армадиљо је близак рођак лењиваца и мравоједа. Њихова просечна дужина је око 75 цм, укључујући и реп. Џиновски армадиљо нарасте до 150 цм и тежи до 60 кг, док ружичасти вилински армадиљо има укупну дужину 12-15 цм. Све врсте су пореклом из Северне и Јужне Америке, где настањују различита станишта, нарочито у Парагвају и околним подручјима [29].



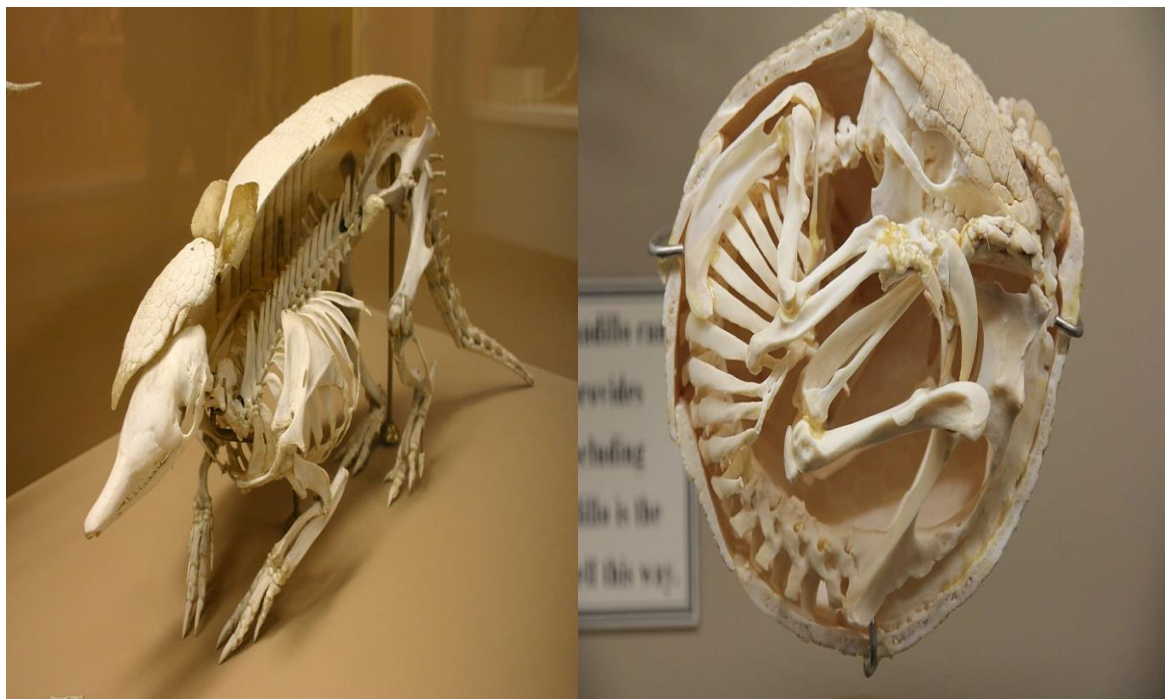
Слика 34. Станиште које настањују Армадиље [29]



Многе врсте су угрожене. Као и већина малих сисара, ослања се на своје чуло мириса када лови и када покушава да се спасе од потенцијалних предатора. Води се као животиња која има најјачи и најотпорнији оклоп на свету. О томе колико је његов оклоп јак, сведочи и податак да је пре неколико година један мушкарац из Тексаса испалио метак у њега, који се одбио и погодио човека у главу [30].

Слика 35. Изглед Армадиља [30]

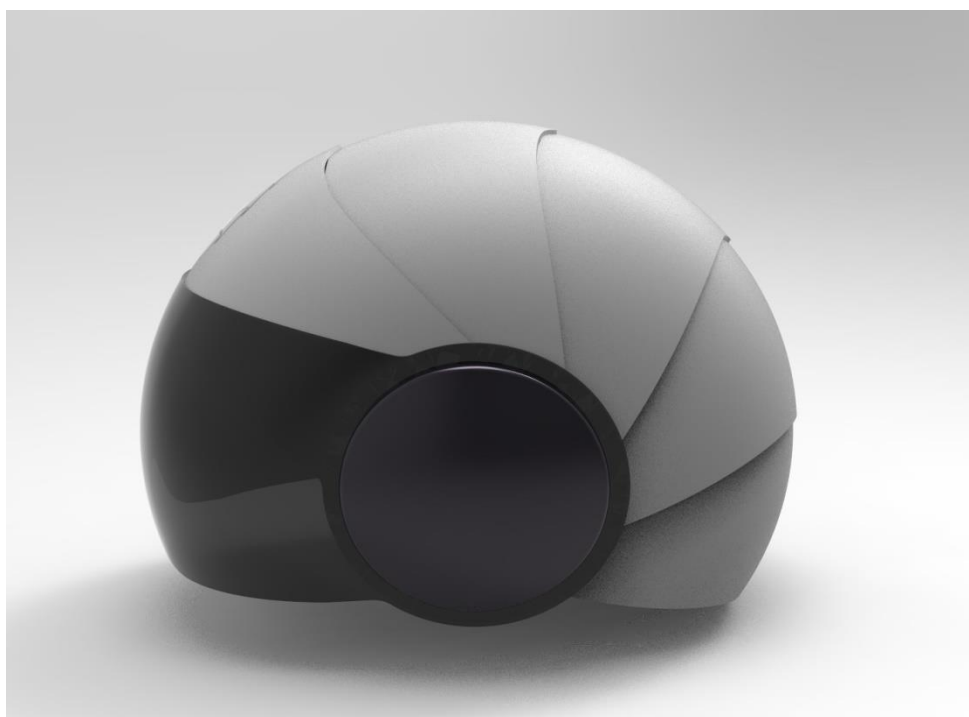
Током информисања о овој јединственој животињи, размишљало се о томе како би било корисно по човека да се овај начин заштите примени у његов свакодневни живот и заштиту од великог броја опасних ситуација у којима би се он налазио. Посматрајући његову физиономију и облик плоча који штите његово тело, дошло се на идеју да се тај облик и структура оклопа примени у најчешће коришћеној заштитној опреми, кациги за моторна возила.



Слика 36. и 37. Скелет армадиља [31]

4.2. Преглед постојећег решења кациге

Познато је да је кацига обавезна заштитна опрема приликом управљања моторима и скутерима, сем тога она представља важну улогу у заштити људских живота приликом несрећа. Широм света доступно је небројано много кацига различитих димензија, облика и материјала али ни једна није направљена на основу структуре и облика од које је сачињен оклоп Армадиље. На слици 34. приказано је постојеће решење иновативне кациге налик на Армадиљо.



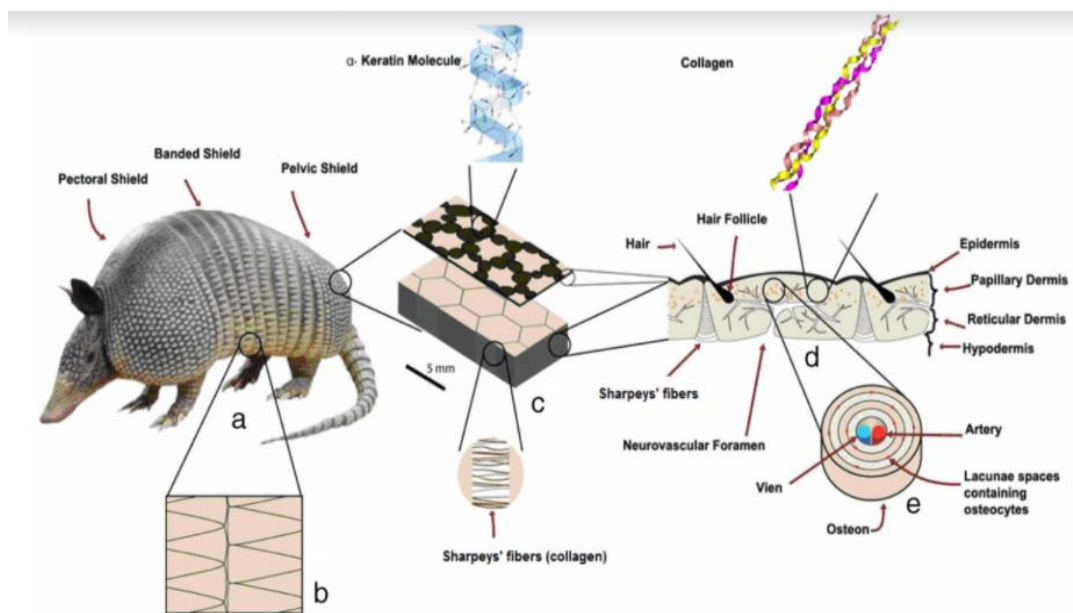
Слика 38. Постојеће решење кациге

4.2.1. Материјал

Могућности кациге у потпуности зависе од њеног квалитета. Основна карактеристика заштитне улоге кациге јесте материјал од којег је она направљена.

Армадиљо има јединствени заштитни коштани оклоп, назван остеодерм, који својој кожи налик шкољци даје карактеристична механичка својства. Горњи слој шкољке је направљен од тамносмеђег кератинског слоја различитих величина. Испод кератинског слоја остеодерма, оклоп се састоји од шестоугаоних или троугластих плочица које су саставом исте као и кост. Плочице су повезане неминерализованим колагеним влакнима које називамо “Шарпијева влакна”. Чврсте и високо минерализоване плочице имају затезну чврстоћу од око 20 МПа жилавост око 1,1 MJ/m³. Поређења ради, хидрирана остеодерма има нижу затезну чврстоћу 16 МПа и жилавост од 0,5 MJ/m³.

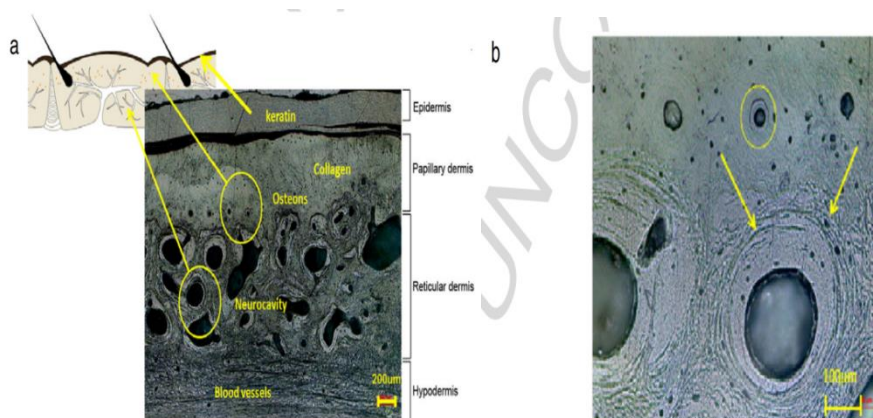
Плочице приказују 2 фенотипа (физичка облика), зависно од регије у којој се налазе. Они су шестоугаоно обликовани у грудном и карличном пределу и имају троугласте структуре дуж средњег дела [32].



Слика 39. Приказ слојева оклопа и њиховог састава [32]

У оквиру пресека плочица, опажају се 4 различита слоја од спољашњости ка унутрашњости. То су: епидермис, папиларни слој, ректуларни слој и хиподермис.

Епидерма је састављена од кератина и игра само мању улогу у заштити од механичких сила. Папиларни дермис састављен је већином од крвожилних канала из доњег слоја хипердерме и тако обезбеђује остале слојеве хранљивим материјалима. Остеон је основна јединица кортикалне кости и идентификован је као централни васкуларни канал обмотан концентричним ламелама од којих је свака састављена од орјентисаних минерализованих колагених влакана. Слој ректуларног дермиса карактерише велика количина порозности а доњи слој хиподермиса има омотач колагена окружен крвним судовима [31].



Слика 40. Микроскопски пресек остеодерме [32]

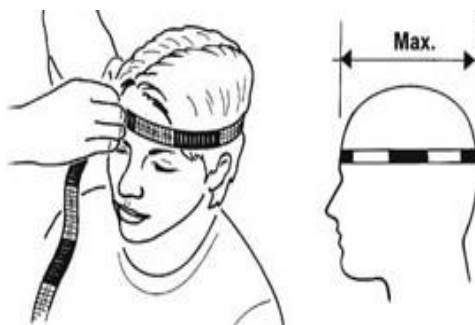
По угледу на оклоп ове животиње, који је композитни материјал састављен од тврдих минерализованих плочица повезаних меким неминерализованим колагеним влакнима (Шарпијевим влакнима), долази се на идеју да се иновативна кацига такође израђује од композитних материјала сличних механичких својстава који се иначе користе у производњи заштитне опреме. Идеја је да се кациге овог типа састоје од више слојева, тако да спољни слој буде израђен од стаклопластике која је помешана са осталим материјалима ради постизања чврстоће, дуготрајности и отпорности на ударце. По узору на Шарпијева влакна користили би се различити типови арамида и угљеничних влакана који се мешају са стакленим влакнима и пружају довољну чврстоћу [5].

Ови типови структуре кациге се иначе користе у сврхе заштите мотоциклиста и заљубљенике у екстремне спортове.

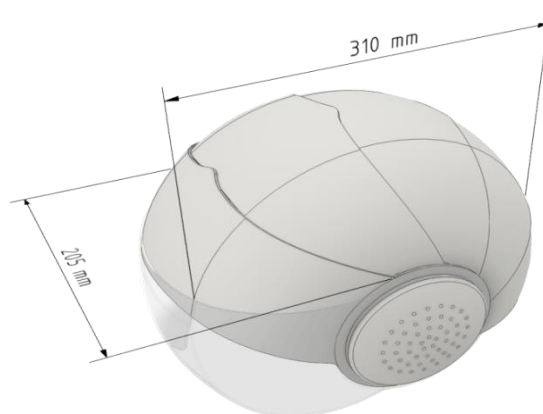
4.2.2. Димензије

Димензије кациге усклађене су са стандардним мерама обима глава код оба пола и свих узраста човека. Стандардна димензија обима које се иначе користе у производњи кацига су:

- XS од 45 до 51цм
- S од 51 до 55 цм
- M од 55 до 59 цм
- L од 59 до 63 цм
- XL од 63 цм



Као полазни модел кациге изабране су димензије обима главе код човека средњих година, мушког пола, величине L (59-63цм). Приказане су спољне димензије кациге према поменутом стандарду обима главе. На слици 41. је приказана само спољна заштитна љуска кациге која ће бити помињана кроз наставак рада.



Слика 41. Ширина и дужина кациге

Акценат је стављен на спољну лџуску јер она има примарну улогу у заштити од потенцијалних повреда човека. Једна од ствари која ову кацигу повезује са армадиљом јесте њен механизам заштите, тј. способност кациге да се приликом коришћења (излагања потенцијалној опасности) из збијеног прошири у развијени кружни облик. Самим тим и димензије кациге варирају од положаја у ком се налази кацига.



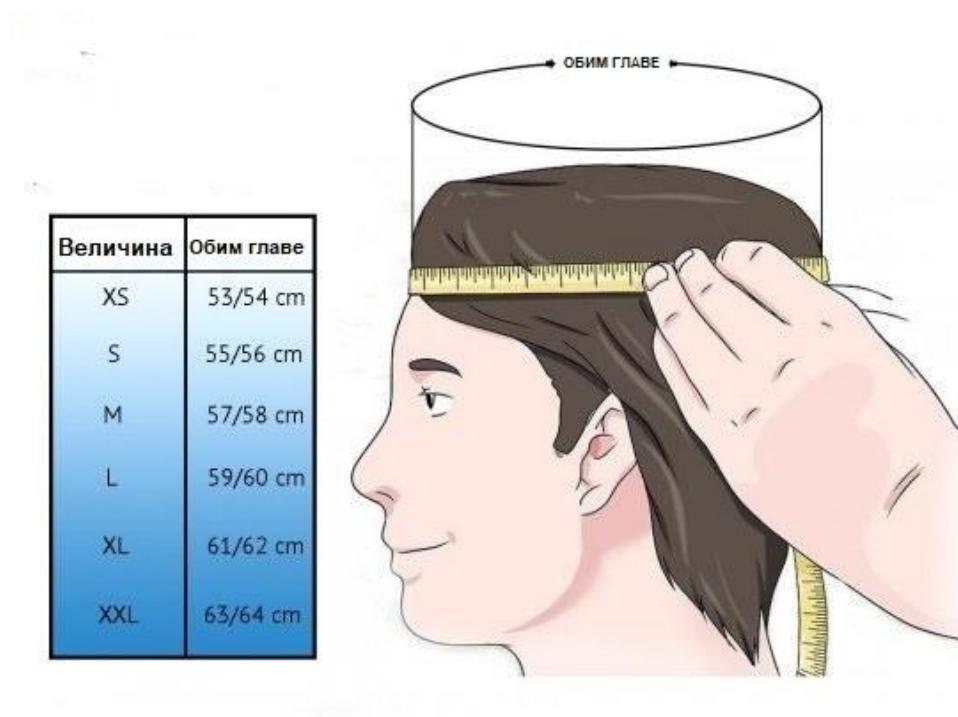
Слика 42. Фазе кациге од збијеног до развијеног облика

4.2.3. Ограничења

При истраживању и пројектовању, установљено је да ова као и свака друга кацига има своја ограничења превасходно по питању димензија, тј. обима главе особе која носи кацигу. Обим главе код човека зависи од два фактора, узраста појединца и пола. На слици 43. је приказана табела са опште прихваћеним обимима глава које се сврставају у неколико категорија према узрасту.

Узраст	Дечаки	Девојнице
• 1 година	43-49 цм	42-48 цм
• 2 године	46-51 цм	45-50 цм
• 3 године	47-52 цм	46-51 цм
• 4 године	48-53 цм	46-52 цм
• 5 година	49-54 цм	47-53 цм
• 6-7 година	50-55 цм	48-54 цм
• 8-10 година	51-56 цм	49-55 цм
• 11-14 година	52-57 цм	50-56 цм
• 15+ година	53-58 цм	52-58 цм

Слика 43. Димензије обима главе код припадника млађе популације



Слика 44. Димензије обима главе код припадника старије популације [33]

Други фактор који утиче на димензију кациге тј. обима главе јесте пол човека. Сходно томе постоје стандардизоване мере за припаднике мушког и женског пола које улазе у генерализовани обим главе.

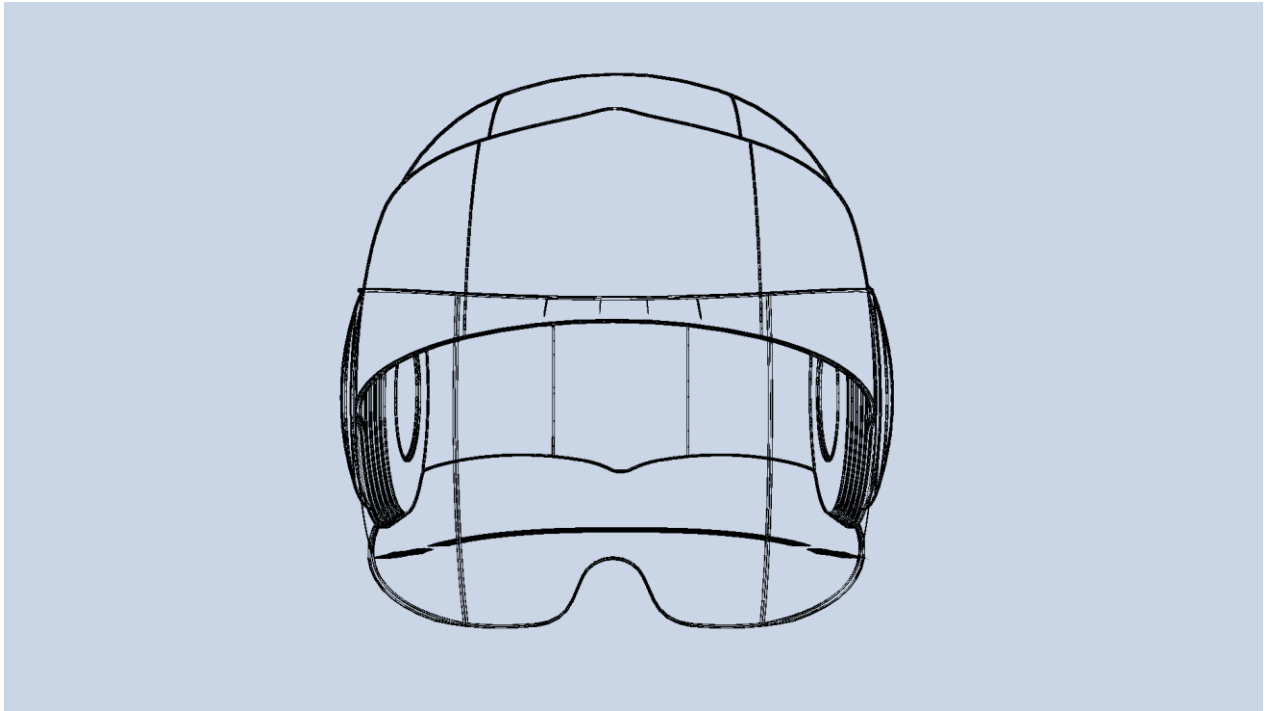
Поред ограничења по питању димензија, постоје и ограничења по питању материјала и усклађивања различитих врста материјала и редоследу усклађивања. У ове сврхе се користе материјали велике жилавости и проткани специјалним влакнима намењеним да танак слој ових материјала буде довољно чврст и издржљив. Материјали од којих се израђује ова кацига морају бити атестирани на издржљивост при различитим врстама испитивања чврстоће материјала. Пример материјала који се користе су дати у поглављу 4.2.1.

Приликом пројектовања ове кациге уочено је и ограничење по питању механизма склапања и расклапања кациге из збијеног у развијени облик. Елементи овог механизма такође морају бити израђени од материјала високе издржљивости како би приликом евентуалне несреће механизам издржао потенцијалне ударе.

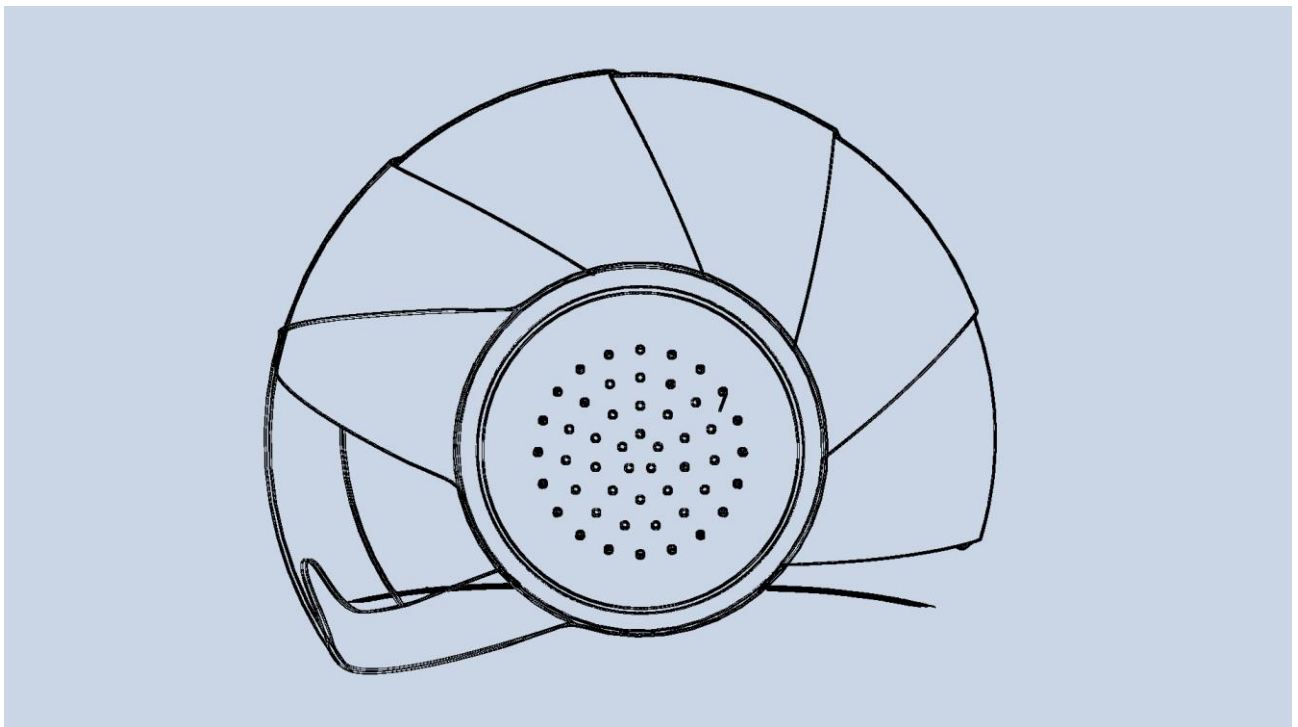
4.3. Скице

У овом поглављу представљене су скице кациге из више погледа. Скице представљају груби полаз одакле се даље започиње моделирање.

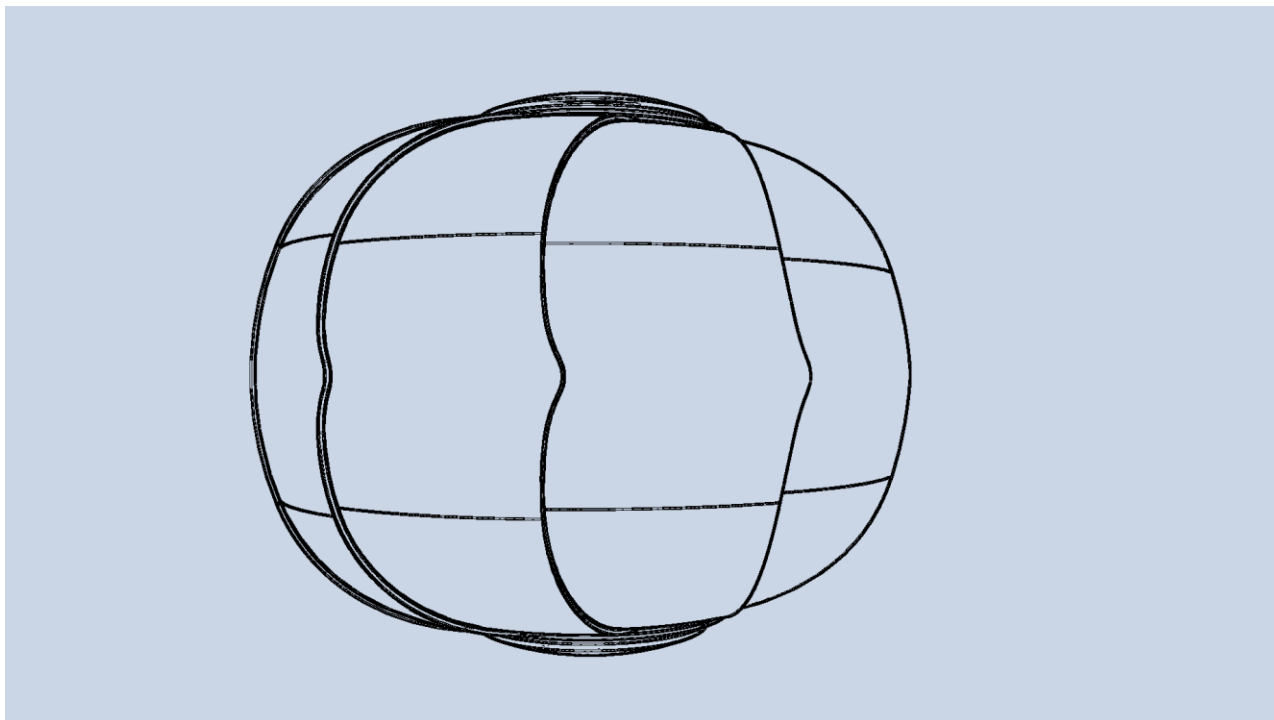
На сликама је представљено прелиминарно решење кациге које је касније проистекло у завршни модел.



Слика 45. Скица кациге спреда



Слика 46. Скица кациге са стране



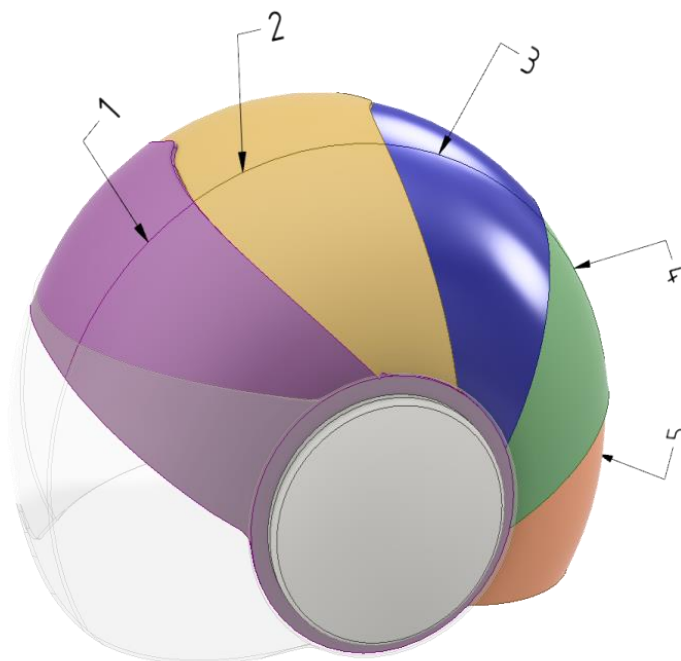
Слика 47. Скица кациге одозго

4.4. Развој решења

Као полаз развоја идеје узете су главне карактеристике и особине ове животиње и њене инстинктивне способности да се заштити од потенцијалне претње по живот. Основни вид заштите, као што је већ поменуто јесу материјал и положај у коме се налази ова животиња приликом самоодбране.

Кроз развој и осмишљање кациге, полази се од идеје да се она састоји од неколико сегмената који се кроз своју попречну осу ротирају из увијеног у развијени положај, налик инстинктивном реаговању армадиље приликом опасности.

У току развоја испробаван је различит број сегмената и установљено је да је најадекватнији број сегмената 6, заједно са визиром.



Слика 48. Приказ сегмената

Тај број је установљен на основу заштитне површине сваког од сегмената и брзине развијања у завршни оклоп.

Након што је утврђен број сегмената, истраживан је склоп материјала и слојеви на љуштури, како би се најбоље ускладили врста материјала и њихов редослед на кациги. Услед усаглашавања механичких својстава кациге, уследило је дефинисање ергономског облика како би кацига што боље пратила облик главе човека.



Слика 49. Провера ергономије

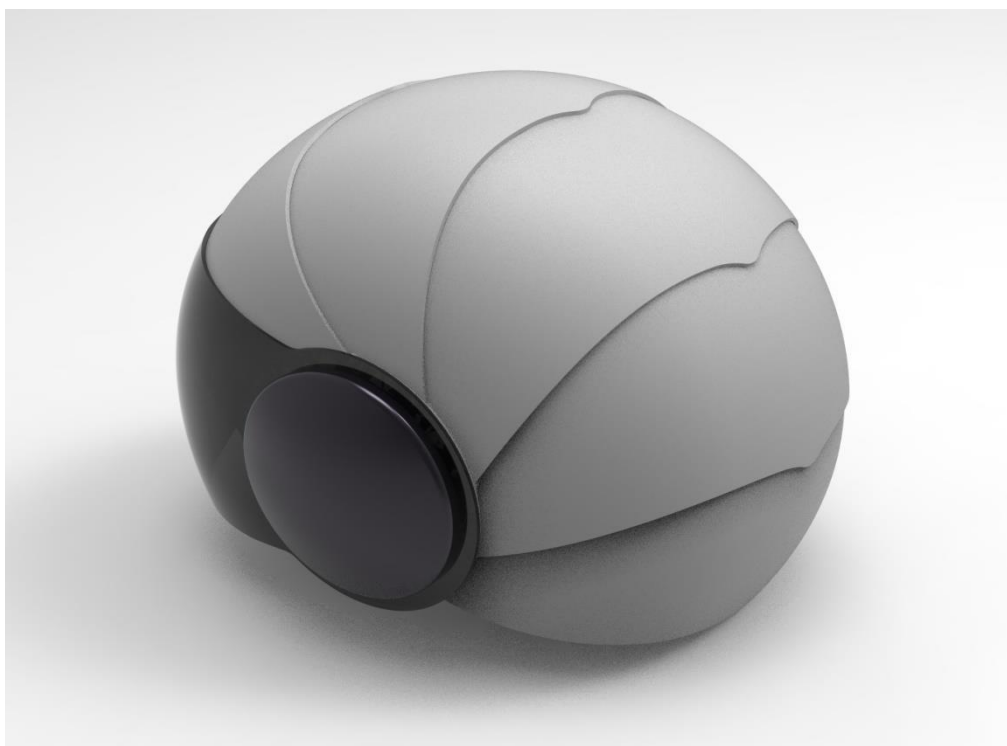
Као резултат три кључна параметра (материјал, механизам и ергономија), добијена је кацига која је представљена на следећим сликама (50 - а,б,в,г)



Слика 50. а) - Приказ крајњег решења кациге (профил)



Слика 50. б) - Крајњи приказ kacигe (полупрофил)



Слика 50. в) - Крајњи приказ kacигe (са стране)



Слика 50. г) - Крајњи приказ кациге (спреда)

Корекције и уочавање

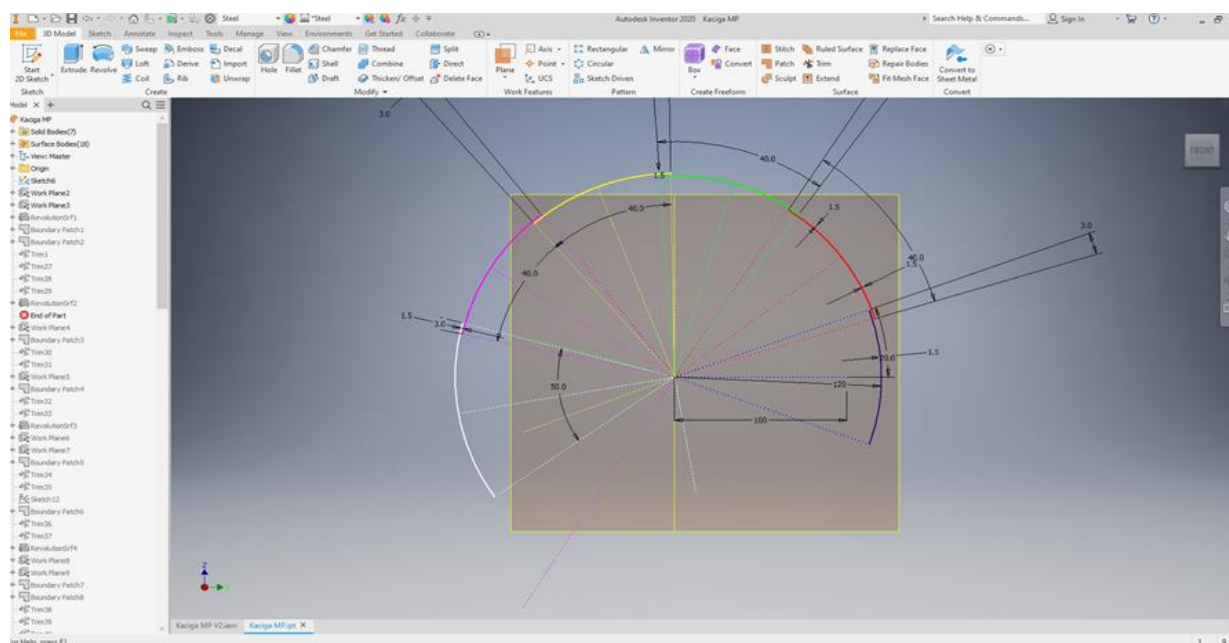
Приликом пројектовања и развоја идеје у крајње решење, било је пар корекција на кључним ставкама које су праћене.

Једна од корекција је број сегмената. У почетку за ново решење коришћено је 9 сегмената без визира и испоставило се да што већи број сегмената као резултат даје дуже време отварања кациге, већи број механичких потенцијалних проблема, веће габарите и лошу ергономију. Као последица тога, изабран је оптималан број који задовољава потребне критеријуме.

4.5. Моделирање

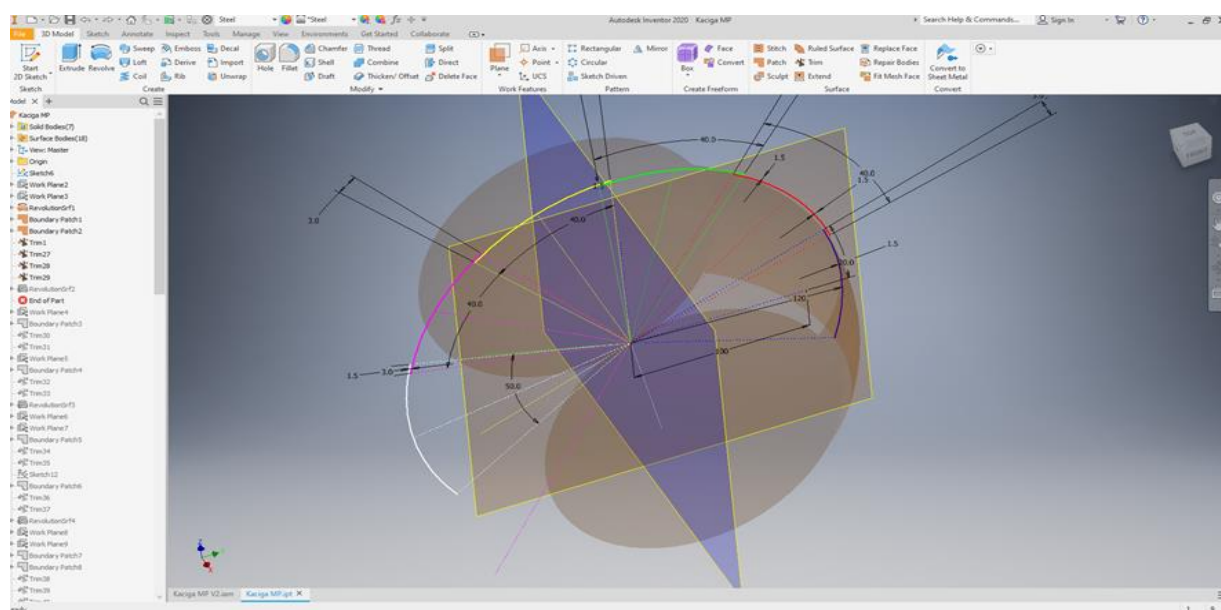
Ток моделирања кациге представљен је кроз наставак рада у виду фотографија из софтвера у ком је модел рађен , као и пропратног описа испод слика (51-58).

На слици 51. приказан је почетак моделирања кациге. На почетку моделирања пре свега је нацртана скица на којој је јасно дефинисан број, положај и позиција сегмената на кациги.



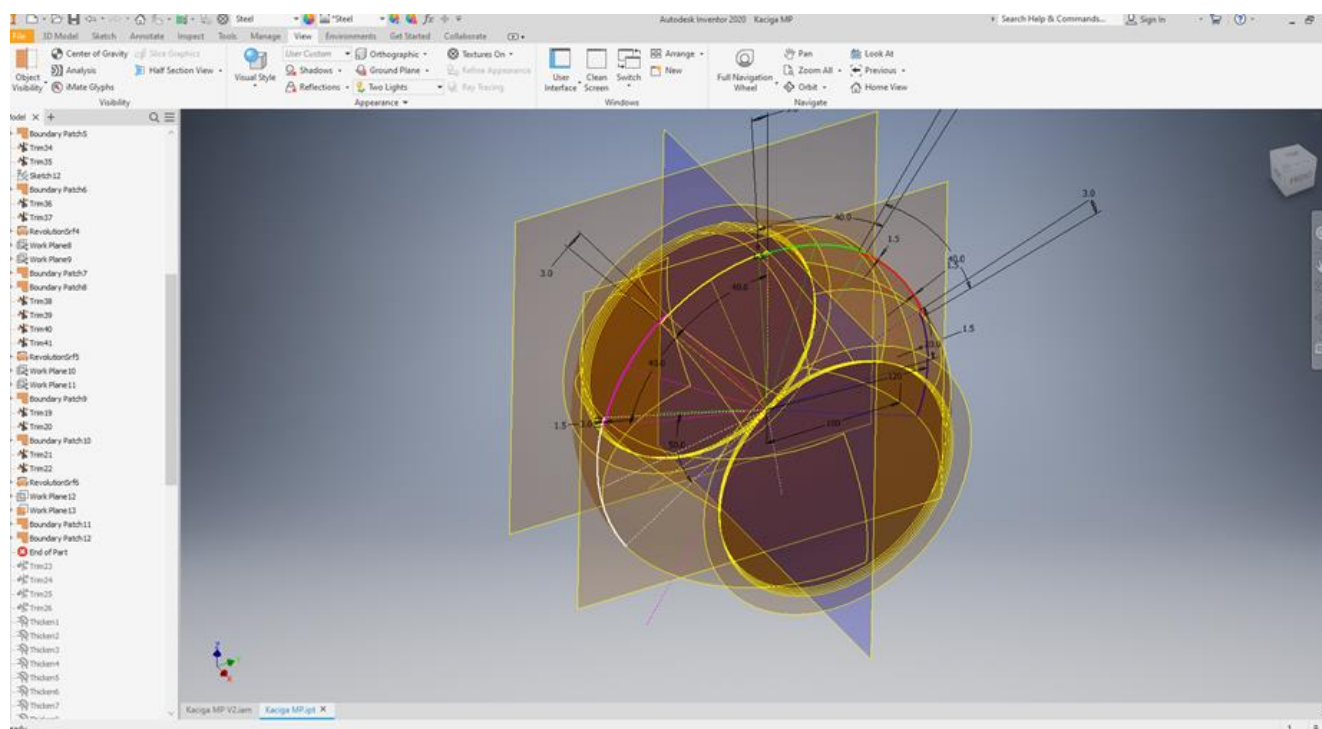
Слика 51. Почетак моделирања кациге

На следећој слици, слици 52. приказана је израда повшина уз помоћ које је на крају развијена љуштура за први сегменат.



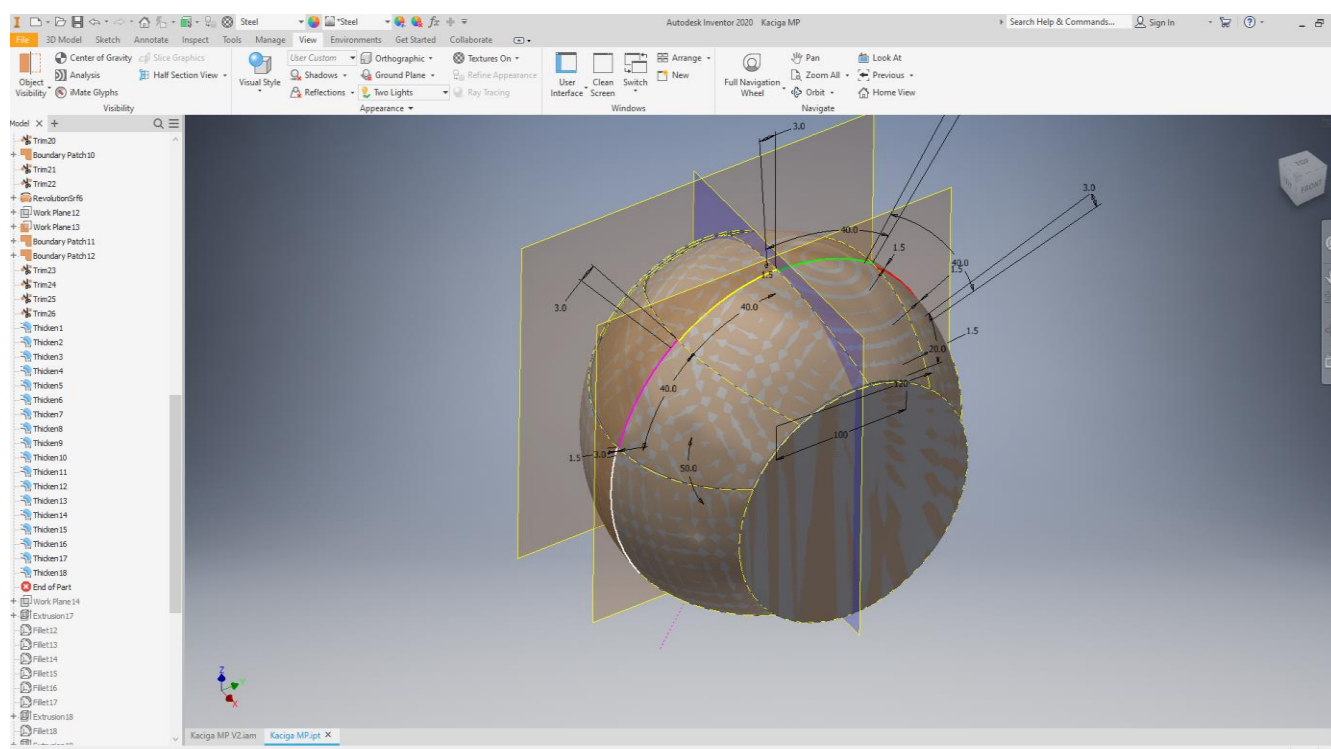
Слика 52. Израда површина

Након тога, уз помоћ површина на исти начин су измоделирани остали сегменти кациге и љуске која ће представљати визир (слика 53.).



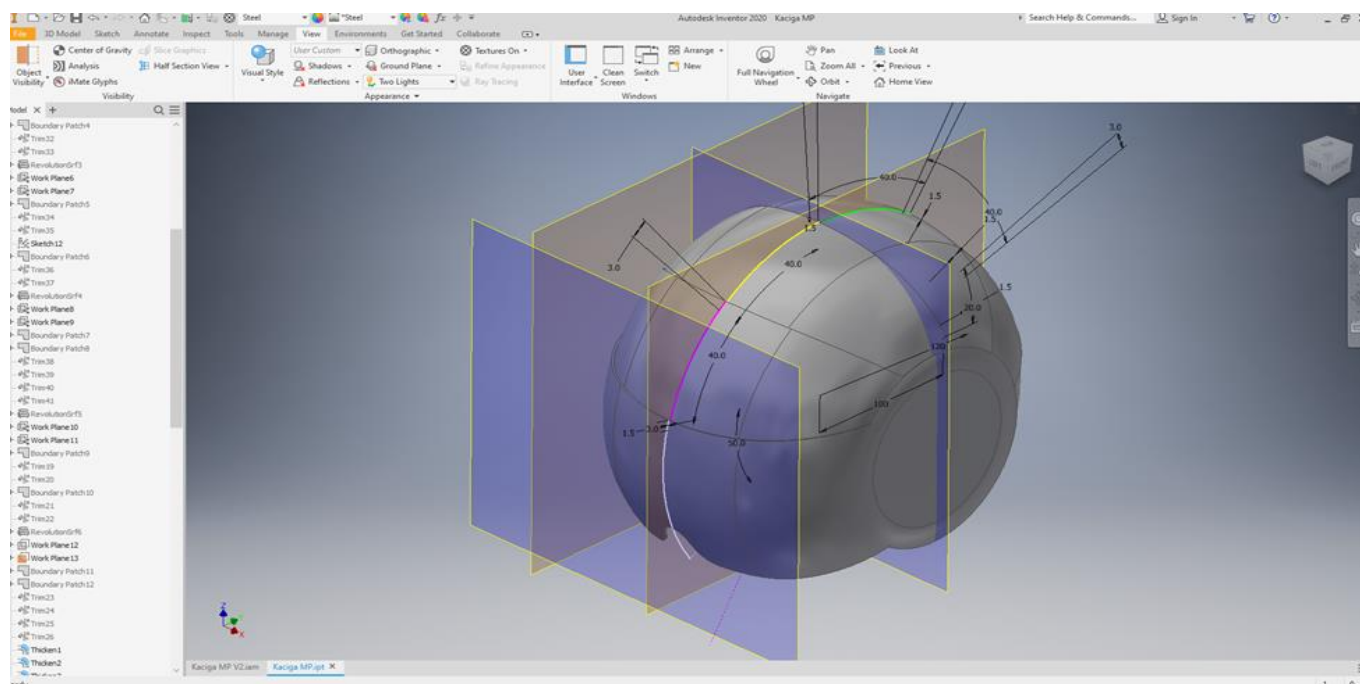
Слика 53. Завршно моделирање сегмената и визира

Површине које су претходно постављене, сада се уз помоћ алатке „*Thicken*“ претварају у солиде који ће дати коначан облик кациги. Овај поступак представљен је на следећој слици, (слика 54).



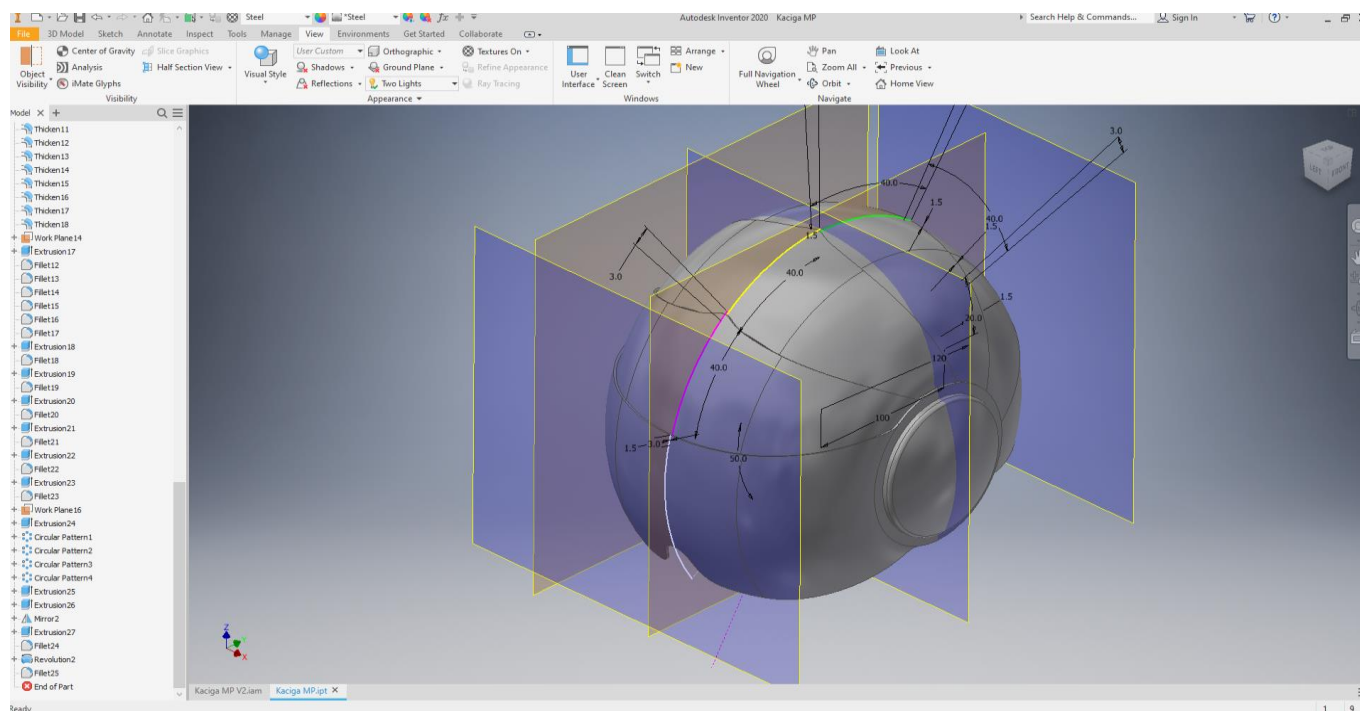
Слика 54. Претварање површина у солиде уз помоћ алата „Thicken“

На слици 55. су представљени солиди који су извучени из површина, након грубог облика помоћним алаткама доводе се у крајњи облик кациге. У овом делу моделирања, на визиру се отвара и прорез за нос човека.



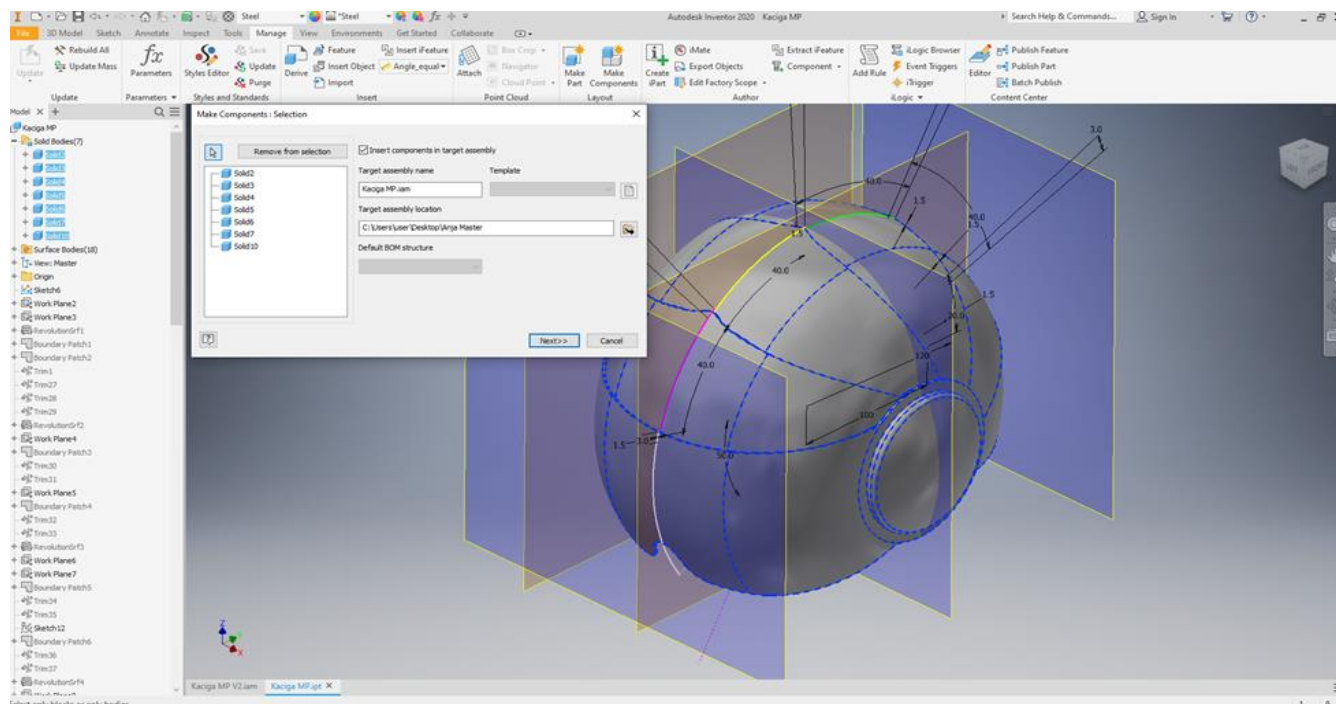
Слика 55. Довођење кациге у крајњи облик и отварање прореza на визиру

Након дефинисања визира, дефинише се специфичан облик љуштуре на сваком од сегмената и поставља се заштитиник за уши око чије попречне осе ће се касније ротирати сви сегменти (слика 56.).



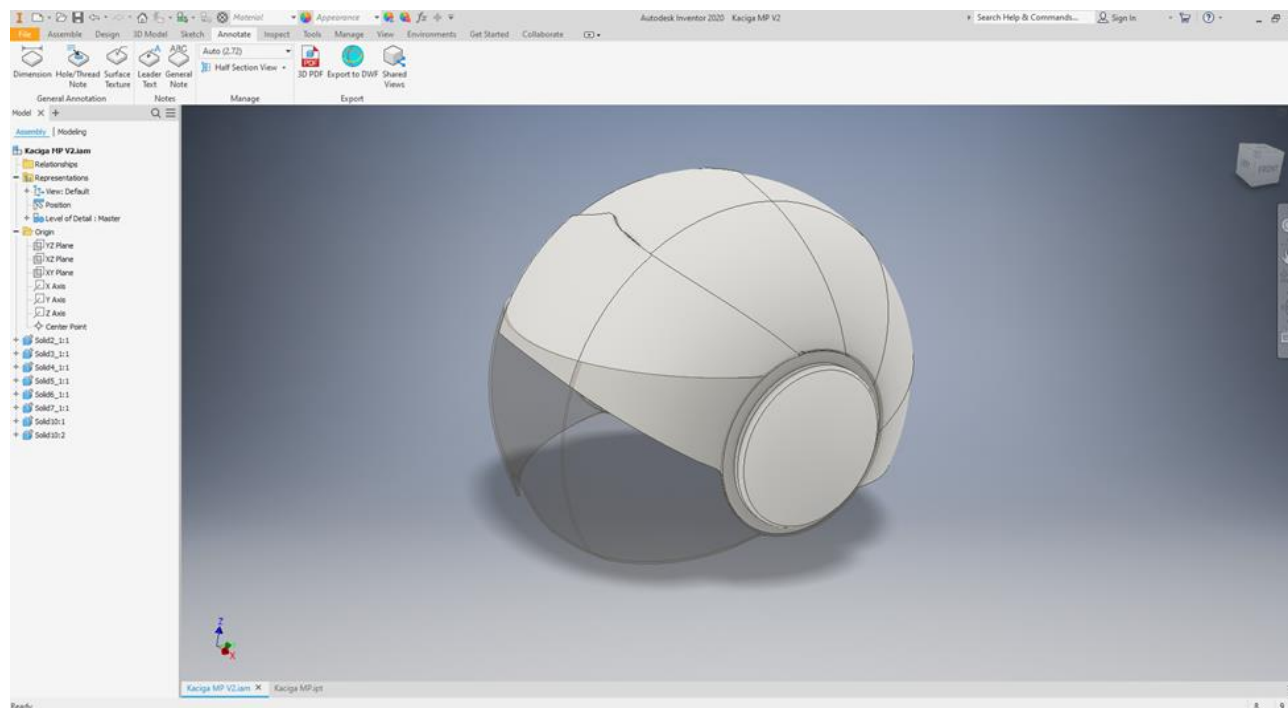
Слика 56. Дефинисање специфичног облика љуштуре

Када су у „*Part*“ окружењу измоделирани сви сегменти и кациги дат коначан облик, уз помоћ алата „*Make Components*“ солиди из овог окружења претварају се у појединачне делове склопа.



Слика 57. Претварање солида у појединачне делове склопа

На слици 58. приказано је „*Assembly окружење*“ - у коме се виде сви појединачни елементи склопа који су пре тога измоделирали.



Слика 58. „*Assembly окружење*“

4.6. Ергономија

Једна од веома битних карактеристика сваког предмета који је нашао примену у човековој свакодневници јесте и ергономија односно удобност и прилагођеност анатомији људског тела за који је тај предмет намењен.

Кључну улогу за ергономију сваке кациге има мекани слој који се налази између спољне заштитне љуштуре и главе човека. Мекани слој је слој који је израђен углавном од полистирена. Тај слој има функцију постизања веће удобности и сигурности главе. Овај мекани слој може апсорбовати ударце с тим да задржава облик при било каквом ударцу. Ово је један од најважнијих слојева и помаже у регулисању температуре унутар кациге. Због своје порозне природе може пропустити ваздух и пружити одличну вентилацију.

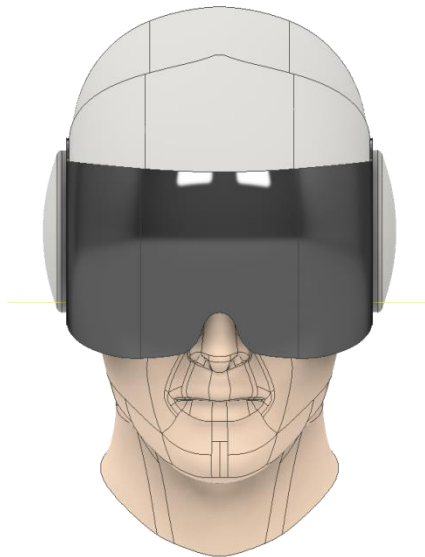
Следећи јако битан слој је облога и то је слој који је видљив унутар кациге. Постава је направљена од материјала који делују антибактеријски и помажу апсорпцији зноја, обично се могу водити како би се могле очистити.

Поред ова два слоја најновији додатак кацигама јесу јастучићи образа који помажу да кацига потпуно пријања на главу/лице. Израђени су од мекане пене, осигурвајући да кацига не падне са главе током несреће. Они такође додају дозу удобности док је кацига на глави [34].

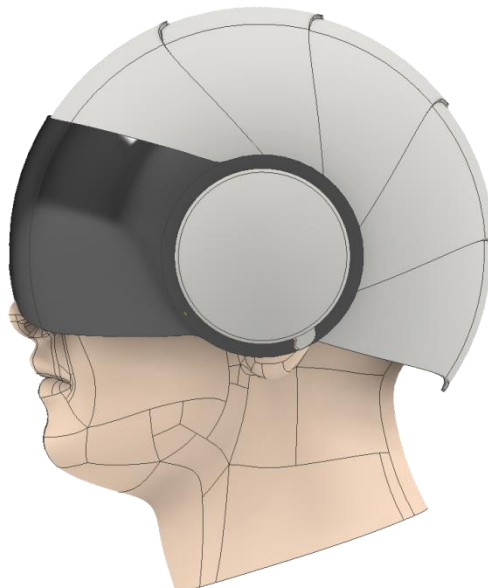


Слика 59. Унутрашњи део кациге [34]

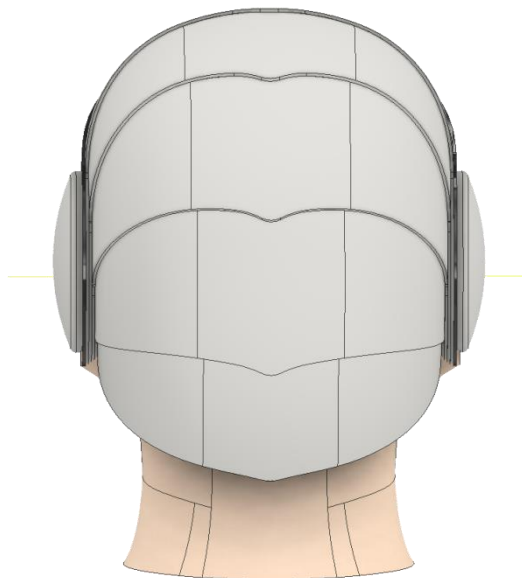
Водећи се овим већ постојећим дизајном унутрашњег дела kacиге који је усвојен од стране већине произвођача најсавременијих kacига, на сликама (60, 61, 62 ,63) представљена је симулација тих унутрашњих слојева у комбинацији са мојом пројектованом спољном лџуштуром и обликом главе човека.



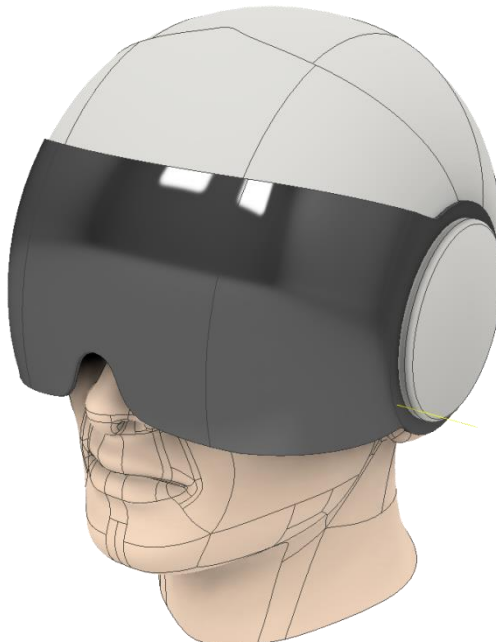
Слика 60. Приказ ергономије спреда



Слика 61. Приказ ергономије из профила



Слика 62. Приказ ергономије одпозади



Слика 63. Приказ ергономије - полупрофил

Закључак

Након истраживања и читања разних литература из области биомиметике као закључак може се извући да постоји небројано много процеса и структура из природе које човек може да примени у своју корист.

Поред тога што природа делује само под утицајем сунчеве светлости, користи само онолико енергије колико јој је потребно, рециклира све што може, напредује кроз сарадњу и зауставља расипање од почетка, мудрост природе има још много више да открије човеку, али то ће бити могуће, како каже филозофска традиција, само када се људи заиста осете посвећени својој околини и одговорни за примену наученог.

Један од најактивнијих научника у биомиметичком Ото Шмит (Otto Shmith) сектору чврсто је уверен да што више људи на свету делује на сличан начин као што природна делује на околину, дуже ћемо опстати на овом свету.

Као резултат мог истраживања у области биомиметике, у раду је представљена оригинална идеја о примени решења из природе на пројектовању кациге пратећи ту идеју. Идеја да се најјотпорнији оклоп животиње армадиље проучи и примени у свакодневном животу човека у овом раду је и реализована. Кацига која је испројектована у програму “Autodesk Inventor”, садржи принципе механизма које има и оклоп армадиља. Осим механизма, решење ове кациге огледа се и у структури материјала од којих је она израђена. Слојеви материјала као и сам материјал играју најважнију улогу у изради ове кациге јер су управо они ти који и чине да армадиља буде “неосвојива трвђава” у природи.

Поред оваквог начина примене, који је наведен у раду, ова јако интересантна тема је инспирација за наставак разраде идеје која је представљена као и даље истраживање и објашњавање биомиметике, јер управо је смисао проучавања билошких процеса у томе да се они објасне и примене у људске сврхе.

Такође, информисање о овој области доводи до размишљања о томе да постоји небројано много праваца у којим би истраживања у области присвајања процеса и структуре материјала из природе, могла да иду. У свету као и у овом раду, приказан је само мали број примера у односу на то шта све човек може да научи и искористи из природе.

Литература

- [1] Преузето са интернет странице: Brooks, F.P. (2010) *The design of design: Essays from a computer scientist*, Addison-Wesley Professional. ISBN 0-201-36298-8.
- [2] Преузето са интернет странице: <https://www.toptal.com/designers/product-design/design-strategy-guide>
- [3] Преузето са интернет странице: Helsinki Design Lab, Sitra.
<http://www.helsinkidesignlab.org/pages/what-is-strategic-design.html>
- [4] Преузето са интернет странице: <https://www.strate.education/gallery/news/design-definition>
- [5] Преузето са интернет странице : <https://www.toptal.com/designers/product-design/design-strategy-guide>
- [6] Преузето: Местеовиц Матрко/Кривопац Федор - *Основне методологије индустријског дизајна*, Загреб 1998.
- [7] Ayat A. Rahim Al. Ahmed S. - *BIOMIMICRY IN ENVIRONMENTAL ARCHITECTURE*, EGYPT, 2010
- [8] Преузето: Benyus, Janine (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York, USA.
- [9] Слика 6. преузета са интернет странице: McDougall, Len (2004). *The Encyclopedia of Tracks & Scats*. Globe Pequot. стр. 211
- [10] Преузето са интернет странице:
<https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/biomimetica-natura-modello-design-architettura-125>
- [11] Преузето: Vincent, JFV (2009). "Biomimetics — a review". *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*.
- [12] Ивановић Л., Кузмановић С., Вереш М., Рацков М., Марковић Б., Индустријски дизајн, ISBN 978-89-6335-017-5, Крагујевац, 2015.
- [13] Преузето са интернет странице: <http://dibuenas.blogspot.com/2011/03/biomimetica-uma-revolucao-tecnologica.html>
- [14] Преузето из: Политикин забавник број 3008. Датум: 2.10.2009. „Кад технологија копира природу“, рр. 50. Издаје и штампа: Политика АД.
- [15] Преузето са интернет странице: <https://galaksijanov.rs/trcanje-naglavacke/>
- [16] Преузето : Yuan, Zhiqing (15. Novembar 2013). "A novel fabrication of a superhydrophobic surface with highly similar hierarchical structure of the lotus leaf on a copper sheet". *Applied Surface Science*. **285**: 205–210.
- [17] Сlike 12. и 13. преузете са интернет странице: McDougall, Len (2004). *The Encyclopedia of Tracks & Scats*. Globe Pequot. стр. 168

- [18] Преузето: Schmitt O. Third Int. Biophysics Congress. 1969. Some interesting and useful biomimetic transforms. p. 297.
- [19] Преузето: Yan Ji and Stellios Plainiotis (2006): Design for Sustainability. Beijing: China Architecture and Building Press
- [20] Преузето: Michael Pawlyn, "Biomimicry," in Green Design: From Theory to Practice, edited by Ken Yeang and Arthur Spector, (London: Black Dog, 2011), 37.
- [21] Преузето: Robert (11 June 1994). "Offices that breathe naturally". *New Scientist* (1929). Retrieved 31 January 2006.
- [22] Преузето са интернет странице: <https://www.livinspaces.net/ls-tv/watch-how-the-eastgate-center-in-zimbabwe-cools-itself-without-air-conditioning/>
- [23] Преузето са интернет странице: <https://biomimicron.wordpress.com/2012/12/11/biomythology-eastgate-gate-or-how-the-eastgate-centre-harare-is-not-like-a-termite-mound/>
- [24] Преузето са интернет странице: Tong-Xiang, Suk-Kwun, Di Zhang. "Biomorphic Mineralization: From biology to materials." State Key Lab of Metal Matrix Composites. Shanghai
- [25] Сlike 12. и 13. преузете са интернет странице: <https://perkinswill.com/project/shanghai-natural-history-museum/>
- [26] Преузето са интернет странице: <https://retaildesignblog.net/2015/07/21/water-reaction-material-by-chao-chen/>
- [27] Преузето са интернет странице: <https://www.paintersincentrallondon.co.uk/blog/water-reacting-architectural-surface>
- [28] Сlike 33. преузета: Smith, J. (2007). *It's only natural*. The Ecologist
- [29] McDougall, Len (2004). The Encyclopedia of Tracks & Scats. Globe Pequot. стр. 266.
- [30] Сlike 35. преузета: Hargroves, K. D. & Smith, M. H. (2006). *Innovation inspired by nature Biomimicry*
- [31] Сlike 36. и 37. преузете: *Wildlife Explorer: Nine-Banded Armadillo*. USA: International Masters Publishers, 1998
- [32] Преузето са интернет странице: <http://meyersgroup.ucsd.edu/papers/journals/Meyers%20348.pdf?fbclid=IwAR1qbG2Gtm63XrqQwXdPYUP9WVjSMhhLsPZTS8bQuslEsGegDVZnc5f5l2k>
- [33] Сlike 43. и 44. преузете са интернет странице: <https://www.totalbike.rs/blog/vodic-za-kupovinu-kacige-kako-izmeriti-obim-glave>
- [34] Преузето са интернет странице: <https://bjbikers.com/funkcija-i-tipovi-kaciga/>