

BIOMIMETIKUS TANULMÁNY
Áramvonalas forma, mint szobrászati program

Alpár Boróka

Széchenyi István Egyetem

Művészeti Kar

Építőművészet, BA3

Soltra Elemér Tamás, szobrászművész,

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés.....	4
Biomimikri.....	5
Áramvonalas testek.....	8
Tapejara imperator.....	10
Szobrászati program.....	16
Futurizmus.....	19
Összegzés.....	21
Felhasznált szakirodalom.....	22

BEVEZETÉS

Plasztika- és formatanulmányok című tantárgyunk keretében foglalkoztunk formagyorsítással, amely formatanulmány alanyául egy-egy szabadon választott csont szolgált. Az általam választott csont egy röpképes dinoszaurusz fajta, a *Tapejara imperator* koponyacsontja volt. Nagy élvezetet jelentett számomra a projekt, így még jobban el szerettem volna mélyülni benne, illetve minél több lehetőséget megvillantani vagy akár tovább is fejleszteni.

Dolgozatomban átfogó képet szeretnék nyújtani a biomimikriáról, mint a természet inspirálta, tudatos tervezési módszerről. Ezt követően bemutatok három konkrét példát a már alkalmazásban lévő biomimetikus tervezésű fejlesztések közül, amelyekhez formatanulmányuk és áramvonalas tulajdonságuk révén saját témámmal is kapcsolódni tudok. A tudományosabb jellegű megközelítésmódot a fent említett koponya csontban rejlő lehetőségek megismerése végett emelem be kutatásomba. A választott csont áramvonalasságával, illetve légellenállásával is foglalkozom, amely eredmények a későbbiekben alapjául szolgálhatnak egy másik, akár műszaki alkalmazású, biomimetikus tervezési folyamatnak.

A sebesség, az áramvonalasság és a dinamika kapcsán elmélyülök a futurizmus művészeti irányzatában, szem előtt tartva saját projektem kérdéseit, illetve továbbfejlesztésének kijelölt útját, célját. Végül pedig a dolgozatomban összegzett kutatási eredmények kapcsán bemutatom a még előttem álló, nagy összképnek azt a munkaközi fázisát, ahol jelenleg tartok és aminek része maga a dolgozatom is. A végeredményként kitűzött céloom, egy szobor elkészítése, amely szobrot szintén az említett koponyacsont inspirálja.

A művészeti program során a végeredmény eléréséig gipszből készülnek formatanulmányok, illetve térbeli vázlatok a forma megismerése, megtapasztalása és finomítása végett. Az eddig elkészült prototípusok már bekerültek a kutatásomba. Azonban mivel célkitűzésem szerint programom a 2024/2025-ös tanév végéig tart, kutatásom is bővílni fog további formavázlatokkal és azok elemzésével.

BIOMIMIKRI

"A világ tele van olyan csodákkal, amelyeket egy életen át sem ismerhetünk meg teljesen, és mégis, ezek a csodák mind itt vannak előttünk, arra várva, hogy felfedezzük őket."

David Attenborough - *The Private Life of Plants* (BBC dokumentumfilm-sorozat, 1995)

Valóban, David Attenborough mély tisztelete és csodálata a természet iránt nem véletlen. Mindannyiunkban, akik nyitott szemmel járunk, kíváncsiságot ébreszt a szűk- és a tág környezetünk. Lenyűgöz bennünket a természet, amelynek az ember is része, még ha olykor úgy érzi is, egészen eltávolodott tőle. Pedig napjainkban, még a természettől távolinak tűnő, emberi világunkban is folyamatosan tanulhatunk, inspirálódhatunk a természetben fellelhető struktúrákból, mechanizmusokból és formákból. Tulajdonképpen mindig is így tett az ember, az őskorban a természethez alkalmazkodva alakította ki az életmódját, vadász stratégiáit, amelyekhez bizonyos elemeket az állatok megfigyelésén keresztül sajátított el. A 15. században Leonardo da Vinci a madarak és denevérek repülési mechanizmusát tanulmányozta, hogy olyan szerkezetet alkothasson meg, amely lehetővé teszi az ember számára a repülést. A 19. század közepén William Froude, brit mérnök elsőként kezdte tudományos alapossággal tanulmányozni a halak mozgását, illetve ezen megfigyelések alapján kidolgozta az akkori technológiák szerinti legideálisabb hajótest formát a Brit Tengerészeti Flotta számára. Az imént említett példák pedig csak egy-egy ismertebb mérföldkövet jelölnek az ember természetből való merítésének, illetve a természet mintájára történő tervezések és fejlesztések hosszú sorából.

A biomimikri azonban, mint tudatos, szervezett tervezési módszerről a 20. század második felétől beszélünk. A század háborúi, mint már korábban is oly sokszor, megkövetelték a gyors, magas szintű technológiai fejlődést. Pontosan ez a két tényező vezetett némely tervezőket, kutatókat, fejlesztőket és mérnököket a természet évezredek óta, precízen működő, jól bevált mintázataihoz. Számos, a természet inspirálta találmányt köszönhetünk ennek a korszaknak. Így például a Georges de Mestral tervezte tépőzár, amely első sorban a katonai ruházatokon, felszereléseken bizonyult jóval praktikusabb megoldásnak, az időkezelés szempontjából előnytelen gombokhoz és a sérülékeny cipzárokhoz képest. A második világháború egyik vívmánya például a britek által fejlesztett, finomhangolású radar is, amelynek kifejlesztésében a denevérek, ultrahang hullámokkal való tájékozódásának alapelve és annak megértése segített. A tengeralattjárók alakjának finomításához pedig cápák, delfinek és bálnák testfelépítését, illetve testfelületük vízellenállását vizsgálták. A biomimikri tehát, mint tervezési módszer a 20. században kezdett tudatos, módszeres tervezői gondolkodásmóddá nőni. Mivel hirtelen alakult ki a szükség és az igény rengeteg új, precízebb, fejlettebb megoldásra az életnek minden egyes területén, főként a

hadászatban. A gyors reakcióképesség kulcsát pedig a tökéletesen működő, természeti szisztémák megismerésében, abból való inspirálódásban találták meg.

Maga a kifejezés, "biomimikri" a '90-es években vált széleskörűen ismertté. Az elnevezés a természet mintája alapján történő tervezési módszerre utal, így a görög bios-élet és mimesis-utánzás szavakból jött létre. A módszer alkalmazása az utóbbi évtizedekben vált egyre népszerűbbé, többek között Janine Benyus és Dayna Baumeister munkásságának köszönhetően. A kifejezés Janine Benyus, amerikai biológus és innovátor, 1997-ben megjelent *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* című könyve kapcsán vált széleskörűen ismertté. Könyvében átfogó, részletes képet ad a biomimikri alapelveiről, illetve alkalmazási lehetőségeiről. Dayna Baumeister pedig jelentős szerepet játszott a biomimikri módszertanának fejlesztésében és oktatásában, biológusként illetve biomimikri-szakértőként. Benyus és Baumeister közös munkájuk során megalapították a Biomimicry Institute-ot és a Biomimicry 3.8 nevű szervezetet. A szervezetek célja, hogy népszerűsítsék a biomimikrit, mint tervezésmódszertant, mi szerint a természet alapelveit integráljuk a modern tervezésbe, mérnöki fejlesztésekbe és fenntarthatóbb megoldásokba.

A természet évmilliárdokon keresztül tökéletesítette módszereit a túlélésre. A biomimikri egy olyan interdiszciplinális gyakorlat, amely pontosan erre épít, a természet legjobb megoldásait tanulmányozza, hogy magasabb szintű megoldásokat illetve fenntarthatóbb módszereket alkalmazhassunk az élet minden területén. Ez a fajta, tervezéshez való hozzáállás a természet másolása és kihasználása helyett a természet megoldásainak tanulmányozásáról és felelős alkalmazásáról szól. A biomimikri elvének legfőbb támpontját az evolúció nyújtja, amelynek során természetes kiválasztódás által, a természetben egy-egy problémára számtalan optimális megoldás született. Az élőlények valamennyi túlélési stratégiájára jellemző, hogy összhangban van a környezetével. Mivel minden egyes élőlény egy-egy ökoszisztéma részeként van jelen és éli életét, saját rendszerén belül alakítja azt, ahhoz alkalmazkodik, nem pazarolja az energiát, helyileg elérhető anyagokból építkezik, megfelelő időben lebomló anyagokat használ, és környezetbarát kémiára támaszkodik. A tudomány fejlődésével képesek vagyunk egyre mélyrehatóbban tanulmányozni a természet stratégiáit, és a tanultakat az élet különböző területein felhasználni. A természet ihlette innovációk hatékonyan segíthetik társadalmunkat közelebb kerülni valóban fenntartható és hatékony technológiai megoldások megtalálásához.

Janine Benyus koncepciója alapján a biomimikri célja az emberi rendszerek és a természet közötti harmónia megteremtése. Benyus három alapvető biomimikri elvet határozott meg a már fent említett könyvében, amelyek a mai napig meghatározzák a biomimikri filozófiáját:

- A természet mint modell: A természet megoldásainak tanulmányozása és felhasználása a tervezés és probléma megoldás során.
- A természet mint mérce: A természet mint fenntarthatósági mérce, amely segít meghatározni, hogy az emberi megoldások mennyire illeszkednek a környezeti rendszerekhez.

- A természet mint mentor: A természet iránti tisztelet tanúsítása és a természet megoldásainak alkalmazása, az abból való tanuláson keresztül és nem pusztán a természeti erőforrások kihasználása.

A Biomimicry Hungary © 2024 honlapján hasonló gondolatokat fogalmaztak meg a biomimikri alapelveivel kapcsolatban:

- Etosz – mint etikai irány, amely nem engedi, hogy rossz célokra használjuk fel a tanultakat
- (Újra)kapcsolódás – az ember a természet egyik eleme, így annak részeként is kell gondolkodnia
- Átírás – ami magát a gyakorlatot takarja

A természet megoldásaiból tanulva, alapvetően három fő szinten valósulhat meg a gyakorlat:

- Forma – nagy formáktól egészen a mikroszkópikus felületekig
- Eljárás – azaz a természet kémiai
- Rendszer – ökoszisztémák, élőhelyek, közösségek

Kiemelik még az élet szabályait, amik szintén irányelvekként szolgálhatnak a biomimetikus tervezés során:

- Alkalmazkodás a változó feltételekhez
- Fogékonyság a lokális lehetőségekre
- Környezetbarát kémia használata
- A természeti erőforrások takarékos használata
- Fejlődés a túléléshez
- Növekedés a fejlődéssel összhangban

ÁRAMVONALAS TESTEK

Három, számomra izgalmas biomimetikus kutatást, innovációt szeretnék bemutatni, amelyek az aerodinamikával, légellenállással foglalkoznak.

1. Vision and air flow combine to streamline flying honeybees

Gavin J. Taylor, Tien Luu, David Ball & Mandyam V. Srinivasan kutatásukban a repülő rovarok vizuális- és mechanikai érzékelésével foglalkoznak, illetve azzal, hogy milyen módon használják fel ezen információkat a repülésük koordinálására. Két fő információforrás áll a rovarok rendelkezésére: az “optikai áramlás” vagyis amikor a környezet képe mozog a látómezőben illetve az aerodinamikai jelenségek, azaz a testükön is végigfutó légáramlás. Ezek a tényezők külön-külön nem biztosítanak elegendő információt, együtt azonban stabilizálják a repülést. Továbbá a méhek testtartását vizsgálták különböző légáramlási és vizuális körülmények között, hogy megértsék, hogyan érzékelik, illetve alkalmazkodnak a méhek az őket körülvevő áramlás sebességéhez.



*Saját értelmező rajzom a szöveghez.
A méhek potrohuk megemelésével teszik áramvonalasabbá
testüket nagyobb sebesség elérése érdekében.*

2. How a Kingfisher, an Owl and a Penguin Inspired a Japanese Bullet Train1989-ben

A Shinkansen szupervonat akár 270 km/h-s sebességet is el tudott érni, azonban volt egy nagy hátulütője: amikor a vonat egy szűk alagúton száguldott keresztül, lökeshullámokat gerjesztett, amelyek fokozatosan erősödnek. Mire ezek a hullámok elérték az alagút végét, már hangsebességgel terjedtek, és a kijáratnál alacsony frekvenciás hullámokat gerjesztettek. Ennek a folyamatnak hangrobbanás illetve a velejáró erőteljes rezgés volt az eredménye, amelyet a légáramlás keltett. Nakacu Eidzsi, a JR-West vasúttársaság műszaki fejlesztési részlegének vezetője, a természetből merített ihletet a probléma megoldására. Nakacu részt vett egy repülésügyi szakember madarakról szóló előadásán ezt követően pedig elkezdte tanulmányozni a jégmadarakat. A jégmadarak hirtelen, nagy sebességgel csapnak le a levegőből a vízbe, ilyenkor egy kisebb ellenállású közegből jutnak egy sűrűbbe. Az evolúció ideális formájúra finomította a jégmadár csőrét az ilyen jellegű becsapódásokhoz. A csőr olyan módon ékelődik a vízbe, hogy a víz nem képes a csőr elé lökődni, hanem eláramlik mellette. Nakacu a jégmadár csőr mintájára tervezett új orrot a sinkanszennek, amelynek formája végül szinte teljesen megegyezett a madár csőrének

alakjával. Az 500-as sorozatszámú, új vonatok 1997-ben álltak üzembe. Az új orr formának köszönhetően nemcsak jelentősen halkabbak lettek, de 10 százalékkal gyorsabbak és 15 százalékkal energiatakarékosabbak is, mint elődeik.

3. Bird wings act as a suspension system that rejects gusts

Jorn A. Cheney, Jonathan P. J. Stevenson, Nicholas E. Durston, Jialei Song, James R. Usherwood, Richard J. Bomphrey és Shane P. Windsor kutatásuk során felfedezték, hogy a gyöngybagoly szárnyai azonnal alkalmazkodnak a szellőkésekhez, hogy egyensúlyban tudják tartani repülés közben az állatot. A bagoly szárnyai azonnal reagálnak az erős szellőkésekre illetve a légáramlás változására. Ezt a vállízületek mechanikus mozgása teszi lehetővé, amely ilyen esetben az állat agyából érkező parancs nélkül képes elérni, hogy a bagoly stabil maradjon. Ez az „előreflex” reakció tulajdonképpen úgy működik, mint egy autó felfüggesztése, amely csillapítja az autó lengését egy-egy kátyú esetén. Megfigyelésük jelentős hatással lehet a kisméretű repülőgépek jövőbeli tervezésére. A kutatás alapján egy olyan repülőgép-modellt is készítettek, amely bagolyiéhoz hasonló, lengéscsillapító szárnyakat alkalmaz.

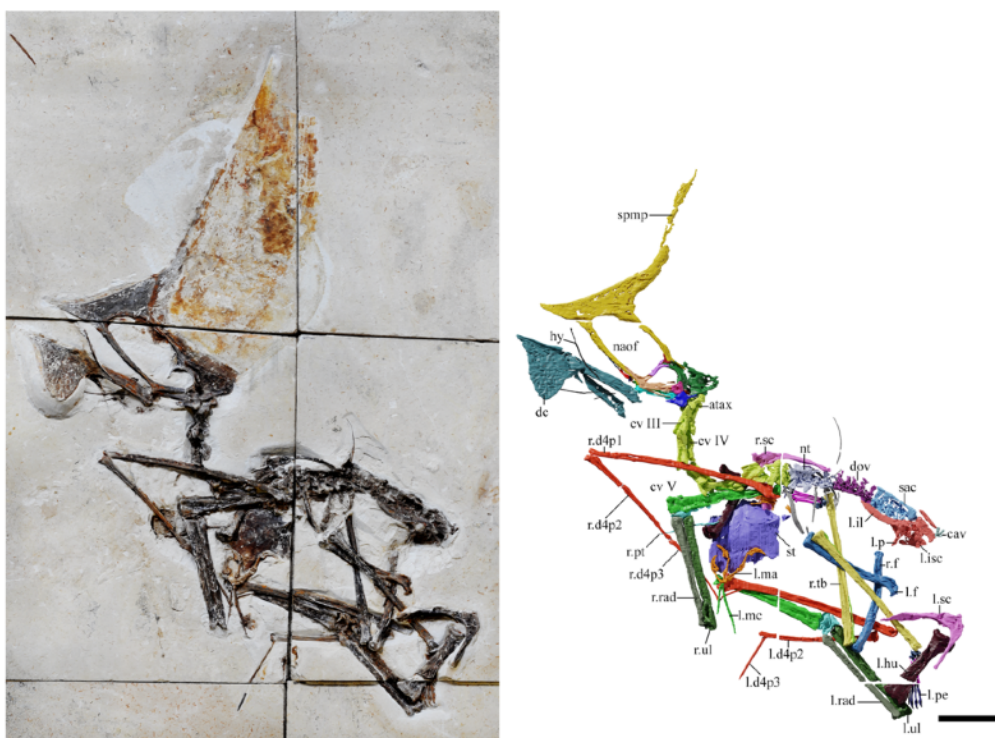
A példaként felhozott, biomimikri módszertanával történő kutatásokban tehát, még ha más problémafelvetésekre keresték is a kutatók a válaszokat, megoldásokat, közös pontnak tekinthető, hogy a forma és az aerodinamika kapcsolatára épülnek. Az említett példákon keresztül szeretném érzékeltetni, a biomimetikus tervezés jelentőségét és a formatanulmányok hasznát.

TAPEJARA IMPERATOR

A tudományt és a művészetet egyaránt a világ megismerésének vágya, a kíváncsiság ösztönzi. A formák leírhatók ugyan tudományosan, elemezhetők, tesztelhetők, de úgy érzem, a forma valódi megismeréséhez nem elég látnunk azt, nem elég a tudományos meghatározását, számszerűsíthető adathalmazát ismernünk. A valódi megismeréshez hozzájárul, ha meg tudjuk érinteni, végigsimítani a felületét, ha módunkban áll, megemelhetjük és kezünkben tarthatjuk, érezzük a súlyát, megtaláljuk a súlypontját és érzékeljük a térrel való viszonyát. Projektemben elértem arra a pontra, ahol lehetőség nyílik a tudomány és a művészet találkozására.

A projekthez választott koponyacsont a *Tapejara imperator* nevű, röpképes dinoszaurusz fajhoz tartozik, emiatt röviden ismertetni szeretném a faj általános jellemzőit.

A *Tapejara imperator* a pteroszauruszok egy alfaja, amely a kréta időszakban élt, mintegy 112 millió évvel ezelőtt. Ezek az élőlények egyikei voltak azon első gerinceseknek, amelyek képesek voltak hosszú ideig, kitartóan repülni. A pteroszauruszok szárnya hosszú, vékony ujjai közt feszülő, hártya szerű, bőr volt. Ez a típusú szárny az aktív repülés mellett lehetővé tette a hosszabb távú siklórepülést is. A pteroszauruszok csontjai a madarakéhoz hasonlóan könnyűek és üregesek voltak, a testükben pedig légzsákok kaptak helyet.



1.ábra *tapejara imperator* csontváza

A Tapejara imperator legjellegzetesebb ismertetőjegye egy nagyméretű, csontos, taréjszerű képződmény a koponyacsont felső részén. A taréj pontos funkciója egyelőre tisztázatlan, de több feltételezés is létezik, amely annak mivoltára keresi a választ:

- szolgálhatott a nemek közötti megkülönböztetésként vagy a faj ellenkező nemű egyedeinek vonzására
- bizonyos feltételezések szerint a test hőszabályozásában lehetett szerepe, ahogyan egyes ma is élő emlős fajoknál a fülfelületük játszik hasonló szerepet
- azonban számomra jelenlegi kutatásom szempontjából a legérdekesebb felvetés szerint az aerodinamikában kapott jelentős szerepet, akárcsak bizonyos sport- és versenysisakok esetében a taréj. Ebben az esetben az volt a célja, hogy úgy hasítson utat magának a levegőben, hogy az nagy sebességnél stabilitást biztosítson a koponya irányának, főként a test arányainak egészen belüli látványosan nagy fejmérete miatt. Továbbá irányváltoztatás esetén elősegítette az élőlény fejével való kormányzását.

Másik meghatározó és vizuálisan is figyelemre méltó elem a koponyán a hátsó koponyanyúlvány, amely minden bizonnyal a fej kiegyensúlyozására szolgált, azon túl, hogy a taréj alsó szakasza ezen a felületen tudott kifeszülni. A koponya nyúlványnak köszönhetően a furcsa formájú koponya súlypontja a koponyacsont és a gerincoszlop csatlakozásának közelébe esik.

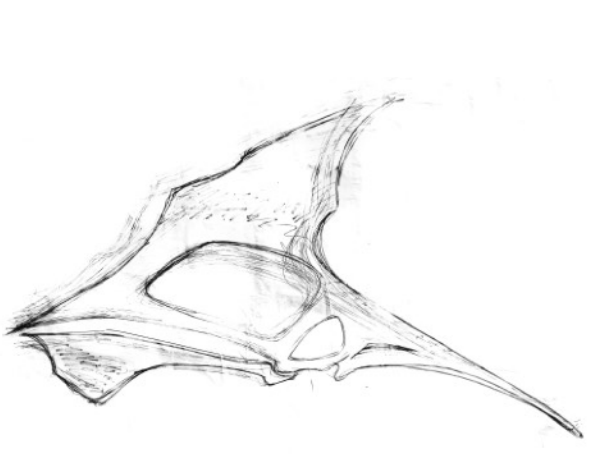


2.ábra _ *tapejara imperator* csontváza

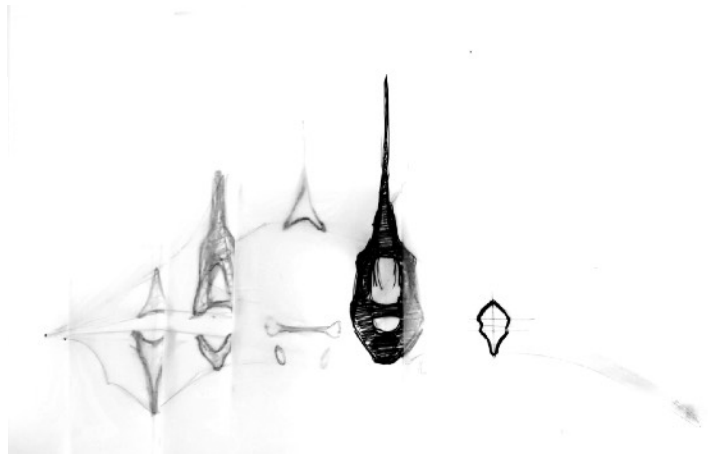


3.ábra _ *tapejara imperator* koponyacsontja

A kutatást és a képi anyag megfigyelését követően hozzáálltam a forma térbeli értelmezéséhez. A koponyacsontokról és leletekről készült fotók alapján vázlatos, értelmező rajzokat kezdtem készíteni magamnak.



Oldalnézet

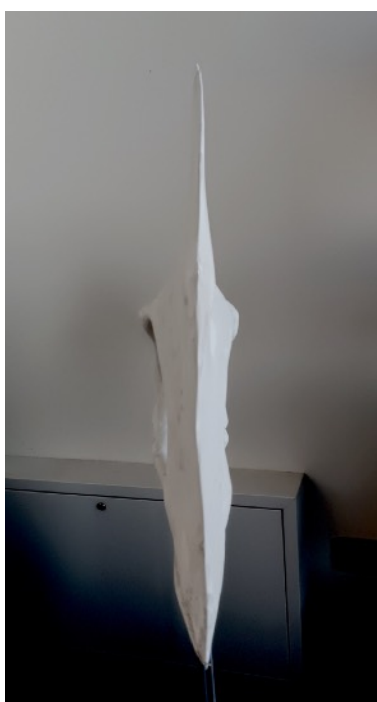


Keresztmetszeti nézetek

Ezt követően nikecellból elkészítettem az alapformát. Gipszes technikánál általában ebből az anyagból készül a forma “magja”. Az elvékonyodó formáknál hurkapálca merevítésre és üvegszálas szövetre kentem fel a gipszet.



Végül a nikecell magra megmintáztam gipszből a végleges formát, amelyet reszeléssel és csiszolással finomítottam.





Ez a mintázás még nem ugrotta meg a szobrászi szintet, de bizonyos részleteiben már sikerült megközelítenie azt, ezért is folytatom a projektet a későbbiekben, és tűztem ki célul egy, a csont inspirálta szobor elkészítését.



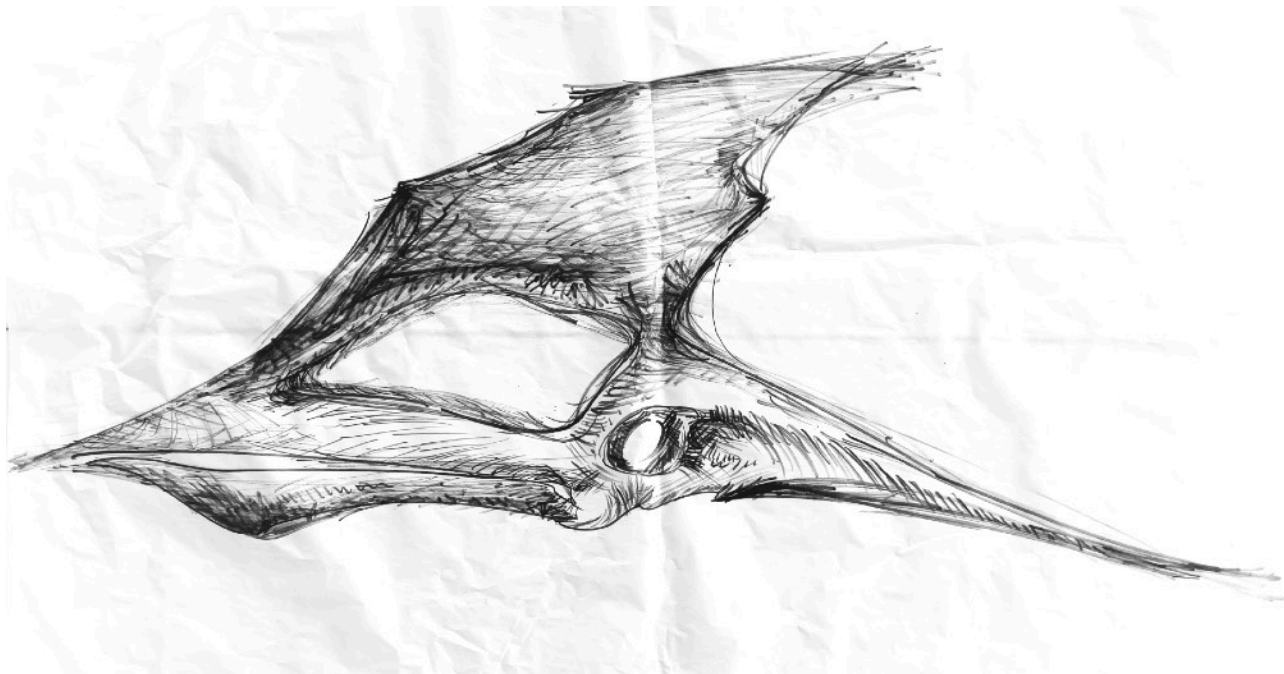
Azonban ez a prototípus már alkalmas a forma légellenállásának elemzésére. Ezért terveim szerint a TDK prezentációm a jelenlegi dolgozathoz képest bővülni fog a koponya 3D szkennelt felületmodelljével, illetve a rajta, szoftver segítségével végzett légellenállás vizsgálattal, amely végeselem analízis módszerrel készül.

SZOBRÁSZATI PROGRAM

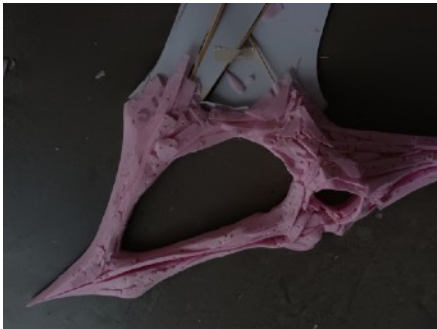
Bár jelenlegi dolgozatomnak nem szobrászati programom a fő témája, azonban szívesen emelem be a témakörbe, azon megfontolásból, hogy a természeti formák sokszínűségéről és azokban rejlő különböző lehetőségekről szól eddigi kutatásom. A tervezők és fejlesztők mellett ugyanis a természet gyakran inspirálja a művészeteket is. A választott koponyacsontot már önmagában is izgalmasnak találom és a biomimetikus tervezés lehetősége mellett, művészeti célzattal is érdemesnek találom a továbbformálásra.

Kutatásomhoz kapcsolódva a szobor maga is az áramvonalasság és a magas sebesség érzetét hivatott érzékelteni. A program során szeretnék eljutni arra a pontra, ahol érezhetővé válik hogy, a koponya csupán formai inspirácót nyújt, maga a szobor pedig már önálló entitássá válik. Végeredményben olyan formát szeretnék elérni, amely részt követel magának az azt körülvevő térből. Amelynek formája olyan sebesség érzetét képes kelteni, ami áthatítja, átszeli a teret.

Már megkezdtem a forma finomítását, torzítását, azonban még nem sikerült eljutnom a végleges megoldásig, úgy érzem, szükségem van további elmélyülésre, újabb térbeli vázlatok készítésén keresztül. Bár a jelenleg folyamatban lévő vázlatomnál már sokkal elmélyültebb megfigyeléseket tudtam rögzíteni, mint első modellemnél, fontosnak tartom megjegyezni, hogy még nem sikerült elszakadnom az eredeti, biológiai formától. Így ezt, a már létező formához való ragaszkodást el kell engednem, hogy szobrászi irányba is fejlődésnek tudjon indulni a forma.







FUTURIZMUS

A forma feloldása és tényleges felgyorsítása érdekében a művészeti irányzatokon belül is elmélyültem a sebesség, az áramvonalasság illetve a dinamika láthatóvá, érzékelhetővé tételében. Fő művészeti inspirációmnak a futurizmust jelölném meg, ugyanis ez az a művészeti irányzat, amelynek alkotóit munkásságuk jelentős részében a formák sebességének, dinamizmusának ábrázolása foglalkoztatta.

Az Olaszországban kibontakozó irányzat első kiáltványát Filippo Tommaso Marinetti, a mozgalom központi alakja tette közzé, 1909-ben. A kiáltvány szerint a mozgalom követői a mozgást, a sebességet magasztalják. Szépséget csak a támadó jellegű küzdelemben látnak, így dicsőítik a háborút, mint a lét elérni vélt teljességét. Magával ragadja őket a technikai civilizáció, a modern nagyvárosi élet. Elutasítják az akadémizmust és minden korábban lefektetett szabályrendszert.

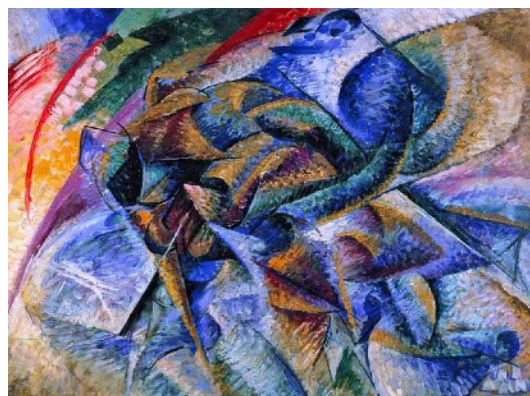
Az irányzaton belül kifejezetten megfogott Umberto Boccioni munkássága. Szobrait és festményeit egyaránt inspirálónak tartom formavilágát és dinamizmusát tekintve. Mind közül azonban négy festményét és egy szobrát emelném ki, amelyeket előképnek, inspirációnak tekintek programom folytatásához.



4.



5.



6.



7.



8.

Az inspirációnak választott alkotásokból merítve újabb vázlat rajzokat készítettem a szobrászi forma irányába való tapogatózás céljából. Az eddigi vázlatok közül ezt a két szénrajzot találom előremutatónak forma keresésem szempontjából.



ÖSSZEGZÉS

Kutatásom a *Tapejara imperator* nevű, röpképes dinoszaurusz koponyacsontja köré épül. Az izgalmas forma megismerése többféle megközelítésű projektnek is alapjául szolgálhat. Így kerül közös összképbe a biomikri, mint tervezési metódus, az áramvonalasság, illetve formagyorsítás illetve a szobrászati program.

A biomimikriáról alkotott átfogó kép megértésével és a aerodinamikával foglalkozó biomimetikus kutatások közül bemutató konkrét példákkal szeretnék rávilágítani, hogy egy-egy ilyen formatanulmány mennyi lehetőséget rejt magában. A kutatás ezen része, némi bővítéssel alkalmas lehet a későbbiekben egy biomimetikus tervezésben való felhasználásra.

A formagyorsítás kapcsán pedig izgalmasnak találom a művészi látásmódon keresztüli megközelítést, mert más jellegű perspektívák megnyitásával tudja színesíteni a tervezői attitűdöt.

Dolgozatom jelenlegi verziója egy nagyobb, hosszabb időtartamot felölelő projektnek egy fázisállapota, a későbbiekben bővíteni szeretném az újabb, elért eredményekkel, illetve vázlatmodellekkel és azok szoftveres elemzésével.

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

- Janine M Benyus - Biomimicry Innovation Inspired by Nature (2002, Harper Perennial) Letöltve:2024.10.16.
Baumeister, Dayna, és Benyus, Janine. Biomimicry Resource Handbook: A Seed Bank of Best Practices. Biomimicry 3.8, 2014. Letöltve: 2024.10.16.
Vincent, Julian F. V., and Steven A. Herbert. "Biomimetics: its practice and theory." Journal of the Royal Society Interface 1.1 (2004): 47-52.
Biomimicry - Inspiráció a természettől _ 2024.10.31.
<http://biomimicryhungary.com/mit-jelent/>
Scientific reports - Vision and air flow combine to streamline flying honeybees _ 2024.11.02.
<https://www.nature.com/articles/srep02614>
M. I. Lamas, C. G. Rodriguez: Hydrodynamics of Biomimetic Marine Propulsion and Trends in Computational Simulations _ 2024.10.29.
https://www.mdpi.com/2077-1312/8/7/479?type=check_update&version=2
Biomimicry institute
<https://biomimicry.org/>
Janine Benyus - Global Institute of Sustainability and Innovation _ előadás
https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_in_action?subtitle=en
Gavin J. Taylor, Tien Luu, David Ball & Mandyam V. Srinivasan: Vision and air flow combine to streamline flying honeybees _ 2024.10.12.
<https://www.nature.com/articles/srep02614>
Learn Biomimicry: The Best 50 Biomimicry Examples and Inventions of All Time _ 2024.09.30.
<https://www.learnbiomimicry.com/blog/best-biomimicry-examples>
Hatvanéves a japán szupervonat, amit madaraktól lesett trükkökkel csendesítettek le _ 2024.10.01.
<https://telex.hu/eszkomбайn/2024/09/30/sinkanszen-60-japan-vonat-tokaido-sebesseg>
Jorn A. Cheney, Jonathan P. J. Stevenson, Nicholas E. Durston, Jialei Song, James R. Usherwood, Richard J. Bompfrey és Shane P. Windsor: Bird wings act as a suspension system that rejects gusts _ 2024.10.16.
<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2020.1748>
Jonathan Manning: Owl wings may hold the key to turbulence-proof planes _ National Geographic _ 2024.10.16.
<https://www.nationalgeographic.com/science/article/owl-wings-turbulence-proof-planes>
Pterosaurs, by Mark P. Witton. Princeton University Press, Princeton and Oxford, 2013, 291 pp., ISBN 978-0-691-15061-1 Letöltve 2024.10.10.
<https://www.academia.edu/20518372/>
Pterosaurs by Mark P Witton Princeton University Press Princeton and Oxford 2013 291 pp ISBN 978 0 691 15061 1
Felipe L. Pinheiro, Daniel C. Fortier, Cesar L. Schultz, José Artur F.G. De Andrade, Renan A.M. Bantim: New Information on the Pterosaur Tupandactylus imperator, with Comments on the Relationships of Tapejaridae _ BioOneLibrary _ 2024.10.28.
<https://bioone.org/journals/acta-palaeontologica-polonica/volume-56/issue-3/app.2010.0057/New-Information-on-the-Pterosaur-Tupandactylus-imperator-with-Comments-on/10.4202/app.2010.0057.full>
A new edentate pterosaur of the Lower Cretaceous from the Araripe Basin, northeast Brazil, A. W. A. Kellner - 1989. Kréta 144-65 - A bioszféra evolúciója _ 2024.10.15.
<https://tamop412a.ttk.pte.hu/files/biologia5/Evolucio/chunks/ch14s13.html>
Hatékony tüdejük segíthette a madarak túlélését
<https://ipon.hu/magazin/cikk/tudejuk-segithette-a-madarak-tuleleset>

KÉPEK FORRÁSA

1. ábra: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/near-complete-pterosaur-skeleton-reveals-secrets-reptiles-lifestyle-180978527/>
2. ábra: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pterodactyl_fossil_reconstitution.jpg
3. ábra: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cast_of_Tupandactylus_imperator_-_Pterosaurs_Flight_in_the_Age_of_Dinosaurs.jpg
4. kép: Umberto Boccioni, *Rugalmasság* (1912), olaj, vászon, cm. 100 x 100. Milánó, a Huszadik Század Múzeuma.
5. kép: Umberto Boccioni, *Carica di lancieri*, 1915 olaj, Vászon 33,4x50,3 cm, Museo del Novecento
6. kép: Umberto Boccioni, *Dynamism of a Cyclist*(1913) olaj, vászon 70 cm x 95 cm
7. kép: Umberto Boccioni, *Emberi test dinamikája* (1913) olaj, vászon
8. kép: Umberto Boccioni, *A térbeli folytonosság egyesített formái*(1930),11 m x 88 cm, [Museum of Contemporary Art at the University of São Paulo](#)



A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM EKÖP-24-... KÓDSZÁMÚ EGYETEMI KUTATÓI ÖSZTÖNDÍJ PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”