



Co-funded by
the European Union

Biomimetika: inovacija ir dizainas, įkvėptas gamtos



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





TURINYS

Įvadas.....	2
Kaip galime pritaikyti biologijos žinias?.....	6
Biomimetika kaip koncepcija.....	7
Koks yra bioįkvėpto dizaino metodas?.....	7
Papildytoji realybė (AR) biomimikrijos ugdyme.....	9
Biomimikrijos principų supratimo gerinimas taikant papildytąją realybę (AR).....	9
Biologiškai įkvėptų dizaino procesų vizualizavimas.....	10
Tarpdisciplininis bendradarbiavimas.....	10
Dizaino iššūkių įveikimas.....	10
AR integracijos galimybės.....	11
Taikymas. Biologijos įkvėptas dizaino procesas.....	12
Biologijos įkvėptas dizaino procesas su papildyta realybe (AR).....	12
Biomimetinio dizaino praktika.....	12
Biomimetinio dizaino praktika, patobulinta AR.....	13
Patobulinta biologinių modelių vizualizacija.....	13
Dinaminės natūralių procesų simuliacijos.....	13
Sustiprintas bendradarbiavimas ir idėjų generavimas.....	13
Interaktyvus prototipų kūrimas ir atsiliepimai.....	13
AR diegimas biomimetiniuose sprendimuose.....	14
Biologija kaip modelis ir išradimai.....	14
Gamtos galimybės.....	15
Gilinimas (projektų pavyzdžiai, naudojant AR įrankius biomimikrijos mokymui).....	16
I dalis: Atvirkštinė inžinerija.....	17
II dalis: Gaminio dizainas.....	18
Išvada.....	28
Literatūra.....	29





Bendra mokymosi kelio tema	Biomimetika: gamtos įkvėptos inovacijos ir dizainas
Konkretus mokymosi vieneto pavadinimas	Biodizainas ir inovacijos
Tikslinis naudotojų amžius	14–18 metų
Besimokančiojo reikalavimai	Pagrindinės chemijos, biologijos, fizikos žinios
Mokymosi vieneto aprašymas	Šis skyrius padės mokytojams ir mokiniams, kaip jie gali panaudoti gamtą daugiadiscipliniame mokymosi kelyje. AR įrankiai pagerina vizualizaciją ir įsitraukimą.
Susijęs objektas	Fizika, chemija, biologija, matematika
Raktiniai žodžiai	Biologija, bioįkvėpimas, biomimetika, biodizainas, inovacijos, papildytoji realybė, vizualizacija, interaktyvus mokymasis
Pagrindiniai įgūdžiai, gebėjimai, žinios, kurias galima įgyti	Tyrinėkite gamtą ir jos gebėjimą įkvėpti tvariai gerinti mūsų aplinką, spręsti problemas, lavinti novatorišką dizainą, papildytosios realybės (AR) pagrindu kurti prototipus.
Naudoti ištekliai ir didaktiniai įrankiai	Moksliniai straipsniai, knygos, mokslinės duomenų bazės, internetinių seminarų rezultatai, internetiniai ištekliai, papildytosios realybės įrankiai (pvz., „JigSpace“, „Assemblr EDU“, „Merge Cube“, „CoSpaces Edu“).
Vertinimo kriterijai ir vertinimas	Remiantis kurso metu įgytomis žiniomis, gebėjimais ir įgūdžiais, įskaitant papildytosios realybės (AR) pagrindu atliekamus vertinimus, tokius kaip modeliavimas, prototipų kūrimas ir grįžtamasis ryšys.





Įvadas

Biologiškai įkvėptas dizainas yra gana naujas terminas. Plačiau paplitę terminai yra biomimetika ir biomimikrija. Biologiškai įkvėptas dizainas buvo naudojamas kuriant novatoriškus techninius sprendimus beveik visose inžinerijos srityse. Kai XX a. viduryje atsirado idėja sistemingai analizuoti biologines sistemas kaip bionika, pagrindinis dėmesys buvo skiriamas valdymo ir ryšių sistemoms (Keto 1960). Keto (1960) pasiūlė taikyti bioiškai įkvėptą valdymą ir ryšį elektronikoje, aeronautikoje ir navigacijoje. Tačiau istoriniai bioiškai įkvėpto dizaino pavyzdžiai jau apima ir kitas taikymo sritis. Pavyzdžiui, biologinių sistemų aerodinamika dažnai buvo laikoma modeliais parašiotams ar ankstyvosioms skraidančioms mašinoms konceptualizuoti (Nachtigall ir Wisser 2015, p. 6). Šiuolaikiniai bioiškai įkvėpto dizaino pavyzdžiai taikomi tokiose techninėse srityse kaip mechanikos inžinerija, architektūra, pramoninis dizainas, programinės įrangos inžinerija, robotika, medicinos technologijos ir kt.

Papildytosios realybės (AR) integracija keičia šį procesą, suteikdama besimokantiejiems galimybę sąveikauti su biologinėmis sistemomis įtraukiančioje 3D aplinkoje. Studentai gali vizualizuoti biomimetinius procesus, imituoti realaus pasaulio taikymus ir bendradarbiauti inovatyviuose projektuose, naudodami AR įrankius. Šis technologijų ir gamtos derinys skatina supratimą, kūrybiškumą ir problemų sprendimą STEM ugdyme.

Nepaisant didelio inovacijų potencialo, biologiškai įkvėpto dizaino taikymas kelia iššūkių. Reikšmingi iššūkiai yra disciplininės kliūtys, t. y. tikslai, darbo metodai ir tai, kad biologijos ir techninių produktų kūrimo kalba iš esmės skiriasi. Biologija yra gamtos mokslas; ji siekia suprasti gyvas sistemas. Techninių produktų kūrimas arba inžinerinis projektavimas siekia sukurti technines sistemas. Skirtumas tarp biologinio supratimo tikslo ir techninio kūrimo tikslo atspindi skirtingus biologų ir inžinierių darbo metodus. Šis susidūrimas dažnai sukelia problemų biologiškai įkvėptame projekte.

1 lentelė. 10 nuostabių biologijos įkvėpto dizaino aspektų (Hashemi Farzaneh, 2019)

10 nuostabių biologijos įkvėpto dizaino aspektų	Specifikacija
Biologinių sprendimų gausa	Siūlo platų galimų techninių problemų sprendimų spektrą. Skaitmeninės duomenų bazės suteikia prieigą prie kelių tūkstančių biologinių įkvėpimo šaltinių.
Optimizavimas	Optimizavus biologinę sistemą, optimizuotas ir biologiškai įkvėptas dizainas.
Sinergijos efektai ir transdisciplininiai	Techninė biologija yra būtina sąlyga biologiškai įkvėptam dizainui
Medžiagos, formos ir funkcijos integracija	Forma seka funkciją: biologinės sistemos dažnai įgyvendina funkcijas keliais masteliais, naudodamos abi kompozicinių medžiagų savybes ir formų.
Atradimas už to, kas žmogiška, ribų	Daug biologinių sprendimų, turinčių didelį techninio pritaikymo potencialą



Biologiškai įkvėpto dizaino lankstumas	Lankstus projektavimo metodas Platus taikymo sritis Skirtingi projektavimo metodai
Tvarumas (ar ne?)	Ekologiškas
Biologinė įvairovė	Biologiškai įkvėptas dizainas gali turėti teigiamas poveikis visuomenei
Biologizacija	Tradicioniai gamtos mokslai, be techninių ir inžinerinių disciplinų, sprendžia kai kuriuos didžiausius iššūkius: energijos suvartojimą ir tvarią ekonomiką.
Biologinių daugiavertumų sistemų	Biologinės sistemos turi atlikti kelias funkcijas, naudojamos ribotus išteklius.

Biomimikrijos teorinis pagrindas:

• Biomimikrijos principai

Biomimikrijos principai išskirtinai sutelkia dėmesį į gamtos savybes, o tai reiškia, kad žmonės turi daug ko išmokti iš milijardus metų trukusios gamtos evoliucinės patirties.

- a) Gamta naudoja tik tiek energijos, kiek jai reikia
- b – Gamta pritaiko formą funkcijai
- c) Gamta viską perdirba
- d. Gamtos įvairovės bankai
- e. Gamtai reikalinga vietinė patirtis.



• Biodizaino veikla:

Biologiškai įkvėpti projektavimo metodai palaiko skirtingas veiklas:

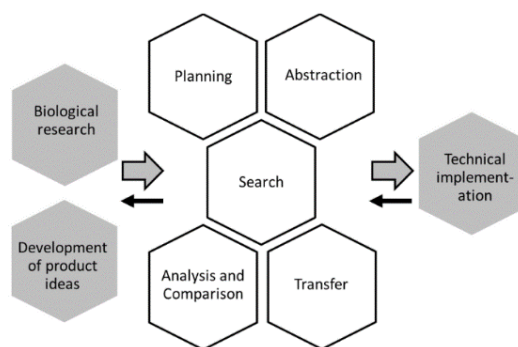
- Planavimas
- Abstrakcija
- Paieška
- Analizė ir palyginimas
- Perkėlimas



Biologiškai įkvėpto dizaino projekto planavimas ir kiti techniniai produkto kūrimo projektai arba biologinių tyrimų projektų planavimas skiriasi vienas nuo kito. Tarpdisciplininis biologiškai įkvėpto dizaino pobūdis kelia iššūkį projektavimo procedūrai, o projekto pradžios taškai gali skirtis. Be to, jei biologai ir inžinieriai bendradarbiauja, reikia atsižvelgti į jų darbo integraciją. Be to, abstrakcija yra esminė biologiškai įkvėpto dizaino dalis. Tiesą sakant, dizaineriai turi atlikti abstrakciją vėl ir vėl viso biologiškai įkvėpto dizaino projekto metu: jie turi abstrahuoti techninę užduotį arba sudaryti sąlygas ieškoti biologinio įkvėpimo. Jie turi abstrahuoti technines ir biologines sistemas, kad jas būtų galima palyginti. Jie turi vėl abstrahuoti, kad suformuluotų analogijas perkėlimui... ir taip toliau. Paieška, ypač biologinio įkvėpimo paieška, sprendžiama daugybe biologiškai įkvėpto dizaino metodų. Tai yra pagrindinė veikla, kai biologiškai įkvėpto dizaino projektas pradamas grynai techniniu požiūriu (techninė užduotis, ieškant biologinio įkvėpimo) arba griežtai biologiniu požiūriu (įdomus biologinis sprendimas, ieškant techninio pritaikymo).

Dizaineriai, norėdami sėkmingai pritaikyti biologiškai įkvėptą dizainą, turi atidžiai išanalizuoti ir palyginti tiek technines, tiek biologines sistemas. Yra daugybė pavyzdžių, kai biologiškai įkvėpti projektai žlugo prototipo etape, nes biologinio sprendimo nebuvo galima pritaikyti techninėje aplinkoje. Pavyzdys yra studento projekto bandymas imituoti bakterijų žiuželių judėjimą daug didesniu mastu. Dėl skirtingos skysčių jėgų įtakos besisukantis žiuželių judėjimas negalėjo efektyviai perkelti skysčių. Galiausiai, biologiškai įkvėptų analogijų perdavimas yra pagrindinė biologiškai įkvėpto dizaino veikla. Visų biologiškai įkvėpto dizaino projektų tikslas – perkelti daugiau ar mažiau abstrakčias analogijas, kad būtų sukurtas techninis sprendimas.

Nepaisant to, biologijos įkvėpto dizaino projektai, žinoma, apima ir daugybę kitų veiklų. Tačiau ši veikla nėra būdinga tik biologijos įkvėptam dizainui, nes ji taip pat vykdoma kituose techninių produktų kūrimo ar biologinių tyrimų projektuose.

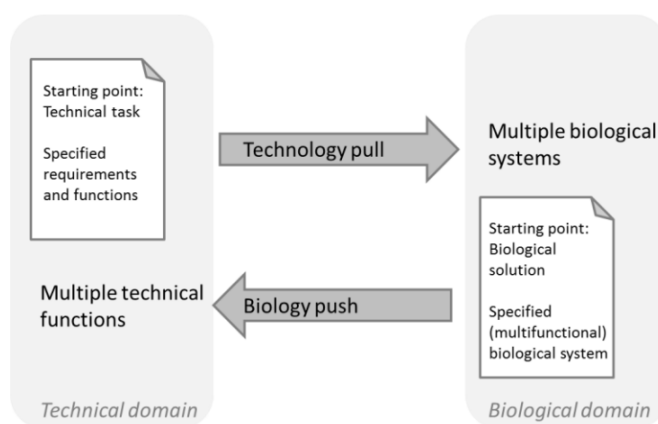


1 pav. Biologiškai įkvėptas dizainas: specifinės ir kitos veiklos (Hashemi Farzaneh, 2019)



- **Biologiškai įkvėpti dizaino metodai**

Nors dauguma biologijos įkvėptų projektavimo projektų ir užsiėmimų daugiausia dėmesio skiria technologijų traukos metodui, kai kurie tyrėjai teigia, kad biologijos stūmimo metodas yra novatoriškesnis. Technologijų traukos metodo atveju dizaineriai pradeda nuo techninės užduoties. Tai apima iš anksto nustatytą reikalavimų ir pageidaujamų funkcijų rinkinį. Jie laikosi šių ribinių sąlygų, tačiau yra gana laisvi svarstydami skirtingas biologines sistemas. Todėl jie gali būti atviresni perkelti kelias analogijas iš skirtingų biologinių sistemų. Jei taikomas biologijos stūmimo metodas, dizaineriai pradeda nuo iš anksto nustatytos biologinės sistemos. Jie gali išsamiai analizuoti šią sistemą ir yra labiau linkę apriboti savo analizę šia sistema, o ne ieškoti kitų biologinių sistemų. Tačiau jie tikriausiai yra atviresni kelių techninių pritaikymų paieškai. Be to, daugiafunkcinės biologinės sistemos gali įkvėpti daugiafunkcines technines sistemas.



2 pav. Biologiškai įkvėpto dizaino metodai: technologijų trauka ir biologijos postūmis
(Hashemi Farzane, 2019)

- **Biomimikrijos lygiai**

Yra trys biomimikrijos lygiai, kurie turi būti taikomi ir projektavimo problemoms spręsti. Remiantis biomimetikos technologijomis ir metodais, akivaizdu ir gerai pastebima, kad yra trys mimikrijos lygiai: organizmo lygis, elgesio lygis ir ekosistemos lygis. **Organizmo lygis** iliustruoja tam tikro organizmo arba viso organizmo dalies mimikrą, o organizmo lygmenyje esantys pastatai imituoja konkretų organizmą. **Antrasis lygis yra elgesio mimikrija, kuria elgiasi kiekvienas organizmas**, imituoja pastatus kaip organizmas elgiasi arba yra susijęs su savo didesniu kūnu kontekstas. **Trečiasis lygis yra visos ekosistemos imitavimas** ir šis lygis laikomas sunkiausiu lygiu, nes jame daugiausia dėmesio skiriama funkciškai labai sudėtingam imituotinas klausimas, pastatas imituoja natūralų platesnės aplinkos procesas ir ciklas. Kiekviename lygmenyje yra penki matmenys, kurie nustatyti, koku mastu egzistuoja mimikrija. dizainas savo išvaizda priskiriamas biomimetikai kaip (forma), iš ko pagamintas (medžiaga), koks jis yra pagaminta (konstrukcija), kaip ji veikia (procesas) ir kokia jo galimybė (funkcija). Šie lygmenys yra labai svarbūs ir jie užbaigia biomimikrą artėjimai.

Jei norime sąmoningai mėgdžioti gamtos genialumą, turime į gamtą pažvelgti kitaip. Biomimikrijoje į gamtą žiūrime kaip į modelį, matą ir mentorių.



NATURE AS A MODEL



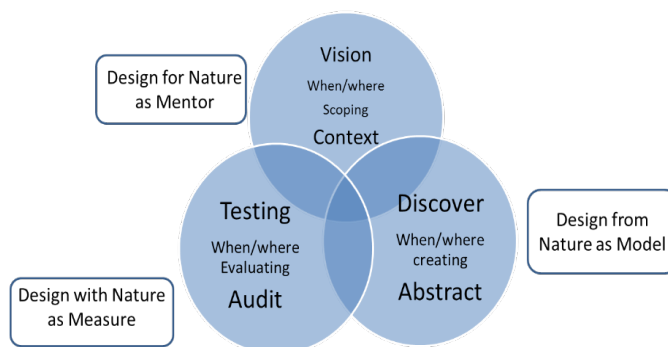
NATURE AS A MEASURE



NATURE AS A MENTOR

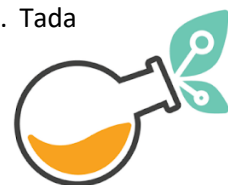


- **Gamta kaip modelis** : Biomimetika yra naujas mokslas, tiriantis gamtos modelius ir vėliau mėgdžiojantis šias formas, procesus, sistemas ir strategijas, kad tvariai išspręstų žmonių problemas. Biomimetikos gildija ir jos bendradarbiai sukūrė praktinį projektavimo įrankį, vadinamą biomimetika.
- **Gamta kaip matas** : Biomimetika naudoja ekologinį standartą mūsų inovacijų tvarumui įvertinti. Po 3,8 milijardo evoliucijos metų gamta išmoko, kas veikia ir kas išlieka ilgai. Gamta kaip matas yra užfiksuota Gyvybės principuose ir yra įtraukta į Biomimetikos-dizaino-spiralės vertinimo etapą.
- **Gamta kaip mentorė** : biomimetika – tai naujas būdas pažvelgti į gamtą ir ją vertinti. Ji pristato erą, pagrįstą ne tuo, ką galime išgauti iš gamtos pasaulio, o tuo, ko galime iš jos išmokti.



Kaip galime pritaikyti biologijos žinias?

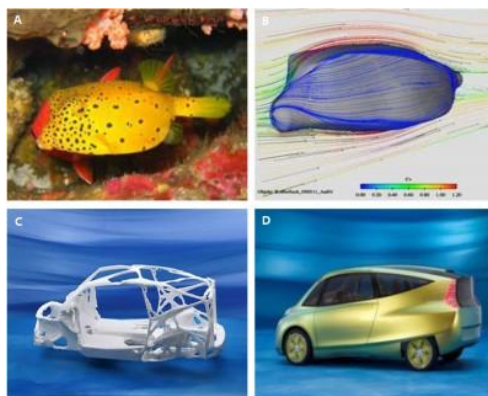
Biologinių žinių taikymas apibūdina skirtingos trukmės projektus, kurie paprastai vykdomi sėdint prie biuro stalo. Kitaip tariant, jie paprastai neapima biologinių (ar techninių) eksperimentų ar kitų tyrimų. Jie paprastai prasideda nuo apytikslės idėjos ieškoti biologinės įkvėpimo techniniam iššūkiui išspręsti arba nuo motyvacijos pritaikyti biologinio tyrimo rezultatą techninei užduočiai. Projektui dažnai reikia išsamesnio supratimo, ar randama įdomių biologinių įkvėpimo šaltinių ar techninių pritaikymų. Tada



projektuotojai turi ieškoti papildomos informacijos. Tokiu atveju komandinis aspektas vaidina nedidelį vaidmenį, o projektuotojas gali būti vienas inžinierius arba biologas (Hashemi Farzaneh, 2019). Tai reiškia, kad taikant biologines žinias geriau turėti problemų sprendimo procesą.

Biomimetika kaip koncepcija

Biomimetika reiškia kūrybišką biologinių koncepcijų įgyvendinimą produktuose. Kaip minėta šiame tekste, galime pateikti plačią biomimetikos apžvalgą ir aprašėme fiziologinių bei organizacinių gamtos sprendimų pavertimą produktais ir paslaugomis. Įgyvendinimas ir ekonominis efektyvumas parodyti pasirinktais pavyzdžiais. Keturi sėkmingo gamtos sprendimų įgyvendinimo pavyzdžiai. Gamta vis dažniau laikoma modeliu ir etalonu. Nenuostabu, kad per milijonus evoliucijos metų gamta sukūrė labai efektyvius mechanizmus ir sistemas, vengiančius tinklų, leidžiančių skirtingų sričių specialistams dirbti kartu, o tai yra būtina sėkmingos biomimetikos sąlyga. Gamta apima „optimizavimą“, o ne „maksimalizavimą“, be to, ji yra tvarumo modelis, nes tai „uždaro ciklo“ sistema. Visi organizmai prisideda prie svarbių Žemės maistinių medžiagų – anglies, vandenilio, deguonies ir azoto – perdirbimo. Jei žmonės nori klestėti neribotą laiką, jie turi elgtis atsakingai, imituodami uždarą gamtos ciklą. Biomimetika (gr. bios – gyvybė; mimesis – mėgdžioti) – tai gamtos principų taikymo disciplina, kuri ne tik keičia mūsų mąstymą apie prekių ir paslaugų projektavimą, gamybą, transportavimą ir platinimą, bet ir suteikia galimybių spręsti sudėtingas aplinkosaugos ir ekonomines problemas.



3 pav. Biomimetika kaip koncepcija (Hwang J ir visi, 2015)

Koks yra bioįkvėpto dizaino metodas?

Pritaikę biologiškai įkvėpto projektavimo metodus, pastebėjome, kad dauguma metodų buvo sukurti konkrečioms biologiškai įkvėpto projektavimo scenarijams. Kitiems scenarijams jie gali būti mažiau tinkami. Pavyzdžiui, priežastinio ryšio šablonas yra metodas, skirtas biologinės sistemos priežastiniam ryšiui suformuluoti viename sakinyje ir perkelti šį priežastinį ryšį į biologiškai įkvėptą techninę sistemą





kitame sakinyje. Ši technika gali padėti projektuotojams greitai perkelti kelias analogijas iš biologinės srities į techninę. Tačiau biologinio sprendimo suformulavimas vienu sakiniu reikalauja didžiulio supaprastinimo. Jei atlikome tyrimo projektą, skirtą išsamiai išanalizuoti biologinę sistemą, tikriausiai išvedėme sudėtingus jos strategijų paaiškinimus.

Priežastinio ryšio formulavimas vienu sakiniu yra mažiau naudingas perteikiant tokius sudėtingus ryšius. Kita vertus, daugelis bioįkvėpto dizaino metodų reikalauja daug laiko ir mokymo. Pavyzdžiui, SBF modeliavimas yra techninių ir biologinių sistemų abstrahavimo metodas. Sistemų funkcijos modeliuojamos išsamiais žingsniais. Šis metodas yra labai naudingas norint pavaizduoti išsamias žinias, įgytas atliekant literatūros tyrimus arba atliekant realius tyrimus ar eksperimentus su biologine ar technine sistema. Tačiau trumpuose idėjų generavimo seminaruose jis yra nepraktiškas. Sukūrėme tris scenarijus, skirtus parodyti metodų tinkamumą tam tikriems bioįkvėpto dizaino tipams.

Jie skiriasi tuo, kiek pastangų dedama analizuojant technines ir biologines sistemas. Jūsų biologijos įkvėptas projektavimo projektas gali būti tik vienas iš šių scenarijų arba visiškai kitoks. Vis dėlto šie scenarijai gali suteikti jums užuominą, ar verta išbandyti metodą jūsų projektui.

Biologiškai įkvėptas dizainas apima tiek techninį produktų kūrimą, tiek biologinius tyrimus. Tarp abiejų disciplinų dažniausiai naudojamų procedūrų yra mažai sąsajų. Be to, jei inžinieriai ir biologai nori bendradarbiauti, norint, kad bendras projektas būtų sėkmingas, reikia atsižvelgti į jų skirtingus darbo metodus





Papildytoji realybė (AR) biomimikrijos ugdyme

Papildytoji realybė (AR) perkelia virtualius elementus į realų pasaulį, sukurdamą interaktyvią ir įtraukią mokymosi aplinką. Biomimetikos ugdymo kontekste AR gali gerokai pagerinti sudėtingų biologinių struktūrų ir procesų supratimą, teikdama trimačius vaizdus ir interaktyvius modeliavimus.

Tyrimai parodė AR veiksmingumą švietimo aplinkoje:

- **Patobulinta vizualizacija** : papildytoji realybė (AR) palengvina sudėtingų biologinių struktūrų tyrinėjimą, abstrakčias sąvokas padarydama apčiuopiamesnes ir suprantamesnes. Pavyzdžiui, papildytoji realybė (AR) buvo efektyviai naudojama makromolekulinėms struktūroms vizualizuoti, padedant suprasti jų funkcijas ir sąveiką (Vardar-Ulu ir kt., 2024).
- **Įkūnytas mokymasis**: papildytoji realybė palaiko įkūnytą pažinimą, leisdamą besimokantiejiems sąveikauti su virtualiais modeliais fizinėje erdvėje, taip pagerindamą įsitraukimą ir mokslinių sąvokų įsiminimą. Įrodyta, kad šis metodas pagerina mokymosi patirtį, integruodamas fizinį aktyvumą su kognityviniu apdorojimu (Mansour ir kt., 2024).
- **Motyvacija ir įsitraukimas**: nustatyta, kad interaktyvus papildytosios realybės (AR) pobūdis didina mokinių motyvaciją ir įsitraukimą, o tai lemia veiksmingesnius mokymosi rezultatus. Suteikdamą įtraukiančią patirtį, AR gali padaryti mokymąsi malonesnį ir stimuliuojantį (Subran ir Diyana Mahmud, 2024).

Papildytoji realybė (AR) siūlo transformuojantį požiūrį į biomimikrijos pagrindų tyrinėjimą, pagerindamą tai, kaip besimokantieji suvokia biologines ir technines sistemas ir su jomis sąveikauja. Suteikdamą įtraukiančią ir interaktyvią patirtį, AR padeda giliau suprasti biomimikrijos principus ir biologijos įkvėptus projektavimo procesus.

Biomimikrijos principų supratimo gerinimas taikant papildytąją realybę (AR)

AR leidžia dinamiškai pavaizduoti biomimikrijos principus, tokius kaip:

- **Formos ir funkcijos atitikimas**: interaktyvūs papildytosios realybės (AR) modeliai gali parodyti, kaip natūralios formos vystosi, siekiant optimizuoti konkrečias funkcijas. Pavyzdžiui, AR programos gali vizualizuoti lotoso lapo mikrostruktūrą, iliustruoti jo vandenį atstumiančias savybes ir įkvėpti savaime išsivalančių paviršiaus dizainų.
- **Energijos vartojimo efektyvumas**: papildytosios realybės (AR) modeliavimas gali palyginti energijos suvartojimą natūraliuose procesuose ir inžinerinėse sistemose, iliustruodamas, kaip organizmai, tokie kaip paukščiai, gali skraidyti su minimaliomis energijos sąnaudomis. Ši lyginamoji vizualizacija padeda suprasti ir taikyti energiją taupančias strategijas projektuojant (https://elearningindustry.com/the-role-of-augmented-reality-in-education-revolutionizing-learning-experiences?utm_source=chatgpt.com).





Biologiškai įkvėptų dizaino procesų vizualizavimas

Biologiškai įkvėpto dizaino iteracinis pobūdis – nuo abstrakcijos iki analogijų perkėlimo – gali būti sudėtingas besimokantiejiems. AR šiuos iššūkius sušvelnina:

- **Biologinių procesų modeliavimas:** AR vizualizacijos gali atkurti sudėtingus biologinius mechanizmus, tokius kaip fotosintezė ar gekonų pėdų lipnumo savybės, suteikdamos besimokantiejiems galimybę interaktyviai analizuoti šiuos procesus.
- **Daugiapianės analizės palengvinimas:** **papildytoji** realybė (AR) suteikia tiltą tarp makro ir mikro lygmenų, padėdama vartotojams susieti ekosistemos lygmens procesus su organizmams būdingomis adaptacijomis ir taip skatinant holistinį biologinių sistemų supratimą.

Tarpdisciplininis bendradarbiavimas

AR skatina geresnį biologų, inžinierių ir dizainerių bendradarbiavimą, suteikdama bendrą platformą abstrakčioms biologinėms koncepcijoms ir jų techniniam pritaikymui vizualizuoti ir aptarti. Ji gali:

- **Suderinkite skirtingas terminologijas ir perspektyvas :** papildytoji realybė siūlo vizualines nuorodas realiuoju laiku, palengvindama bendravimą tarp tarpdisciplininių komandų.
- **Supaprastinkite abstrakcijos ir analogijos etapus:** teikdama interaktyvius modelius, papildytoji realybė užtikrina geresnį biologinių įžvalgų perkėlimą į techninius projektus, taip padidindama projektavimo proceso efektyvumą.

Dizaino iššūkių įveikimas

Biomimetika dažnai apima biologinių strategijų perinterpretavimą techniniams pritaikymams – procesui, kuriam reikia gilaus supratimo ir kūrybiškumo. AR sprendžia dažniausiai pasitaikančius iššūkius, tokius kaip:

- **Prototipų nesėkmės:** imituodami aplinkos jėgas ir sąveikas papildytoje realybėje (AR), vartotojai gali virtualiai išbandyti biologiškai įkvėptų dizainų įgyvendinamumą, taip sumažindami brangiai kainuojančias bandymų ir klaidų iteracijas fiziniame pasaulyje.
- **Dinaminė adaptacija:** papildytosios realybės (AR) gebėjimas imituoti aplinkos kintamumą (pvz., šviesą, skysčių dinamiką) suteikia įžvalgų apie tai, kaip biologiškai įkvėpti dizainai galėtų veikti realiomis sąlygomis, ir leidžia atlikti reikiamus pakeitimus prieš sukuriant fizinį prototipą (Ciloglu ir Ustun, 2023).





AR integracijos galimybės

AR sukuria unikalias mokymosi galimybes biomimikrijos ugdyme:

- **Interaktyvūs atvejų tyrimai:** besimokantieji gali tyrinėti ikoninius biomimikrijos pavyzdžius (pvz., Velcro įkvėptus akmenų, ryklio odos įkvėptus paviršius) 3D papildytosios realybės (AR) aplinkoje, taip skatindami įsitraukimą ir supratimą.
- **Scenarijų testavimas:** papildytoji realybė (AR) gali imituoti, kaip biologijos įkvėpti dizainai reaguoja į tokių kintamųjų kaip temperatūra, slėgis ar šviesa pokyčius, taip skatindami gilesnį jų pritaikomumo ir patikimumo supratimą.
- **Atsiliepimai realiuoju laiku:** Naudodami papildytosios realybės įrankius, studentai gali akimirksniu vizualizuoti ir koreguoti savo biologijos įkvėptas koncepcijas, skatindami iteracinį mokymąsi ir inovacijas.

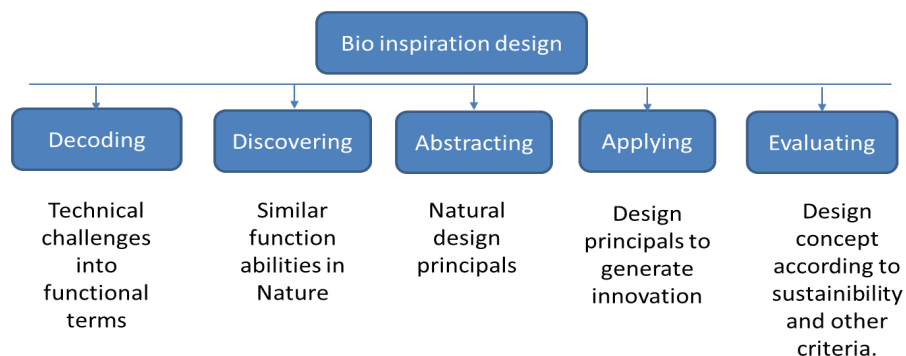
AR integravimas į biomimikrijos ugdymą atitinka platesnes patirtinio ir įtraukiančio mokymosi tendencijas. AR technologijoms tampa vis pažangesnėmis ir prieinamesnėmis, jos atveria neprilygstamas galimybes gilinti supratimą, stiprinti bendradarbiavimą ir įkvėpti novatorišką biomimikrijos principų taikymą. AR diegimas švietimo aplinkoje gali padėti įgyti veiksmingesnės ir įdomesnės mokymosi patirties, paruošiant mokinius taikyti biomimikrijos koncepcijas realaus pasaulio situacijose (<https://elearningindustry.com/augmented-reality-in-education-staggering-insight-into-future>).





Taikymas. Biologijos įkvėptas dizaino procesas

Bioįkvėptas dizainas nagrinėja organinių karkasų struktūrą ir veikimą kaip modelius ir planuoja arba konstruoja šiuolaikines medžiagas bei mašinas. Jis plačiai pripažįstamas kaip biomimikrijos, biomimezės ir biognozės sinonimas ir palyginamas su biomimetika. Terminas „biomimetika“ kilęs iš graikiško žodžio bios, „gyvybė“, ir priedo mimetika, „gebėjimas imituoti“.



Apskritai, gamtos įkvėptas dizainas galėtų būti strategija, skirta rasti sprendimus žmonių iššūkiams, imituojant gamtoje randamus planus ir koncepcijas. Jis naudojamas visur: pastatuose, transporto priemonėse ir netgi medžiagose.

Biologijos įkvėptas dizaino procesas su papildyta realybe (AR)

Papildytosios realybės (AR) integravimas į biologijos įkvėptą projektavimo procesą pagerina interaktyvumą, vizualizaciją ir prieinamumą. Šis požiūris atitinka „įtraukiančio dizaino“ koncepciją, kuri naudoja AR, kad sukurtų vartotojams realistiškas skaitmenines aplinkas. Be to, AR taikymas projektavimo procesuose buvo nagrinėjamas įvairiuose tyrimuose, pabrėžiant jos potencialą pakeisti tradicinius metodus (<https://journals.open.tudelft.nl/abe/article/view/3753>).

Biomimetinio dizaino praktika

Biologai yra pagrindiniai biomimetikos projektavimo proceso dalyviai, nes jis labai remiasi biologinėmis žiniomis; tačiau dizainerio vaidmuo išlieka pagrindiniu. Ši orientacija ypač aktuali kalbant apie biologinių strategijų abstrahavimą į plačiau taikomus projektavimo principus ir jų taikymą žmonijos iššūkiams spręsti. Biomimetikos tikslas nėra sukurti natūralios formos, proceso ar ekosistemos kopiją; veikiau ji siekia išgauti projektavimo principus iš biologijos ir panaudoti juos kaip idėjų stimulą. Galutinis biomimetikos sprendimas turėtų aiškiai parodyti funkcinį ar organizacinį principų perkėlimą iš biologijos.

Juk biomimikrijos tikslas – pasinaudoti 3,8 milijardo metų gamtos tyrimų ir plėtros įkūnytomis žiniomis, o šio tikslo pasiekti neįmanoma, jei vertime prarandama funkcinė analogija tarp natūralaus modelio ir galutinio dizaino.





Biomimetinio dizaino praktika, patobulinta AR

Papildytosios realybės (AR) integravimas į biomimetinio projektavimo praktikas pagerina projektavimo proceso vizualizavimo, modeliavimo ir bendradarbiavimo aspektus, todėl atsiranda efektyvesnių ir novatoriškesnių sprendimų.

Patobulinta biologinių modelių vizualizacija

AR leidžia dizaineriams tyrinėti biologines struktūras trimis matmenimis, palengvindama gilesnį formos ir funkcijos ryšių supratimą. Pavyzdžiui, interaktyvūs AR modeliai leidžia manipuliuoti realiuoju laiku, padėdami abstrahuoti pagrindinius principus, tokius kaip energijos vartojimo efektyvumas, hidrofobiškumas ar sukibimas. Ši galimybė atitinka išvadas, kad AR gali žymiai pagerinti projektavimo procesą, užtikrindama intuityvią ir apčiuopiamą sąveiką su virtualiais modeliais (Shin ir kt., 2013).

Dinaminės natūralių procesų simuliacijos

Naudodami papildytąją realybę (AR), projektuotojai gali imituoti natūralius procesus, tokius kaip fotosintezė ar skysčių dinamika biologinėse struktūrose, stebėdami sistemos funkcijas įvairiomis sąlygomis. Ši dinaminė simuliacija suteikia įžvalgų apie biologinių principų perkėlimą į techninius ar architektūrinius projektus, nes AR palaiko sudėtingą duomenų vizualizaciją ir sąveiką, o tai yra labai svarbu bendradarbiaujant atliekamoms projektavimo užduotims (Nilsson ir kt., 2008).

Sustiprintas bendradarbiavimas ir idėjų generavimas

AR suteikia bendrą vizualinę platformą, kuri skatina tarpdisciplininį bendradarbiavimą tarp biologų, inžinierių ir dizainerių. Realaus laiko sąveika ir modeliavimas padeda suderinti perspektyvas ir terminologiją, užtikrinant sklandesnį perėjimą nuo biologinių principų prie techninių pritaikymų. Tyrimai rodo, kad AR sistemos gali sukurti unikalią bendradarbiavimo patirtį, leisdamas vartotojams sąveikauti su bendrais 3D virtualiais objektais, taip palengvindamos efektyvų bendravimą ir idėjų mainus (Lukosch, 2015).

Interaktyvus prototipų kūrimas ir atsiliepimai

Naudodami papildytosios realybės (AR) įrankius, dizaineriai gali virtualiai kurti biologijos įkvėptų sprendimų prototipus ir juos išbandyti modeliuojamoje aplinkoje. Šis metodas sumažina su fiziniu prototipų kūrimu susijusias išlaidas ir laiką bei leidžia atlikti iteracinius patobulinimus, pagrįstus tiesioginiu grįžtamuju ryšiu. Tyrimai parodė, kad AR gali veiksmingai palaikyti bendradarbiavimą grindžiamas projektavimo sesijas, suteikdama galimybę keliems dalyviams vienu metu peržiūrėti ir sąveikauti su AR patobulintais modeliais (Giunta, 2022).





Erdvinės papildytosios realybės tyrimas bendradarbiaujant kuriamam dizainui Giunta, L. (Autorė). 2022 m. birželio 22 d.

AR diegimas biomimetiniuose sprendimuose

Papildytosios realybės (AR) integravimas į biomimetinio projektavimo praktiką pagerina procesą, palengvindamas biologinių principų abstrakciją, sudarydamas sąlygas virtualiems eksperimentams ir užtikrindamas tikslų funkcinį pritaikymą praktiniame pritaikyme.

- **Abstrahavimo principai:** papildytoji realybė leidžia dizaineriams sąveikauti su detaliais biologinių sistemų 3D modeliais, padeda identifikuoti ir išskirti funkcinis principus. Ši įtraukianti sąveika gerina supratimą ir skatina inovacijas dizaino srityje.
- **Dizaino taikymas:** virtualių eksperimentų ir vizualizacijos pagalba papildytoji realybė palengvina abstrakčių biologinių principų taikymą realaus pasaulio situacijose. Šis metodas leidžia dizaineriams efektyviai išbandyti ir tobulinti biologijos įkvėptus dizainus.
- **Funkcinis vertimas:** papildytoji realybė užtikrina tikslų natūralių modelių vertimą į galutinius dizainus, suteikdama įrankius biologinėms strategijoms dinamiškai palyginti ir patvirtinti. Šis dinaminis patvirtinimo procesas padeda išlaikyti biologiškai įkvėptų sprendimų vientisumą (Shin ir kt., 2013).

Pasitelkiant AR technologijas, biomimetikos projektavimo procesas tampa patikimesnis ir efektyvesnis, atitinkantis šiuolaikinius, technologijomis pagrįstus inovacijų ir tvarumo metodus.

Biologija kaip modelis ir išradimai

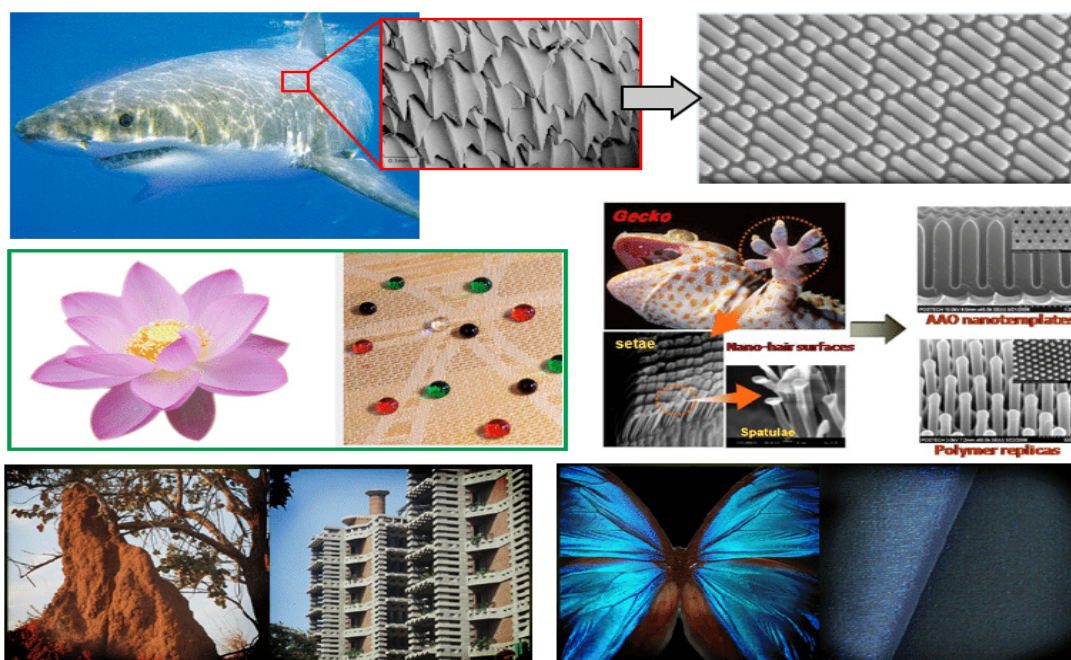
Gamtoje gausu išradimų, kurie išlaikė griežtus praktiškumo ir ilgaamžiškumo išbandymus besikeičiančioje aplinkoje. Norint kuo geriau išnaudoti gamtos galimybes, labai svarbu sujungti biologiją ir inžineriją bei matyti abiejų sričių ekspertų bendradarbiavimą. Šios jungiamosios pastangos gali padėti gamtos galimybes paversti inžinerinėmis galimybėmis, įrankiais ir mechanizmais. Norint suprasti gamtą inžinerijos požiūriu, būtina biologinius gebėjimus rūšiuoti pagal technologines kategorijas. Būtent, galima imti biologiškai identifikuotas savybes ir ieškoti analogijos inžinerijos požiūriu, kaip parodyta lentelėje.

Biologijos ir inžinerinių sistemų būdingi panašumai		
Biologija	Inžinerija	Bioinžinerija, biomimetika, bionika ir biomechanika
Kūnas	Sistema	Sukurtos sistemos su daugiafunkcinėmis medžiagomis ir struktūromis, imituojančiomis biologinių sistemų galimybes.
Skeltonas ir kaulai	Konstrukcija ir atramos	Atraminės konstrukcijos yra kiekvienos žmogaus sukurtos sistemos dalis
Smegenys	Kompiuteris	Kompiuterių pažanga daroma imituojant žmogaus veiklą smegenys
Intelektas	Dirbtinis intelektas	Yra daugybė dirbtinio intelekto aspektų, įkvėptų biologijos, įskaitant papildytąją realybę, autonomines sistemas, skaičiavimo intelektą, ekspertų sistemas, neapibrėžtąją logiką ir kt.



Pojūčiai	Jutikliai	Kompiuterinė regos sistema, dirbtinė regos sistema, radarai ir kiti artumo jutikliai turi tiesioginių biologinių analogijų. Tačiau geriausiu atveju žmogaus sukurtų jutiklių galimybės toli gražu neprilygsta biosensoriams.
Raumenys	Pavaros	Elektroaktyvūs polimerai yra pavaros, funkcinio požiūriu panašios į natūralius raumenis
Elektrocheminė energijos gamyba	Įkraunamos baterijos	Biologinių medžiagų naudojimas energijai gaminti mechaninėms sistemoms suteiks milžiniškų pranašumų.

Gamtos galimybės



Kai kurie gamtos gebėjimai gali įkvėpti naujus mechanizmus, prietaisus ir robotus. Pavyzdžiui, genio gebėjimas daužyti medieną slopinant smegenų pažeidimo poveikį. Kitas įkvepiantis gebėjimas yra daugelio būtybių gebėjimas veikti įvairiomis mobilumo galimybėmis, įskaitant skraidymą, kasimą, plaukimą, ėjimą, šokinėjimą, bėgimą, laipiojimą, ropojimą. Vis dažniau biologiškai įkvėpti gebėjimai tampa praktiški, įskaitant susidūrimų vengimą naudojant ūsus ar sonarą, kontroliuojamą maskavimą ir savaime atsistatančias medžiagas. Vienas iš sudėtingesnių gebėjimų bus sukurti miniatiūrinius prietaisus, kurie galėtų:

- skristi su milžinišku manevringumu kaip laumžirgis;
- laikytis ant lygių ir šiurkščių sienų kaip gekonas;
- prisitaikyti prie supančios aplinkos tekstūros, raštų ir formos kaip chameleonas arba pertvarkyti savo kūną, kad galėtų keliauti labai siaurais vamzdeliais kaip aštuonkojis;
- apdoroti sudėtingus trimačius (3D) vaizdus realiuoju laiku;





- pakartotinai panaudoti mobilumo galią itin efektyviam veikimui ir judėjimui;
- savarankiškai daugintis, savarankiškai augti naudojant aplinkinius išteklius;
- chemiškai generuoti ir kaupti energiją; ir daug kitų galimybių, kurioms biologija siūlo mokslo ir inžinerijos įkvėpimo modelį.

Nors daugelis biologijos aspektų vis dar nėra iki galo suprantami, jau padaryta didelė pažanga.

Gilinimas (projektų pavyzdžiai, naudojant AR įrankius biomimikrijos mokymui)

Papildytosios realybės (AR) įrankiai suteikia naujų aspektų biomimikrijos mokymui, siūlydami mokiniams įtraukiantį, interaktyvų būdą susipažinti su biologiniais principais ir paversti juos novatoriškais dizaino sprendimais. Žemiau pateikiami pavyzdžiai, kaip AR įrankiai gali pritaikyti ir patobulinti anksčiau naudotus projektus.

Sukurta įkvėpta gamtos: (Biomimetikos institutas, 2009 m.)

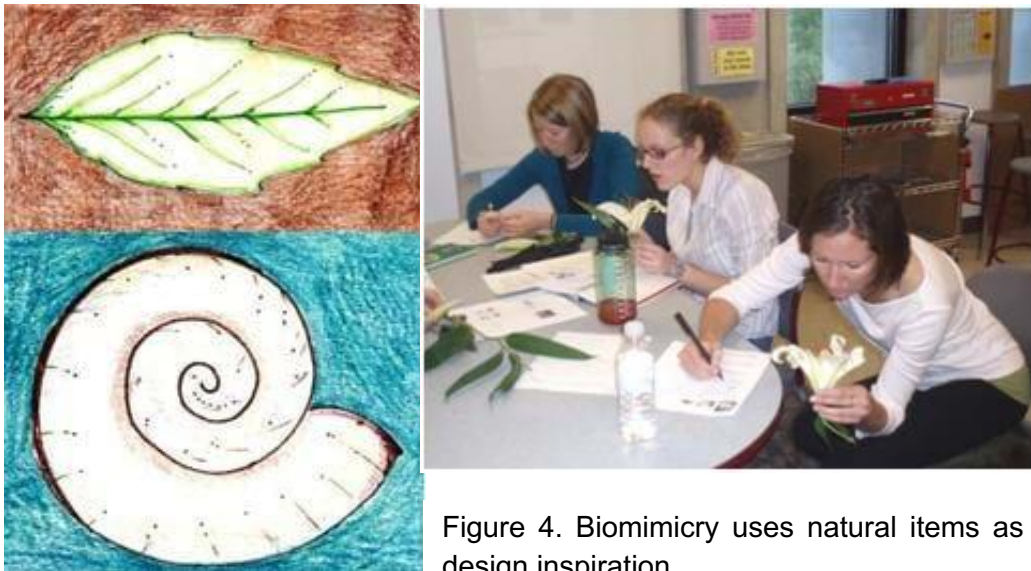


Figure 4. Biomimicry uses natural items as design inspiration.

Šioje pavyzdinėje pagrindinio lygio veikloje mokiniai atranda, kaip inžinieriai gali panaudoti biomimikrą savo projektams tobulinti. Jie sužino, kaip atidus gamtos stebėjimas – tapimas, taip sakant, gamtos detektyvu – gali padėti sukurti inovacijas ir produktus. Šioje veikloje mokiniai atlieka atvirkštinę gėlės inžineriją, kad surinktų dizaino idėjų naujiems produktams.

- Inžinerinis ryšys: Augalai ir gyvūnai iš tiesų yra gamtos inžinieriai. Pavyzdžiui, lapas gali efektyviau panaudoti saulės energiją nei geriausi mūsų saulės elementai. Per milijonus metų augalai ir gyvūnai sukūrė išradingų būdų išgyventi Žemėje. Kaip inžinieriai, mes galime konsultuotis su gamta, kad patobulintume esamus dizainus ir gaminius. Tyrinėdami gamtą, taip pat galime pasisemti įkvėpimo dizainams, kurie niekada neegzistavo.





Po šios veiklos mokiniai turėtų gebėti:

- Paaiškinkite, kaip biomimetika gali būti panaudota inžineriniam projektavimui tobulinti.
- Apibūdinkite objekto atvirkštinės inžinerijos procesą.
- Paaiškinkite, kaip komandinis minčių generavimas gali padėti sukurti kūrybiškesnes idėjas.

Prieš veiklą

1. Surinkite medžiagas.
2. Padarykite biomimikrijos tyrinėjimo darbalapio kopijas.
3. Peržiūrėkite aukščiau pateiktus biomimikrijos pavyzdžius (daugiau pavyzdžių galite rasti šaltiniuose, išvardytuose literatūros skyriuje).
4. Pasipraktikuokite gėlės atvirkštinės inžinerijos metodą, kad pasiruoštumėte atsakyti į mokinių užduodamus klausimus.

Su studentais

I dalis: Atvirkštinė inžinerija

1. Apžvelkite pagrindines biomimikrijos sąvokas ir pateikite keletą atvejų tyrimų, kad motyvuotumėte studentus.
2. (rekomenduojama) Prieš atlikdami pagrindinę veiklą, atlikite išankstinį vertinimą. Tai padės paruošti dirvą atvirkštinės inžinerijos iššūkiui.
3. Suskirstykite klasę į 2–3 mokinių grupes.
4. Duokite kiekvienai grupei po darbalapį.
5. Prieš įteikdami komandoms gėles ir įrankius, naudokite darbalapį, kad peržvelgtumėte atvirkštinės inžinerijos koncepciją ir procedūrą. Galite netgi paprašyti, kad kiekviena komanda atsakytų į tiriamąjį klausimą prieš įteikdami medžiagą.
6. Kiekvienai grupei duokite po atvirkštinės inžinerijos įrankių rinkinį, pavyzdžiui, dantų krapštukus, pincetus, pjovimo įrankius, didinamuosius stiklus ir plastikinius maišelius.
7. Nurodykite mokiniams pradėti atvirkštinės gėlių inžinerijos procesą. Įsitikinkite, kad grupės vadovaujasi savo darbalapiais, kuriuose aprašyti šie keturi žingsniai:
 - a. Atsargiai išardykite gėlę ir nubraižykite jos skirtingas dalis.
 - b. Apibūdinkite gėlės spalvas ir tekstūras. Kodėl gėlė buvo sukurta iš šių medžiagų?
 - c. Apibūdinkite bendrą gėlės formą ir struktūrą. Kokį iššūkį gėlė galėtų išspręsti turėdama tokią formą ir struktūrą?
 - d. Kaip inžinierius galėtų imituoti gėlės medžiagą, spalvą, formą ir struktūrą, kad sukurtų kažką naujo?
 - e. Kokias mokslines sąvokas, kurias jau sužinojote anksčiau, esate susijusios su gėle? Kaip galėtumėte jas panaudoti savo dizaine?

Originali veikla: mokiniai atlieka atvirkštinės inžinerijos procedūrą, kad suprastų gėlės struktūrą, medžiagas ir funkcinį dizainą. Papildyta realybe (AR):

- Naudokite tokius įrankius kaip „JigSpace“, kad sukurtumėte 3D gėlių papildytosios realybės modelius, kurie leis studentams virtualiai tyrinėti jų vidines struktūras ir suprasti jų formos ir funkcijos ryšius.





- Imituokite, kaip žiedlapiai sąveikauja su aplinkos elementais, pavyzdžiui, apsaugo žiedadulkes nuo vėjo arba laužo šviesą, kad pritrauktų apdulkintojus.
- Suteikti galimybę išardyti virtualius modelius, kad studentai galėtų stebėti pagrindinius struktūrinius komponentus, tokius kaip žiedlapių tekstūra ar stiebo lankstumas, ir taip skatinti gilesnį ekologinį supratimą.

Naujas mokymosi rezultatas: studentai įgyja įžvalgų apie biologinių struktūrų taikymą realaus pasaulio inžineriniams iššūkiams, pavyzdžiui, vandeniui atsparių paviršių ar tvarių medžiagų kūrimui.

II dalis: Gaminio dizainas

1. Kai mokiniai baigs kurti gėlių atvirkštinę inžineriją, paprašykite jų, remdamiesi tuo, ką pastebėjo, sugalvoti galimų naujų produktų. Pavyzdžiui, gėlės įkvėpti produktai galėtų būti nauji neperšlampami drabužiai, vandens surinkimo sistema namui, lengvos statybinės medžiagos, dangoraižis, kuris gali siūbuoti vėjyje nesulūždamas ir pan.
2. Tegul kiekviena grupė maždaug 10 minučių atlieka minčių šturmą dėl galimų produktų. Paprašykite jų užrašyti arba nupiešti visų idėjas, kilusias minčių šturmo metu.
3. Paprašykite grupių pasirinkti vieną galutinį produktą, kurį pristatytų klasei. Pateikite mokiniams projektavimo kriterijų arba apribojimų sąrašą. Pavyzdžiui: dydis, biudžetas, medžiagos, ištekliai, kultūrinė aplinka ir kt. Tai padeda mokiniams užsidėti „inžinerines kepure“. Pavyzdžiai gali būti šie:
 - Reikalauti, kad studentai kurtų projektus, kurie padėtų spręsti aplinkosaugos problemas.
 - Reikalauti, kad studentai kurtų projektus, kurie padėtų spręsti sveikatos / medicininės problemas.
 - Reikalauti, kad studentai kurtų projektus, kurie galėtų būti pastatyti besivystančioje šalyje ar kaimo vietovėje su ribotais ištekliais.
 - Suteikite studentams hipotetinį biudžetą, pavyzdžiui, 100 USD.
 - Reikalauti, kad studentų projektai būtų atliekami be atliekų, t. y. būtų naudojamos tik pakartotinai panaudojamos medžiagos.
4. Suteikite kiekvienai grupei dar 10 minučių, kad sugalvotų geriausias idėjas savo galutiniams produktams. Paprašykite jų nubraižyti eskizus ir pastabas apie savo produktus ant naujo popieriaus lapo. Paprašykite mokinių, jei reikia, įtraukti mokytojo nurodytus dizaino apribojimus.
5. Įvertinkite skirtingus dizainus, kad nustatytumėte, kiek jie atitinka kriterijus / apribojimus.
6. Paprašykite kiekvienos grupės pristatyti savo produktą likusiai klasei. Jei grupės jaučiasi patogiai, paprašykite jų nupiešti savo idėjas klasės lentoje ir atsakyti į kitų komandų klausimus apie savo produktus.
7. Visoms grupėms prisistačius, kartu su mokiniais veskite vertinimo veiklą po jų.





5 pav. Du studentai atlieka saulėgrąžos atvirkštinę inžineriją,
© 2009 Kolorado universiteto regentai

Patobulinta AR funkcija :

- Pasinaudokite papildytosios realybės (AR) platformomis, tokiomis kaip „**Assemblr EDU**“ , kad studentai galėtų kurti virtualius biologijos įkvėptų dizainų prototipus.
- Imituokite produkto funkcionalumą realiuoju laiku, pavyzdžiui, neperšlampamus drabužius, imituojančius lotoso lapus, arba lengvas medžiagas, modeliuojamas pagal augalų struktūras.
- Bendradarbiavimu grįstos papildytosios realybės (AR) aplinkos skatina grupinį minčių šturmą ir gerina komandinį problemų sprendimą.

Naujas mokymosi rezultatas: studentai išmoka sujungti biologiją ir inžineriją, kurdami biologijos įkvėptus sprendimus su papildytosios realybės (AR) sustiprintais grįžtamojo ryšio mechanizmais.

Gamtoje esančios technologijos ir mechanizmai:

Automatinis sistemos veikimo valdymas yra ribotas, jei naudojama paprasta programinė įranga su tik iš anksto nustatytais parinktimis. Vis dažniau sistemos kuriamos naudojant dirbtinį intelektą, kai valdymo algoritmai imituoja gamtą. Šių sistemų kūrimas apima dirbtinio intelekto algoritmų, kurie suteikia kritinės valdymo galimybes, tokias kaip žinių rinkimas, vaizdavimas ir perkvalifikavimas neapibrėžtumo sąlygomis, planavimas, matymas, veido ir bruožų sekimas, kalbos apdorojimas, žemėlapių sudarymas ir navigacija, natūralios kalbos apdorojimas ir mašininis mokymasis, naudojimą. Apskritai dirbtinis intelektas yra kompiuterių mokslo šaka, tirianti skaičiavimo reikalavimus tokioms užduotims kaip suvokimas, perkvalifikavimas ir mokymasis, kad būtų galima kurti sistemas, kurios atliktų šias funkcijas. Geresnis žmogaus pažinimo supratimas vis labiau leidžia mokslininkams suprasti intelekto reikalavimus apskritai ir leidžia kurti išmaniuosius įrenginius, autonominius agentus ir sistemas, kurios bendradarbiauja su žmonėmis, siekdamos pagerinti jų gebėjimus.

Daugybę mechanizmų pavyzdžių įkvėpė biologijos stebėjimai; čia pateikiama keletas pavyzdžių.

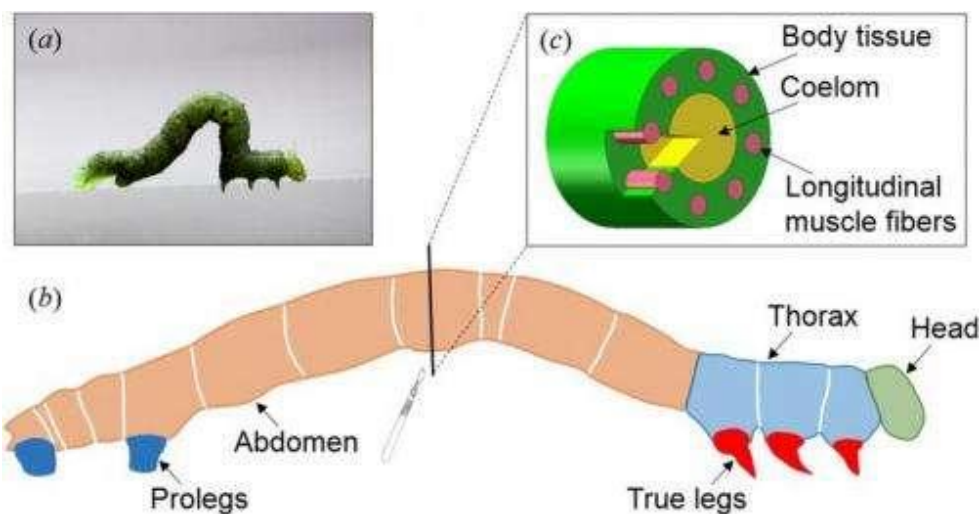
- „**Inchworm**“ linijiniai varikliai



Biologinis dygliakrūmis yra kandžių, vadinamų Geometridae, grupės vikšras, turintis šešias priekines ir keturias užpakalines kojas. Šios lervos arba vikšro judėjimo mechanizmo imitavimas lėmė variklių ir linijinių pavarų, vadinamų dygliakrūmiai, sukūrimą. Šiuos komerciškai prieinamus variklius varo pjezoelektrinės pavaros (gaminamos tokių kompanijų kaip „Burleigh Instruments“). Jie gali judėti maždaug 2 mm s⁻¹ greičiu, nanometrų skiriamąja geba ir užtikrinti šimtų milimetrų judėjimo atstumą. Šių variklių sukuriamos jėgos gali siekti daugiau nei 30 N, be jokio laisvumo ir didelio stabilumo. Jų nemagnetinė sudėtis suteikia pranašumų taikant juos bandymo prietaisuose, tokiuose kaip magnetinio rezonanso tomografai (MRT). Palyginti su biologiniais raumenimis, pjezoelektriniu būdu valdomi dygliakrūmiai, išlaikant padėtį, neišsklaido energijos.

„Inchworm“ mechanizmai turi daug konfigūracijų, kur vieningos pavaros principas naudoja du stabdžius ir ilgintuvą. Šie varikliai atlieka ciklinius veiksmus, kai galinis stabdys užspaudžiamas ant veleno, o ilgintuvas stumia priekinį stabdį į priekį. Tada priekinis stabdys užspaudžia veleną, atleisdamas galinį stabdį ir įtraukdamas ilgintuvą, kad būtų galima judėti vienu žingsniu į priekį.

ir šis žingsnis gali būti vos 1 nm.



6 pav. (a) Tikras dygliuotasis kirminas, (b) dygliuotojo kirmino eskizas iš šono ir (c) jo pagrindinių raumenų struktūrų eskizas. Autoriai: Wang ir kt. ©2014 IOP Publishing

Iš tiesų, kaip studentų projektas, jie tyrinėja, kaip colių kirmėlės judėjimas įkvėpė pjezoelektrinius variklius, suprasdami jo mobilumo, efektyvumo principus ir praktinį pritaikymą tokiuose įrenginiuose kaip MRT sistemos.

Patobulintas fokusavimas naudojant AR

Naudodami papildytąją realybę (AR), studentai gali:

1. Vizualizuokite colinio kirmėlės judėjimo biomechaniką 3D formatu.
2. Imituokite, kaip pjezoelektrinės pavaros atkartoja šį judėjimą tiesiniuose varikliuose.
3. Virtualiai kurkite biologijos įkvėptų variklių prototipus, išbandydami jų funkcionalumą ir efektyvumą.





1. Slieko judėjimo vizualizavimas

- Įrankis: naudokite „**JigSpace**“ arba „**Merge Cube**“, kad sukurtumėte interaktyvų 3D slieko kūno ir raumenų struktūros modelį.
- Veikla:

Studentai manipuliuoja papildytosios realybės modeliu, kad stebėtų, kaip centimetrinės kirmėlės raumenys koordinuoja ciklinius judesius.

Modeliavimas gali parodyti, kaip colių kirmėlė pritaiko savo judėjimą prie skirtingų paviršių, pabrėžiant funkcinis principus, slypinčius už jos mobilumo.

2. Pjezoelektrinio variklio mechanizmo modeliavimas

- Įrankis: naudokite „**Assemblr EDU**“ arba panašias platformas, kad sukurtumėte pjezoelektrinių pavarų, atkartojančių slieko judėjimą, 3D AR simuliaciją.
- Veikla:

Studentai tyrinėja variklio papildytosios realybės modelį, kad suprastų stabdžių, ilgintuvų ir pjezoelektrinių pavarų vaidmenį.

Modeliavimas leidžia studentams koreguoti kintamuosius (pvz., variklio greitį, jėgą ar skiriamąją gebą) ir stebėti jų poveikį realiuoju laiku.

3. Biologiškai įkvėptų variklių prototipų kūrimas

- Įrankis: naudokite „**Reality Composer**“ arba „**Sketchfab**“ AR pagrindu sukurtam prototipų kūrimui.
- Veikla:

Mokiniai, naudodami papildytosios realybės įrankius, kuria savo variklius, įkvėptus colinio kirmėlės.

Jie gali virtualiai išbandyti variklius, stebėdami, kaip variklio konfigūracijos pakeitimai veikia jo veikimą (pvz., tikslumą, stabilumą ar energijos vartojimo efektyvumą).

4. AR taikymas realiame pasaulyje

- Įrankis: naudokite papildytąją realybę (AR), kad imituotumėte sliekinių variklių pritaikymą realiame pasaulyje medicinos, pramonės ar robotikos kontekste.
- Veikla:

Studentai gali pamatyti, kaip variklis veikia tokiuose įrenginiuose kaip MRT skaitytuvai ar robotinės rankos.



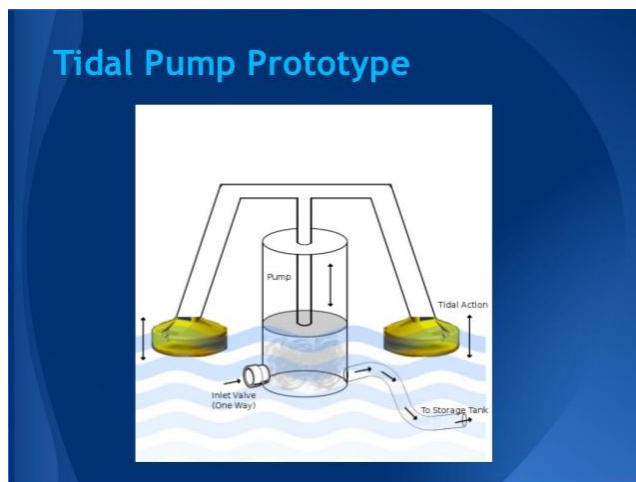
Modeliavimas gali pabrėžti colių kirmėlių įkvėptų dizainų privalumus, tokius kaip didelis tikslumas ir mažas energijos išsklaidymas.

Nauji mokymosi rezultatai

1. Biomechaninis supratimas: mokiniai giliau supranta centimetrinės kirmėlės judėjimą ir kaip jis įkvėpė novatoriškus inžinerinius sprendimus.
2. Sisteminis mąstymas: papildytoji realybė skatina integruotą biologinių principų ir inžinerinių pritaikymų požiūrį.
3. Dizainas ir eksperimentavimas: studentai kuria ir išbando biologijos įkvėptus dizainus virtualioje, nerizikingoje aplinkoje, skatindami kūrybiškumą ir iteracinį mokymąsi.
4. Aktualumas realiame pasaulyje: papildytoji realybė demonstruoja biomimikrijos poveikį praktiniuose kontekstuose, todėl mokymosi patirtis tampa prasmingesnė.

- **Siurbimo mechanizmai**

Gamtoje esantys pumpavimo mechanizmai yra puikus skysčių ir dujų pumpavimo įrenginių modelis. Gamtoje naudojami įvairūs pumpavimo mechanizmai, kurie taip pat naudojami mechaniniuose siurbliuose. Plaučiai pumpuoja orą į vidų ir iš jo (potvynio ir atoslūgio pumpavimas) per diafragmą, kuri leidžia mums kvėpuoti, padedant tarpšonkaulių raumenims. Peristaltinis pumpavimas yra viena iš labiausiai paplitusių pumpavimo formų biologinėse sistemose, kai skysčiai suspaudžiami reikiama kryptimi. Toks pumpavimas įprastas virškinimo sistemoje. Pumpavimas per vožtuvus ir kameras, kurios keičia tūrį, aptinkamas žmonių ir gyvūnų širdyse, kai kameros plečiasi ir susitraukia. Vienkrypčių vožtuvų naudojimas yra raktas į kraujotaką venose, kur slėgis yra mažesnis.



7 pav. Potvynio ir atoslūgio siurblys, <https://www.slideshare.net>

Laikydami šį mechanizmą mokinių projektu, mokiniai tyrinėja natūralius pumpavimo mechanizmus, tokius kaip žmogaus širdis ar peristaltika virškinimo sistemoje.

Patobulinta AR funkcija :

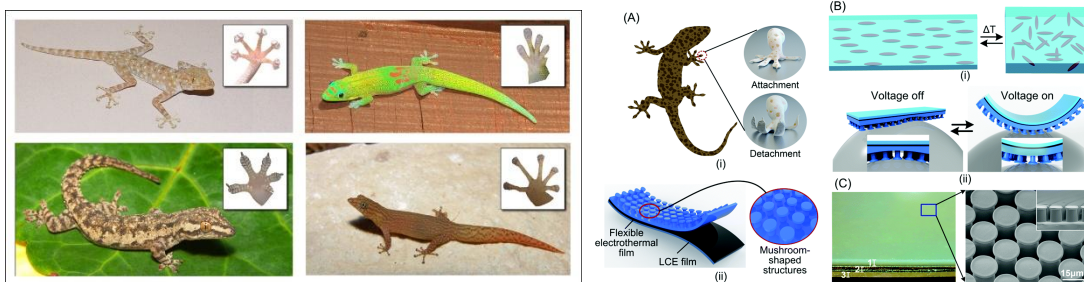


- Naudokite tokius papildytosios realybės įrankius kaip „Merge Cube“, kad sukurtumėte interaktyvius biologinių siurblių 3D modelius, kurie leis mokiniams tyrinėti jų anatomiją ir funkcionalumą.
- Modeliavimai gali parodyti skysčių dinamiką, iliustruodami, kaip vienpusiai vožtuvai ir slėgio skirtumai leidžia efektyviai transportuoti skysčius.
- Studentai gali kurti virtualius biologiškai įkvėptų siurblių prototipus, skirtus tokioms reikmėms kaip medicinos prietaisai ar drėkinimo sistemos.

Naujas mokymosi rezultatas : studentai įgis gilesnį skysčių mechanikos supratimą ir jos pavertimą efektyviais technologiniais sprendimais.

• Kontroliuojamas sukibimas

Daugelis organizmų pasiekia kontroliuojamą šlapią arba sausą sukibimą. Naudodama labai fibriliuotą mikrostruktūrą, vabalas *Hemisphaerota cyanea* taiko šlapią sukibimą, pagrįstą kapiliarine sąveika. Kita vertus, gekonas pasižymi puikiu sausu sukibimu, naudodamas van der Valso jėgas. Nors šios jėgos suteikia mažą vidinę energiją ($\sim 50 \text{ mJ m}^{-2}$), their effective localized application allow for the remarkable capability (Autumn et al 2002). Using this adhesion mechanism, the gecko can run on polished glass at a speed of about 1 m s^{-1} and attach its body to the wall using a single toe to support its body weight. This capability motivated efforts to mimic the gecko's adhesion mechanism and some limited success was reported. Such research was conducted by Autumn and Peattie (2003) who developed an artificial foot-hair tip model for a dry, self-cleaning adhesive that works under water and in vakuumas.



8 pav. Gekono sukibimo specifikacija (Hongmiao Tian&all, 2020)

Kaip mokinių projektas, šį pavyzdį mokiniai gali išnagrinėti, kad sužinotų, kaip gekonai prilimpa prie paviršių, ir sugalvotų būdų, kaip imituoti šią funkciją.

Patobulinta AR funkcija :

- Pasinaudokite „Reality Composer“ ar panašiais įrankiais, kad mokiniai galėtų vizualizuoti gekonų pėdų struktūras mikroskopiniu masteliu papildytoje realybėje (AR).
- Interaktyvios simuliacijos gali parodyti, kaip van der Valso jėgos užtikrina sukibimą net ir ant lygių paviršių.



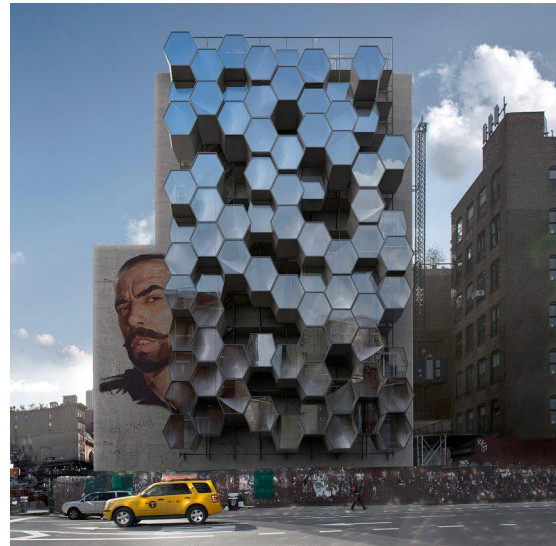


- Studentai gali išbandyti ir koreguoti virtualius dizainus, įkvėptus gekonų sukibimo, pavyzdžiui, robotiką ar medicinos prietaisus.

Naujas mokymosi rezultatas : mokiniai supranta sukibimo mokslinį pagrindą ir jo potencialą inovatyviems problemų sprendimo būdams, pavyzdžiui, kuriant saugesnę laipiojimo įrangą ar povandeninius kljus.

- **Korys**

Korį bitės gamina visiškoje tamsoje ir jis susideda iš tobulos šešiakampės ląstelių struktūros, kuri pasižymi optimalia pakavimo forma. Bitėms tokia geometrija atitinka jų poreikį sukurti struktūrą, kuri užtikrintų maksimalų stabilų sulaikymą (medų, lervų), naudojant minimalų medžiagos kiekį. Dėl tų pačių priežasčių korys yra ideali konstrukcija orlaivio valdymo paviršiams statyti ir gali būti naudojamas sparne, aukščio vairalazdėje, uodegoje, grindyse ir daugelyje kitų dalių, kurioms reikalingas tvirtumas ir dideli matmenys, išlaikant mažą svorį.



10 pav. „Framlab“ 3D spausdintuvu atspausdintas „Homed“ siūlo prieglobstį Niujorko benamiams, teigia „honeycomb“. <https://www.dezeen.com>

Interpretuodami šią idėją kaip studentų projektą, studentai studijuoja korio geometriją, kad suprastų jos stiprumą ir medžiagų efektyvumą.

Patobulinta AR funkcija :



- Naudokite tokius papildytosios realybės įrankius kaip „Sketchfab“, kad sukurtumėte įtraukiančią korio struktūrų patirtį ir leistumėte studentams analizuoti, kaip jų geometrija optimizuoja erdvės ir medžiagų panaudojimą.
- Norėdami pademonstruoti tiesioginį šių principų pritaikomumą, papildytoje realybėje (AR) imituokite realaus pasaulio pritaikymus, tokius kaip korio įkvėpti architektūriniai projektai ar lėktuvų komponentai.

Naujas mokymosi rezultatas : studentai susieja natūralių projektų struktūrinį efektyvumą su tvaria inžinerijos ir architektūros praktika.

Biomimetikų pritaikymo planetose svarstymas:

Ateities kosmoso tyrinėjimų taikymams biomimetika siūlo koncepcijų rinkinį, kuris gali būti panaudotas kuriant naujas technologijas ir tobulinant turimus pajėgumus. Pasinaudoti potencialia nauda būsimums NASA misijoms, kurią galima gauti mėgdžiojant gamtą. Kaip potencialus šių medžiagų pritaikymas, galima įsivaizduoti, kad stiprių ir tvirtų dirbtinių raumenų, pagrįstų EAP¹ medžiagomis, prieinamumas ateinančiais metais leis mums sukurti biomimetinius kojų robotus, kurie gali bėgti taip greitai, kaip gepardas, nešti masę kaip arklys, lipti ant stačių uolų kaip gekonas, pertvarkyti savo kūną kaip aštuonkojis, skraidyti kaip paukštis ir kasti tunelius kaip kurmis. Tai neįtikėtina vizija robotams, kurie gali būti naudojami planetoms Visatoje tyrinėti, ir tai gali lemti ateities...

Planetinių misijų planai, pagrįsti mokslinės fantastikos idėjomis paremtu roboto veikimo scenarijumi. Kai kurios užduotys, kurias gali tekti atlikti tokiems robotams, apima autonominį vandens, įvairių išteklių ir galbūt biologinių indikatorių aptikimą ieškant praeities ar dabarties gyvybės arba net įrenginių būsimums žmonių buveinėms statybą. Kai tokie robotai bus pakankamai patikimi, kad galėtų veikti atšiauriomis kosmoso sąlygomis, jie galės atlikti žmonių pakaitalų vaidmenį atliekant užduotis, reikalaujančias žmogaus gebėjimų, nepakenkdami realioms asmenims jokiems nereikalingiems pavojams.

Kosmoso taikymas yra vienas iš reikliausių dėl atšiaurių eksploatavimo sąlygų, reikalaujančių didelio tvirtumo ir ilgaamžiškumo. Biomimetinių galimybių sukūrimas naudojant elektroaktyvias medžiagas potencialiai leis NASA vykdyti misijas kitose planetose naudojant robotus, kurie imituoja žmonių veiksmus prieš žmonėms nusileidžiant. Apskritai, reikalavimus ir iššūkius, susijusius su įrangos, pagrįstos besiformuojančia kosminių skrydžių technologija, kūrimu, labai sunku įveikti.

Tačiau, kadangi tokiose srityse paprastai gaminamos tik nedidelės partijos, jos gali būti svarbios naujos pavaros ir įtaisai, skirti naujų pavarų ir įtaisų pristatymui ir eksperimentavimui. Tai skiriasi nuo komercinių pritaikymų, kuriems masinės gamybos, vartotojų paklausos ir vieneto kainos klausimai gali būti labai svarbūs technologijų perkėlimui į praktinį pritaikymą. Apskritai, biologiškai įkvėptų robotų, varomų EAP pavaromis, kūrimas gali turėti pranašesnių galimybių nei natūralių būtybių, nes šių robotų nevaržo evoliucija ir išgyvenimo poreikiai, kurie yra labai svarbūs biologinėms būtybėms. Bar-Cohen ir jo bendradarbiai sukonstravo miniatiūrinę robotinę ranką, kurią pakėlė EAP pavara, pagaminta iš valcuoto dielektrinio elastomero ir veikianti kaip linijinė pavara. Telepresence kartu su virtualia realybe, naudojant

¹Elektroaktyvūs polimerai arba EAP yra polimerai, kurie, veikiami elektrinio lauko, keičia savo dydį arba formą. Dažniausi šio tipo medžiagų panaudojimo būdai yra pavaros ir jutikliai.



haptinę sąsają, suteikia dar vieną svarbų potencialą kosmoso taikymams, ypač siekiant išvengti tiesioginio žmonių sąlyčio su pavojingomis sąlygomis.

Bar-Cohen ir jo tyrimų komanda sugalvojo naują dizainą, kuriame minimaliai invazinė robotinė ranka kaip chirurginis įrankis gali būti sukonstruota aštuonkojo konfiguracijos su keliais laisvės laipsniais čiuptuvais, aprūpintais įvairiais įrankiais. Norint įgyvendinti tokią galimybę, buvo svarstomas EAP kaip pavarų ir elektorreologinių skysčių (ERF) derinys, kai galima kontroliuoti tokios lanksčios robotinės rankos standumą ir ją galima valdyti kaip haptinę sąsają.

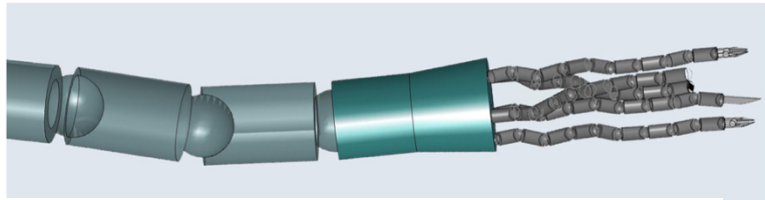


Figure 17. A graphic view of an octopus-configured catheter for surgical applications. (Bar-Cohen, 2006)

pritaikymas **planetoms**“, kuriame numatoma naudoti biomimetinius robotus kosmoso tyrimams, taip pat gali būti gerokai patobulintas naudojant papildytosios realybės įrankius. Integruodami papildytąją realybę, studentai ir tyrėjai gali imituoti, vizualizuoti ir eksperimentuoti su biologijos įkvėptomis robotų koncepcijomis, taip tobulindami savo supratimą ir kūrybiškumą kurdami sprendimus atšiaurioms planetinėms sąlygoms.

Projekte nagrinėjamos biomimetinės koncepcijos, tokios kaip dirbtiniai raumenys, gekonų tipo laipiojimas ir aštuonkojų tipo pertvarkymas, siekiant sukurti robotus, galinčius veikti atšiauriomis planetos sąlygomis.

Patobulintas fokusavimas naudojant AR:

Naudodami papildytąją realybę (AR), studentai gali:

1. Vizualizuokite biomimetinių dizainų judėjimą ir prisitaikymą ekstremalioje aplinkoje.
2. Imituokite tokias užduotis kaip išteklių paieška ar buveinių kūrimas kitose planetose.
3. Prototipuoti ir išbandyti biologiškai įkvėptus robotus virtualiose planetinių sąlygų simuliacijose.

1. Biomimetinio judėjimo tyrinėjimas

- Įrankis : naudokite „JigSpace“ arba „Assemblr EDU“ , kad sukurtumėte gepardų, gekonų ar aštuonkojų įkvėptų biomimetinių robotų 3D AR modelius.
- Veikla :





Studentai manipuliuoja papildytosios realybės (AR) modeliais, kad stebėtų, kaip biologinės adaptacijos (pvz., gekonų sukibimas ar gepardų greitis) paverčiamos robotų funkcijomis.

Imituokite judesius, tokius kaip kopimas į uolas arba formų pertvarkymas skirtingoms užduotims.

2. Kosmoso programų modeliavimas

- **Įrankis** : Pasinaudokite „Merge Cube“ , kad sukurtumėte papildytosios realybės aplinkas, imituojančias planetų paviršius, tokius kaip Marsas ar Mėnulis.
- **Veikla** :

Studentai testuoja papildytosios realybės (AR) robotus virtualiose vietovėse, imituodami aplinkos iššūkius, tokius kaip silpna gravitacija ar ekstremalios temperatūros.

Įsivaizduokite, kaip dirbtiniai raumenys ir biomimetiniai dizainai leidžia atlikti tokias užduotis kaip išteklių gavyba ar buveinių kūrimas.

3. Robotų prototipų kūrimas naudojant AR

- **Įrankis** : naudokite „Reality Composer“ , kad mokiniai galėtų kurti ir modifikuoti biologijos įkvėptus robotų komponentus.
- **Veikla** :

Studentai kuria robotinių rankų prototipus su EAP pavaromis arba gekonų įkvėptais laipiojimo mechanizmais.

Imituokite, kaip šie projektai atlieka konkrečias užduotis, pavyzdžiui, mėginių rinkimą ar modulinių buveinių konstravimą.

4. Bendradarbiavimo dizaino iššūkiai

- **Įrankis** : grupinio darbo papildytosios realybės (AR) modeliavimo metu naudokite „CoSpaces Edu“ .
- **Veikla** :

Komandos kuria daugiavalius robotus, kurie apjungia kelis biomimetinius principus (pvz., gekono įkvėptą laipiojimo ranką ir gepardo įkvėptą bėgimo mechanizmą).





Naudokite papildytąją realybę (AR), kad kartu vizualizuotumėte ir tobulintumėte šiuos dizainus, pristatydami savo robotų galimybes imituojamoje planetinėje misijoje.

Išvada

Biomimikrijos integravimas į edukacinę praktiką suteikia studentams unikalią galimybę tyrinėti biologijos, inžinerijos ir dizaino sankirtą, skatinant kūrybiškumą ir inovacijas. Papildytosios realybės (AR) įrankių įtraukimas mokymąsi daro labiau įtraukiantį, interaktyvesnį ir patrauklesnį. Šie įrankiai leidžia studentams vizualizuoti sudėtingas biologines sistemas, imituoti realaus pasaulio taikymus ir kurti biologijos įkvėptų sprendimų prototipus dinamiškoje virtualioje aplinkoje.

Šis mokymo modulis yra sudarytas taip, kad padėtų besimokantiejiems pereiti tyrinėjimo, vykdymo ir tobulinimo etapus, užtikrinant visapusišką požiūrį į biomimikrijos principų supratimą ir taikymą. Tyrinėjimo etape studentai kaupia pagrindines žinias apie biologijos įkvėptas koncepcijas ir naudoja papildytąją realybę (AR) biologiniams modeliams vizualizuoti. Vykdomo etape daugiausia dėmesio skiriama praktiniams projektams, bendradarbiavimui problemų sprendimui ir grįžtamajam ryšiui realiuoju laiku naudojant AR modeliavimus. Galiausiai, tobulinimo etape pristatomos pažangios mokymosi strategijos, tokios kaip žaidimų elementų taikymas ir AR pagrįsti vertinimai, siekiant pagilinti supratimą ir skatinti inovacijas.

Šioje lentelėje apibendrinti kiekvieno etapo pagrindiniai elementai, išsamiai aprašant, kaip papildytosios realybės (AR) įrankiai yra integruojami siekiant mokymosi tikslų. Įtraukdami šią lentelę į mokymo modulį, pedagogai ir besimokantieji gali lengvai pasinaudoti sistema ir įvertinti AR transformuojantį vaidmenį biomimikrijos ugdyme.

Fazė	Aprašymas
Tyrinėjimas	- Tyrimai ir atradimai : mokiniai susipažįsta su pagrindinėmis biomimikrijos koncepcijomis, tyrinėja tokius biologinius principus kaip formos ir funkcijos atitikimas bei optimizavimas per natūralius procesus.
	- Turinio kūrimas : interaktyvios papildytosios realybės priemonės, tokios kaip „JigSpace“, teikia 3D modelius (pvz., lotoso lapo mikrostruktūrą, korio geometriją), kad būtų galima vizualizuoti koncepcijas ir susieti jas su techniniais pritaikymais.
	- Poreikių analizė : mokytojai ir mokiniai analizuoja iššūkius, su kuriais susiduriama kuriant biologinių strategijų santraukas inžinerijos reikmėms.
Taikymas	- Mokymo programos įgyvendinimas : Pamokos apima tokius projektus kaip atvirkštinė gėlių inžinerija arba biologijos įkvėptų robotų kūrimas.
	- Interaktyvūs pratimai : prototipų kūrimui ir modeliavimui naudojami papildytosios realybės (AR) įrankiai, tokie kaip „Assemblr EDU“. Pavyzdžiui, studentai kuria virtualius gekonų įkvėptus laipiojimo įrankius arba imituoja colinių kirmėlių įkvėptus linijinius pavaros mechanizmus.
	- Atsiliepimų rinkimas : mokytojai renka įžvalgas iš AR patobulintų projektų, daugiausia dėmesio skirdami tam, kaip AR gerina supratimą ir įsitraukimą.
Gilinimas	- AR integracija : Pristatykite AR patobulintas vizualizacijas pažangioms biomimikrijos koncepcijoms, tokioms kaip gekonų ar gepardų įkvėptos robotų simuliacijos.
	- Interaktyvus mokymasis : mokiniai tyrinėja planetų pritaikymą, testuoja papildytosios realybės (AR) pagrindu sukurtus robotų modelius ekstremalioje aplinkoje, pavyzdžiui, Marse. Bendradarbiavimo įrankiai, tokie kaip „CoSpaces Edu“, palengvina komandinį darbą projektuojant daugiav funkcinius robotus.





Žaidimo principu pagrįstas turinys: taškai, ženkleliai ir lyderių lentelės integruojami į papildytosios realybės (AR) simuliacijas (pvz., atlygių rinkimas už biomimetikos dizaino iššūkių sprendimą).

AR pagrįsti vertinimai: AR pagrįsti vertinimai leidžia studentams interaktyviai demonstruoti biomimikrijos taikymus, pavyzdžiui, imituoti aplinkos adaptaciją arba išbandyti biologijos įkvėptus prototipus.

Literatūra

Autumn K ir Peattie AM 2003 Gekonų sukibimo mechanizmai. J. Integr. Comp. Biol. 42 1081–90.

Autumn K, Sitti M, Liang YA, Peattie AM, Hanen WR, Sponberg S, Kenny TW, Fearing R, Israelachvili JN ir Full RJ 2002 Įrodymai, kad van der Waalso sistema prisitvirtina prie gekonų pėdų plaukų, įkvepia sintetinių klijų kūrimą. Proc. Natl Acad. Sci. USA 99 12252–6.

Benyus, Janine M. Biomimetika: gamtos įkvėpta inovacija. Niujorkas, NY: William Morrow and Company, Inc., 1997.

) pagrindu sukurtos biologijos mokymosi patirties poveikis mokinių motyvacijai, saviveiksmingumui ir požiūriui į nuotolinį mokymąsi. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10030-7>

Dzenis Y 2004 Ištisinių pluoštų verpimas nanotechnologijoms. Mokslas 304, 1917–9.

Hwang J, Jeong Y, Park JM, Lee KH, Hong JW, Choi J. 2015. Biomimetika: mokslo, inžinerijos ir medicinos ateities prognozavimas. DOI: <https://doi.org/10.2147/IJN.S83642>.

Helena Hashemi Farzaneh. 2019. Praktinis vadovas po biologiškai įkvėptą dizainą, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57684-7>, ISBN 978-3-662-57683-0.

Hongmiao Tian, Haoran Liu, Jinyou Shao ORCID logotipas, Shuai Li, Xiangming Li ir Xiaoming Chen. 2020. Elektriniu būdu aktyvus gekono efekto minkštas griebtuvas, veikiantis žemai įtampai, imituojantis gekono lipnias struktūras ir pirštų raumenis. DOI: 10.1039/D0SM00787K.

Keto JE (1960) Bionika – naujos technologijų ribos, sujungiant bio ir fizio disciplinas (pagrindinis pranešimas). In: Robinette JC (red.) Bionikos simpoziumas: gyvi prototipai – raktas į naujas technologijas, p. 7–12.

Lukosch.S, Billinghamurst.M, Alem.L, Kiyokawa.K. 2015. Bendradarbiavimas papildytoje realybėje. DOI 10.1007/s10606-015-9239-0

Mansour.N, Aras.C, Staarman.JK, Bader.S, Alotaibi.M. 2024. Įkūnytas mokslo sąvokų mokymasis pasitelkiant papildytosios realybės technologijas. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13120-0>





Nachtigall W, Wisser A (2015) Bionika pavyzdžiais: 250 scenarijų nuo klasikos iki šiuolaikinių laikų. Springer, Cham, Heidelbergas, Niujorkas, Dordrechtas, Londonas.

Nilsson, S., Johansson, B., Jönsson, A., (2008), Papildytosios realybės dizainas bendradarbiavimui, 7-osios ACM SIGGRAPH tarptautinės konferencijos apie virtualios realybės kontinuumą ir jo taikymą pramonėje darbai, VRCAI 2008. <https://doi.org/10.1145/1477862.1477920>

Shin.TJ, Jennings.C, Ed.D. 2013. PAPILDYTA REALYBĖ IR DIZAINO PROCESAS: NAUJAS PAPILDYTOS REALYBĖS VAIDMUO DIZAINO PROCESE. IDSA 2013 ŠVIETIMO SIMPOZIUMAS, https://www.idsa.org/wp-content/uploads/Shin_Ted-Paper_AUGMENTED_REALITY_AND_DESIGN_PROCESS.pdf?utm_source=chatgpt.com

Subran.S, Diyana Mahmud.SN 2024. Papildytosios realybės (AR) technologijos biologijos ir gyvybės mokslų ugdyme: sisteminė literatūros apžvalga (SLR). DOI:10.6007/IJARPED/v13-i1/20455

Biomimikrijos institutas, „Ikvėpiantis, šviečiantis ir jungiantis biomimiką visame pasaulyje“, 2007–2009 m. Žiūrėta 2009 m. rugpjūčio 5 d. <http://www.biomimicryinstitute.org>, Autorių teisės © 2009 priklauso Kolorado universiteto regentams.

Yoseph Bar-Cohen. 2012. Biomimetika: gamtos pagrindu sukurtos inovacijos, Taylor & Francis Group.

Yoseph Bar-Cohen. 2006. Biomimetika – gamtos panaudojimas žmonių inovacijoms įkvėpti. CA 91109-8099, JAV.

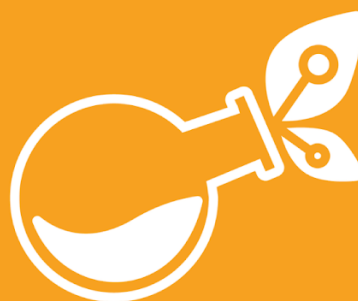
Vardar-Ulu.D, Ragab.SE, Agrawal.S, Dutta.S. 2024. Papildytosios realybės panaudojimas molekuliniuose atvejų tyrimuose, siekiant pagerinti biomolekulių struktūros ir funkcijos tyrinėjimus bakalauro studijų auditorijose. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00019-24>

Wei Wang ir kt. „Indeksinės kirmėlės įkvėpto roboto, pagaminto iš išmaniojo minkštojo kompozito (SSC), judėjimas“. Bioinspiracija ir biomimetika. DOI: 10.1088/1748-3182/9/4/046006.





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU

AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.