

Nišević, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Academy of Fine Arts / Sveučilište u Zagrebu, Akademija likovnih umjetnosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:215:885922>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Academy of Fine Arts in Zagreb](#)



Akademija likovnih umjetnosti  
Sveučilište u Zagrebu  
Diplomski sveučilišni studij Grafika

DIPLOMSKI RAD

**anO<sub>2</sub>xia**

Matej Nišević

mentorica: red. prof. art. Mirjana Vodopija  
komentorica: mag. hist. art. i phil. Sunčica Ostoić  
Zagreb, lipanj 2021.

## SAŽETAK

U morima, ispod granice prodora Sunčeve svjetlosti, leži golem neotkriveni svijet tame, a stvorenja koja tamo žive evolucijom su našla novi izvor svjetlosti u sebi samima. Po uzoru na njih, kroz spoj znanosti i imaginacije, stvarnosti i fikcije, kreirana je *anO<sub>2</sub>xia*, imaginarno bioluminiscentno biće koje simbolizira sve dosad neotkrivene i ugrožene morske organizme koji žive u tim dubinama. Budući da je čovjekovo destruktivno djelovanje uzrok smanjenja koncentracije kisika, biće na njegovo približavanje reagira iznenadnim bljeskom te potpunim nestajanjem u tami.

Inspiriran znanstvenim istraživanjima i saznanjima, a potaknut autorovom fascinacijom raznolikošću oblika života, posebice mikroorganizama, rad komunicira s promatračem neposrednim doživljajem, s ciljem upozorenja na posljedice narušene ravnoteže u vodenim ekosustavima i osvještavanja važnosti očuvanja njihove bioraznolikosti.

Ključne riječi: anoksija, bioluminiscencija, interaktivna umjetnička instalacija, kisik, onečišćenje hidrosfere

# ABSTRACT

In the seas, below the penetration limit of sunlight, there lies a vast undiscovered world of darkness and the creatures that live there have evolved to find a new source of light in themselves. Modeled after them, through the combination of science and imagination, reality and fiction, the author created *anO<sub>2</sub>xia*, an imaginary bioluminescent creature that symbolizes all hitherto undiscovered and endangered marine organisms living in these depths. Because the destructive action of humans causes a decrease in oxygen concentration, the creature reacts to an approaching human with a sudden flash and then completely disappears in the darkness.

Inspired by scientific research and knowledge, while driven by author's own fascination with the diversity of life forms, especially microorganisms, the work communicates with the observer through immediate experience, with the aim of warning about the consequences of disturbed balance in aquatic ecosystems and raising awareness of the importance of preserving their biodiversity.

Key words: anoxia, bioluminescence, hydrosphere pollution, interactive art installation, oxygen

# ZAHVALE

Prije svega, htio bih zahvaliti osobi koja već tri godine jednakim žarom vjeruje u ono što radim, proučavam i kreiram, mojoj mentorici Mirjani Vodopiji. Hvala za svu motivaciju, poglavito onda kada ju ja nisam mogao pronaći, hvala za svaki razgovor, savjet, kritiku i beskrajne sate provedene usmjeravajući na pravi put sve ono što radim. Također, hvala mojoj komentorici Sunčici Ostoić na otvaranju i uvodenju u jedan za mene potpuno novi svijet promišljanja umjetnosti te toga što ona danas doista i jest. Hvala vam za neizmjeran trud i volju, kao i toplinu s kojom ste prenosile sva znanja, formirajući mene, i kao osobnost i kao umjetnika.

Hvala Dubravki Sandev koja od samog početka prati moj rad te ga je zajedno sa Zrinkom Ljubešić skrenula u potpuno novom smjeru, upoznavajući me sa svijetom biologije, znanosti koja je neizostavni dio mog stvaralačkog procesa. Također, hvala Radi Gariću na upoznavanju sa znanstvenim procedurama proučavanja planktona, ustupljenim uzorcima rijetkih morskih organizama te na satima iscrpnih razgovora o evoluciji i razvoju života u moru. Hvala Antoniju Kutleši i Vedranu Relji na tehničkoj ispomoći, a Nenadu Antoloviću, Mirni Batistić, Davoru Luciću, Vesni Gulin na ustupljenim informacijama kojima su doprinijeli nastanku moga rada.

Zahvalio bih i Prirodoslovnom muzeju Dubrovnik na dodijeljenom izložbenom prostoru za predstavljanje rada javnosti. Veliko hvala Botaničkom vrtu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu na ustupljenim uzorcima biljaka, svim stečenim znanjima i vještinama, kao i na višegodišnjoj prijateljskoj suradnji. Naposljetku, veliko hvala Institutu za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku i Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu na svim satima provedenim u laboratoriju radi proučavanja nebrojenih uzoraka morskih organizama.

Na poslijetku, hvala mojoj obitelji i prijateljima na cjeloživotnoj podršci.

# SADRŽAJ

<b>1.</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Nastanak i razvoj ideje</b>	<b>2</b>
	Inspiracija	2
	<i>PROJECT: toxic diffuson</i>	3
	<i>FUZIJA</i>	3
	<i>PROTOTIP: Cymbulia adriatica</i>	8
<b>3.</b>	<b>Koncept rada</b>	<b>14</b>
	Opis rada	18
	Izgled i građa bića	19
	Fiziologija bića	19
	Mjehurići zraka	22
	Materijali	23
	Galerijski postav	23
<b>4.</b>	<b>Proces nastanka rada</b>	<b>26</b>
	Istraživanje morskih organizama	26
	Tehnologija i korišteni materijali	32
<b>5.</b>	<b>Srodni umjetnici</b>	<b>40</b>
<b>6.</b>	<b>Zaključak</b>	<b>46</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografija</b>	<b>47</b>
<b>8.</b>	<b>Biografija</b>	<b>50</b>



# UVOD

“Borba protiv klimatskih promjena počinje tako da ostavimo ocean na miru.”<sup>1</sup> – Paul Watson

Radikalne posljedice antropogenih klimatskih promjena odražavaju se na vodeni svijet neposredno i puno ranije no što budu zapažene na kopnu. Francuski oceanograf Jacques Yves Cousteau izjavio je: “Zaboravljamo da je kruženje vode isto što i životni ciklus.”, aludirajući pritom na zagađenje vode, kao temeljnog resursa ekosustava čijom promjenom izravno mijenjamo život na Zemlji.<sup>2</sup>

Oceani su dom 20 % života na Zemlji. Budući da je većina njih i dalje neistražena, postali su stalan izvor umjetnikova interesa i nadahnuća. Diplomski rad temelji se na znanstvenim istraživanjima, stvarajući umjetničke fikcije usmjerene prema destruktivnim posljedicama promjena u oceanima. Dok u prethodnim radovima autor oblikuje futuristička predviđanja razvoja života u bližoj ili daljoj budućnosti, ovoga se puta fokusira na postavljanje pitanja o gorućem problemu pada koncentracije kisika neophodnog za život u hidrosferi. Tema su rada ugroženi morski organizmi koje, zbog zagađenja i posljedičnog učinka nedostatka kisika (anoksije), možda nikada nećemo upoznati jer će izumrijeti.

1 Watson u: *Seaspiracy*.

2 Cousteau u: Dolman, “Welcome to Planet Water”, 16.



# NASTANAK I RAZVOJ IDEJE

## Inspiracija

Istraživanje i proučavanje morskih organizama autor započinje 2018. godine u Botaničkom vrtu PMF-a u Zagrebu, potaknut znanstveno-popularnom izložbom *Izgubljeni svjetovi - pradavni vrtovi devona, karbona i krede*, autora Dubravke Sandev, Sanje Kovačić i Vanje Stamenkovića, koja je pratila razvoj živih organizama te njihov prelazak iz mora na kopno. Izložba je kod umjetnika postavila pitanje kako je moguće da zbog drukčijeg omjera plinova u atmosferi u tim geološkim razdobljima svi organizmi bili desetak puta veći od današnjih. Bio je to i početak prikupljanja podataka za rad *anO<sub>2</sub>xia*.

Usljedio je nastavak proučavanja evolucije mora i oceana, koje je rezultiralo saznanjima da se organizmi mijenjaju u periodima promjene okoline u kojoj žive, neki se prilagođavaju i razvijaju dok drugi izumiru. Sve te promjene započinju na staničnoj razini, a njihov je glavni razlog gotovo uvijek promjena koncentracije kisika. Potaknut time, autor se usmjerio na suvremene antropogene promjene koje utječu na razvoj većine organizama na planeti. Uz promjene na razini stanice, predmetom interesa postale su i one vanjskih oblika morskih organizama. To se prvenstveno odnosi na meduze i njihovu klobučastu formu koja se pokazala kao jedna od evolucijski najpovoljnijih za opstanak već više od 500 miliona godina.<sup>3</sup>

Uzme li se u obzir da je 99 % svih organizama koji su ikada živjeli na Zemlji izumrlo, a meduze ostale gotovo nepromijenjene, za pretpostaviti je kako je to jedan od oblika koji će nastaviti živjeti i u narednom geološkom razdoblju. Upravo su iz tih razloga klobučaste forme postale baza za diplomski rad *anO<sub>2</sub>xia*.

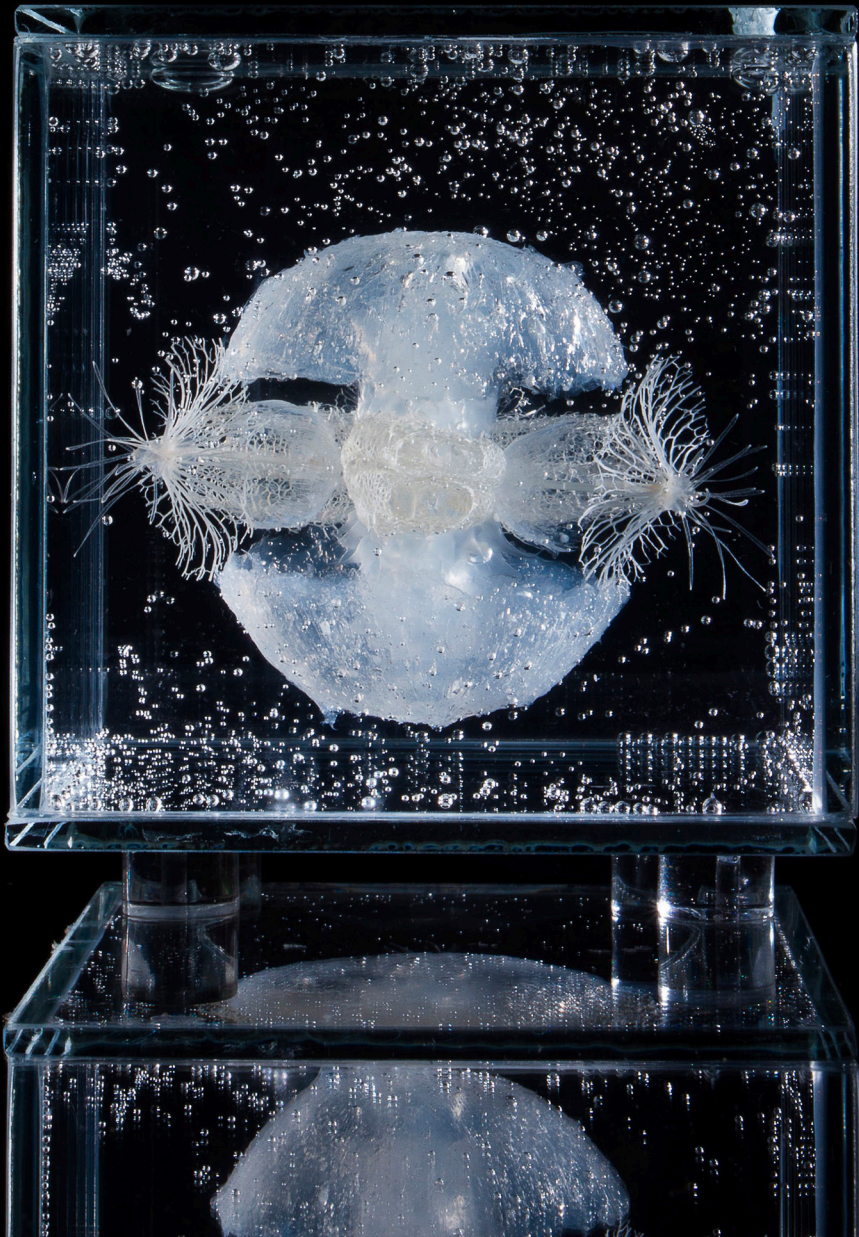
3 Public Library of Science, "Fossil Record Reveals Elusive Jellyfish More Than 500 Million Years Old".

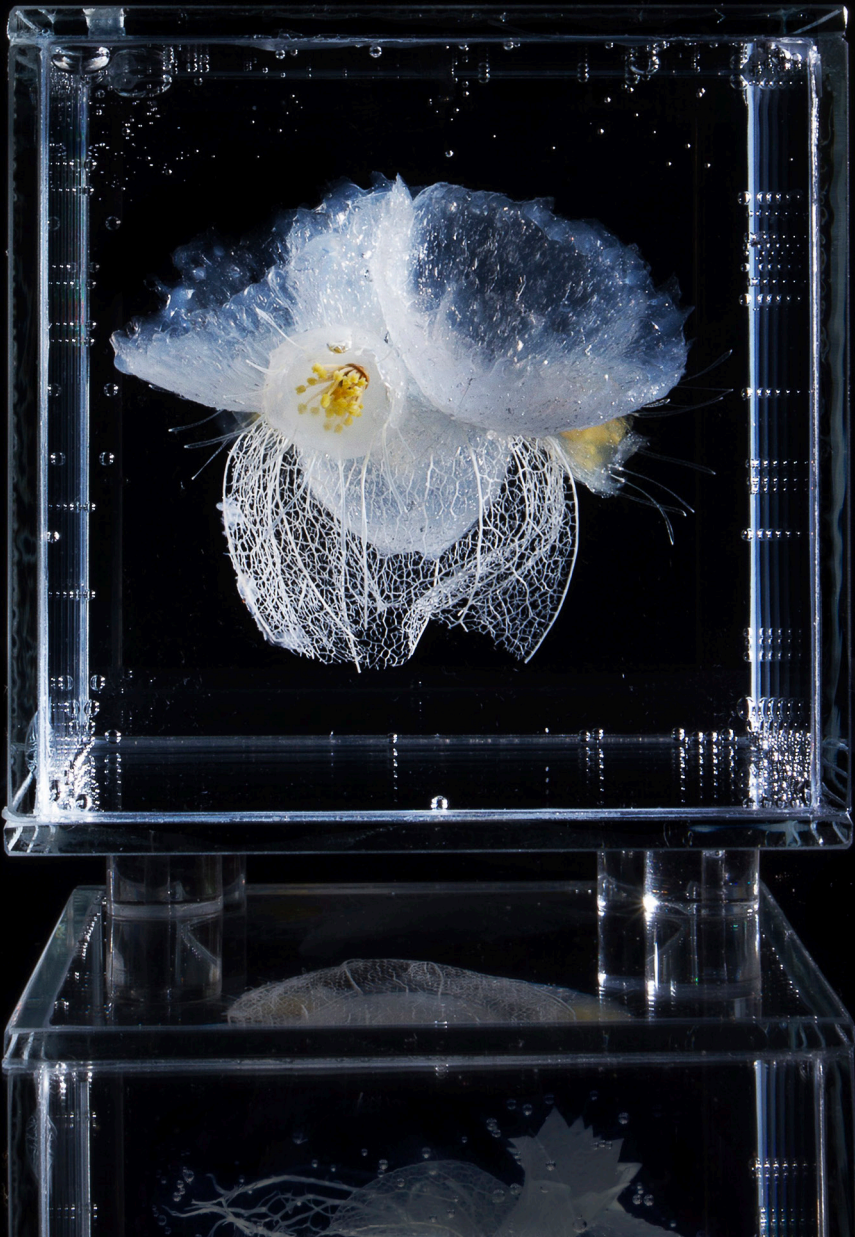
## *PROJECT: toxic diffusion*

*AnO<sub>2</sub>xia* je nastavak umjetničko-istraživačkog ciklusa *PROJECT: toxic diffusion* potaknutog najrelevantnijim podacima o zagađenju Jadranskog mora. *PROJECT: toxic diffusion* istražuje i problematizira utjecaj čovjeka, kao trenutno nadmoćne vrste, na tijek evolucije skrećući je u novom smjeru. Prethodni radovi unutar tog istraživačkog ciklusa, *FUZIJA* (2018./21.) i *PROTOTIP: Cymbulia adriatica* (2020.), tragaju za mogućim rješenjima problema zagađenja hidrosfere plastikom, dok *AnO<sub>2</sub>xia* otvara pitanja o učincima smanjenja koncentracije kisika.

## *FUZIJA*

Serija objekata *FUZIJA* bavi se imaginarnim želatinoznim organizmima sposobnim inkrustrirati čestice nanoplastike u svoje ljušture, odnosno koristiti ih za izgradnju potpornih skeleta ili za formiranje raznih tjelesnih izraslina. Zagađenje vodenih ekosustava krupnim plastičnim otpadom za sobom povlači još veći problem zagađenja nanoplastikom. Sitne plastične čestice koje nastaju raspadanjem krupne plastike djelovanjem sunca, valova i soli u moru, morski organizmi hraneći se unose u sebe, čime one postaju nevidljiv dio hranidbenog lanca. Nanoplastika se samo djelomično izbacuje kroz probavni trakt dok dio trajno ostaje u organizmu integrirajući se u njega. Prožimanje organske i anorganske materije evolucijske procese skreće prema novom spektru organizama prilagođenih novonastalim ekstremnim biološkim uvjetima. Nastali hibridi nalik planktonu, kao predstavnici nove vrste, konzervirani su u prozirnoj alkoholnoj mješavini i pohranjeni u staklene akvarije. Karakteriziraju ih varijacije klobučastih silikonskih formi, unutar i uokolo kojih se nalaze kemijski tretirani biljni dijelovi u formama krakova, trepetljiki, modificiranih peraja, komora i ticala.









## PROTOTIP: *Cymbulia adriatica*

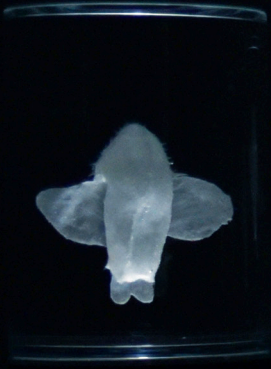
Utemeljen na najrelevantnijoj evolucijskoj teoriji, projekt *PROTOTIP: Cymbulia adriatica* interdisciplinarni je umjetnički rad koji prikazuje proces mutacije futurističkih planktonskih organizama istražujući posljedice utjecaja čovjeka na žive organizme u hidrosferi. Uslijed znanstveno potvrđenog velikog zagađenja vodenih ekosustava česticama nanoplastike, u projektu se polazi od Darwinove teorije prirodnog odabira po kojoj su vodeni organizmi primorani mutirati kako bi se prilagodili novonastalim uvjetima ili izumrijeti. Te se promjene odvijaju po principu endosimbioze (apsorpcije primitivnijeg organizma od strane složenijeg), jednim od temelja evolucijskog procesa razvoja života kakvog danas poznajemo.

Kroz spoj znanosti i imaginacije, stvarnosti i fikcije, instalacija nudi projekciju tijeka transformacije morskih bića u najdubljem dijelu Jadranskog mora, Južnojadranskoj kotlini (1233 m), koncipiranjem jedne od vrsta koja je opstala unatoč zagađenju nanoplastikom. Prirodno-geografskim karakteristikama to je najpogodnije područje za akumulaciju velikih količina plastičnog otpada, a zbog dubine i temperature jedino je stanište postojećeg planktona *Cymbulia peronii*.

Zamišljeni preobražaj navedenog organizma slijedi pretpostavku korištenja plastike kao novog izvora hrane, čime se uobičajeni proces razvoja i razmnožavanja ubrzava toliko ekstremno da mutacije postaju učestale i nepredvidive. U tim uvjetima sekundarnom endosimbiozom planktona *Cymbulia peronii* i bakterije *Ideonella sakaiensis* razvija se jedinka nove vrste *Cymbulia adriatica*, postavši prvi višestanični eukariotski organizam sposoban razgraditi nanoplastiku na organske spojeve.

Rad se sastoji od pet cilindričnih akvarija unutar kojih u prozirnog gelu lebde konzervirani imaginarni organizmi u različitim stadijima mutacije. Postavljeni u zatamnjeni prostor da čine niz, akvariji su osvijetljeni ugrađenom pripadajućom rasvjetom. Na vjerno uvećani model planktona baziranog na silikonu ugrađuju se organski dijelovi oblikovani od tkiva stvarnih planktonskih organizama iz Jadrana i uzgojene kemijski tretirane biljne materije. Izbijeljene biljne forme primjenjive su za izmještanje u novi kontekst radi podudarnosti struktura i njihovih funkcija kod većine živih organizama, što proizlazi iz teorije da je sav život evoluirao od zajedničkog pretka.











## KONCEPT RADA

Voda, kao temeljni element svakog živog bića, može sačinjavati i do 99 % tkiva morskih organizama, a svi njihovi fundamentalni biološki procesi odvijaju se isključivo u vodenoj sredini. Svaki oblik života neprekidno vrši proces izmjene vode, što podrazumijeva da time organizam unosi i sve ono što je u vodi otopljeno. U zdravoj hidrosferi na taj način organizam putem filtracije vode unosi za život neophodne plinove i minerale koji se u njoj prirodno nalaze u ravnoteži. Ljudska vrsta radikalno utječe na kemijski sastav mora i oceana, uzrokujući značajan pad količine kisika i porast štetnih plinova i kemikalija.

Svakoj je stanici za funkcioniranje neophodna energija koja se dobiva razgradnjom šećera i drugih supstanci u procesu staničnog disanja gdje se kisik koristi za energiju, a ugljični dioksid izbacuje kao otpad. Manje razvijene vrste obično nemaju specijalizirane respiratorne strukture da bi ispunile svoje osnovne funkcije, dok kod složenijih i razvijenijih organizama te potrebe rastu ovisno ponajviše o njihovoj pokretljivosti i veličini. Djelomičan nedostatak kisika, hipoksija, vodi ka sporijem rastu, težem razmnožavanju i u konačnici oboljenjima i odumiranju morskih organizama. Stanje potpune odsutnosti kisika u tijelu naziva se anoksija, a "nastaje ili zato što je doprema kisika tkivima poremećena, jer je smanjena njegova količina u krvi [...], ili pak tkiva (stanice) ne mogu iskorištavati kisik zbog inhibicije staničnih dišnih enzima otrovima."<sup>4</sup>

Interaktivna instalacija *anO<sub>2</sub>xia* na simbolički način ukazuje na problem nedostatka kisika u hidrosferi, čija je ekstremna posljedica nastanak mrtvih zona. Mrtve su zone dijelovi mora i oceana u kojima je razina kisika toliko niska da većina morskih organizama odumire. Njihova površina trenutno u svijetu iznosi 245 tisuća četvornih kilometara.<sup>5</sup>

4 Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, "Anoksija".

5 Diaz, Rosenberg, "Spreading Dead Zones", 928.

Na količinu kisika u hidrosferi ponajviše utječu tri čimbenika. Jedan je od aktualnih svjetskih problema globalno zagrijavanje uzrokovano stakleničkim plinovima. Podizanje temperature u atmosferi izravno se odražava na temperaturu mora i oceana te time mijenja njihov kemijski sastav. Zagrijavanjem opada topljivost biološki fundamentalnih plinova poput kisika, pa time i njegova koncentracija. Otkako su 1950-ih u svijetu započela istraživanja vezana uz taj problem pa sve do danas, sveukupna koncentracija otopljenog kisika pala je za 2 %, odnosno za 77 milijardi tona.<sup>6</sup>

Smanjenje kisika zbog stakleničkih plinova također uzrokuje povećanje koncentracije ugljikova dioksida. Od početka industrijske revolucije do danas njegova koncentracija u atmosferi porasla je za 40 % i taj postotak danas raste brže nego ikada. Povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi dovelo je do povećanja njegove koncentracije u hidrosferi, uzrokujući smanjenje pH vrijednosti, odnosno zakiseljavanje mora i oceana, što izravno utječe na ključne kemijske i biološke procese, stvarajući značajne poremećaje njihova ekosustava.

Dušik je treći element koji doprinosi smanjenju koncentracije kisika. Njime bogata gnojiva iz poljoprivrednih regija i kanalizacija velikih industrijskih centara i gradova, slijevaju se u mora te potiču eksplozivan rast površinskog fitoplanktona. Ta je pojava poznata kao "cvjetanje mora". Budući da je životni vijek planktonskih organizama izuzetno kratak, proces njihovog razvoja, cvjetanja i ugibanja odvija se u svega nekoliko dana. Kako plankton ugiba, pada na morsko dno gdje ga razgrađuju mikrobi konzumirajući pritom mnogo kisika. U tim periodima količina otopljenog kisika u nekoliko dana padne za više od 50 %. Takav nagli pad kisika u moru rezultira masovnim pomorom organizama.

*anO<sub>2</sub>xia*, 2021., detalj, str. 16, 17

6 Breitburg et al., "Declining Oxygen".







Svakodnevno smo svjedoci otkrivanja novih vrsti. Međutim, zbog zagađenja, čija je jedna od posljedica drastično smanjenje kisika i nastajanje mrtvih zona, mnoge još neotkrivene životinjske vrste izumrijet će prije nego što budu otkrivene. Neke od njih borave u morskim dubinama kao jednom od najzagonetnijih dijelova našeg planeta, istraženog svega 5 %.<sup>7</sup> U morima i oceanima, ispod granice prodora Sunčeve svjetlosti, leži golemi svijet tame, a stvorenja koja tamo žive evolucijom su našla novi izvor svjetlosti u sebi samima.

*AnO<sub>2</sub>xia* je imaginarno bioluminiscentno biće koje simbolizira sve dosad neotkrivene i ugrožene morske organizme koji žive u tim dubinama. Budući da je čovjekovo destruktivno djelovanje uzrok smanjenja koncentracije kisika, biće na njegovo približavanje reagira iznenadnim bljeskom te potpunim nestajanjem u tami. Inspiriran znanstvenim istraživanjima i saznanjima, a potaknut autorovom fascinacijom raznolikošću oblika života, posebice oblicima i strukturama mikroorganizama, rad komunicira s promatračem neposrednim doživljajem, stvarajući nelagodu s ciljem upozorenja na posljedice narušene ravnoteže u vodenim ekosustavima i osvještavanja važnosti očuvanja njihove bioraznolikosti.

## Opis rada

Rad je interaktivna instalacija koja se sastoji od akvarija s uzorkom imaginarnog svjetlećeg bića *anO<sub>2</sub>xia*, okruženog mjehurićima zraka, te popratnoga teksta koji opisuje njegovu građu, način prehrane i obrambene mehanizme. Sastavni su dijelovi rada: stakleni kvadratni akvarij na aluminijskom postolju visine 200 cm, a širine i dubine 60 cm, uzorak bića od kemijski obrađenih dijelova algi, biljaka i silikona, mješavina demineralizirane vode i alkohola, kompresor, arduino, senzori, LED svjetlo i natpis s opisom bića.

7 Copley, "Mapping the Deep".

## Izgled i građa bića

*AnO<sub>2</sub>xia* je bioluminiscentni organizam koji preko dana boravi u površinskim vodama bogatim kisikom, dok se preko noći spušta u dubine gdje se hrani. Tkivo joj je poluprozirno kako bi predatorima bila teško uočljiva. U njezinom središtu nalaze se 3 ampule na čijim su vanjskim stijenkama prozirne klobučaste forme poredane u 6 redova.<sup>8</sup> Svaki sljedeći klobuk u nizu manji je od prethodnog i u središtu sadrži krakove sa žarnim stanicama, dok su na kružnom rubu klobuka raspoređene trepetljike. Sve tri ampule obavlja široka poluprozirna klobučasta ovojnica sa strukturama nalik perajama koje služe za pokretanje, a na koje se nastavljaju krakovi s pipcima. Sve te strukture smještene su unutar velikog klobuka.

## Fiziologija bića

Centralni je sustav *anO<sub>2</sub>xije* ampula, zadužena za kontrolu i obavljanje svih životnih funkcija, kao što su protok i filtracija vode, odnosno izoliranje i pohrana hranjivih tvari i kisika. Tri ampule povezane u cjelinu međusobno izmjenjuju hranjive tvari i zajednički doprinose održavanju cjelokupnog organizma. S anatomskeg aspekta, riječ je o cjevastom multifunkcionalnom organu s čije se vanjske strane nalazi šest redova klobučastih polipa, ukupno njih dvadeset. Smanjujući se prema dnu, izrazito su dobro prožiljeni od korijena do vrhova, gdje se nalaze deseci prstenasto poredanih apsorbirajućih trepetiljki. Aktivne samo danju, one kroz tanku membranu iz površinskih voda apsorbiraju kisik. Sustavom kanalića kisik se otprema u komore za njegovu pohranu smještene iza svakog od redova polipa i međusobno odijeljene tankom nepropusnom membranom. U slučaju oštećenja ili bolesti jedne komore i njenih polipa, ostale nesmetano nastavljaju s procesom akumulacije kisika.

*anO<sub>2</sub>xia*, 2021., detalj, str. 20, 21

8 Ampula je proširenje cjevastog organa. Vidi: *Hrvatska enciklopedija*, mrežno izdanje, "Ampula".





Sa zalaskom sunca *anO<sub>2</sub>xia* se spušta u dubine gdje se hrani. Dok su strukture za prikupljanje kisika smještene s vanjske strane ampule, u njenoj unutrašnjosti nalaze se bioluminiscentni krakovi kojima privlači sitne organizme s fotoreceptorima. Međusobno isprepleteni žarni krakovi svijetle plavom svjetlošću koja u velikim dubinama putuje najdalje, omogućujući mamljenje plijena s velikih udaljenosti. Krakovi izlučuju i probavne enzime kojima omamljuju i probavljaju plijen.

Za hranjenje *anO<sub>2</sub>xia* koristi autogenu bioluminiscenciju, što znači da svjetlost proizvodi sama, bez prisustva simbiotskih bakterija. Posrijedi je proces u kojem se svjetlosna energija oslobađa kemijskom reakcijom spoja luciferina i molekule kisika. Rezultat kontakta molekule kisika iz komore s luciferinom na žarnjacima, uz prisustvo enzima luciferaza, je emitiranje fotona. Svjetlost koja nastaje tim procesom dugotrajna je i slabijeg intenziteta. Kada se nađe u opasnosti, *anO<sub>2</sub>xia* koristi i drugi tip bioluminiscencije, pri čemu umjesto luciferina koristi fotoprotein. Rezultat je ove kemijske reakcije kratak i snažan bljesak u svrhu zasljepljivanja predatora prilikom bijega.

Drugi je dio *anO<sub>2</sub>xije* ljuštura koja služi kretanju i povećavanju volumena kako bi organizam predatorima izgledao veći. Na njoj se nalaze jedra koja organizmu povećavaju površinu u svrhu minimalnog utroška energije pri kretanju uz korištenje morskih struja. Osim pasivnog pokretanja, jedra se po potrebi koriste i za aktivno kretanje u smjeru suprotnom od morske struje. Ljuštura na sebi ima i tri kraka koja služe za obranu od predatora te štite ampule kao vitalne organe od izloženosti vanjskim faktorima.

## Materijali

Kao i prethodni radovi, *FUZIJA* i *Cymbulia adriatica*, *anO<sub>2</sub>xia* je također izrađena kombinacijom dvaju materijala, silikona i biljnog tkiva. Materijal za izradu odabran je prema nužnim karakteristikama stabilnosti i nepromjenjivosti, uz istodoban zahtjev za odavanjem dojma promjenjivosti, krhkosti i nestabilnosti. Silikon se pokazao idealnim zbog mogućnosti oblikovanja prema organskim kalupima i transpa-

rentnosti koja je svojstvena svim želatinoznim organizmima. Tkivo korišteno u radu dijelovi su algi prikupljenih na lokalitetima obalnog područja oko Dubrovnika te izolirani kemijskom obradom. Njihova postojanost i nepromjenjivost testirana je u tekućinama za konzervaciju modela pri čemu je bilo važno da organski i anorganski dijelovi ostanu u potpunosti nepromijenjeni. Kao najpogodniji medij pokazala se mješavina redestilirane vode i alkohola.

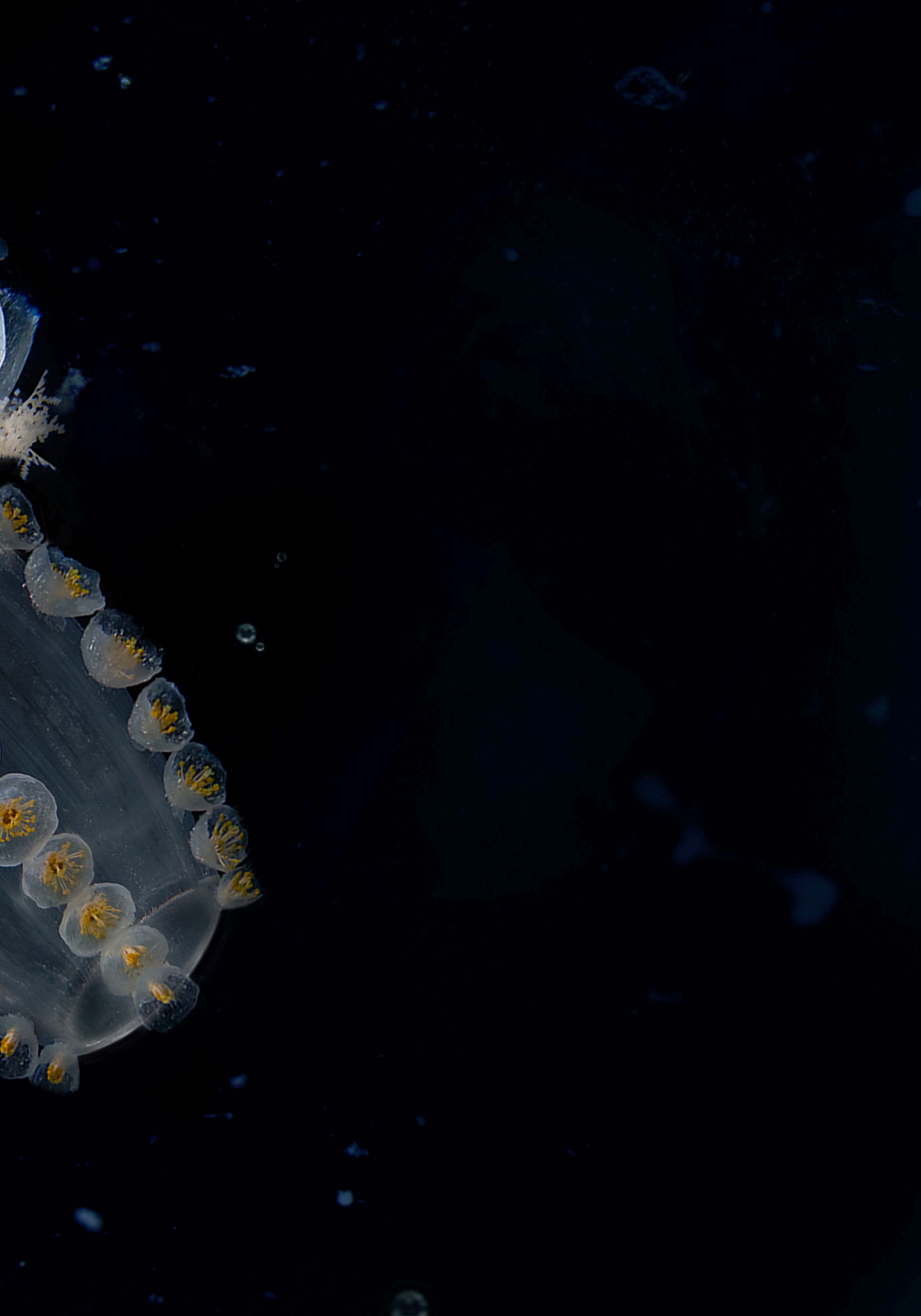
### Mjehurići zraka

Za preživljavanje živih bića u akvarijima nužno je obogaćivanje vode kisikom. Ono se najčešće provodi pomoću pumpi i kompresora, a očituje se u sitnim mjehurićima zraka. Kako su živi organizmi često statični, jedino pomoću čega ih se može razlikovati od konzerviranih bića u akvariju prisutnost je mjehurića zraka. Iz tog razloga, mjehurići kod *anO<sub>2</sub>xije* daju naslutiti kako se radi o živom biću, simbolizirajući također i stanište bogato kisikom gdje *anO<sub>2</sub>xia* danju miruje i akumulira kisik. Mjehurići oko nje lagano pokreću vodenu masu stvarajući strujanje vode koje uzrokuje blago pomicanje i treperenje njenih struktura.

### Galerijski postav

Rad je postavljen u zatamnjenom prostoru uz pripadajuću ugrađenu rasvjetu. U potpunosti se može sagledati do udaljenosti od dva metra gdje biće ne doživljava prijetnju niti reagira na promatrača. Daljnjim približavanjem stupa se u prostor interakcije, što uzrokuje promjene u ponašanju organizma. Fluorescentni dijelovi organizma prestaju svijetliti, dok se on ostaje nazirati u blagoj svjetlosti. Ulaskom u zonu od jednog metra, biće naglo i kratko bljesne, nakon čega u potpunosti nestane u mraku. Tek kada se promatrač vrati na udaljenost od dva metra, organizam postaje ponovno vidljiv.







## PROCES NASTANKA RADA

### Istraživanje morskih organizama

Kroz kontinuiranu višegodišnju neformalnu edukaciju na Institutu za more i priobalje u Dubrovniku, autor je tragao za odgovorom na pitanje koji će se oblici života u budućnosti razviti uslijed rastućeg antropogenog zagađenja. Svaka njegova pretpostavka rezultirala je novim pitanjima na koja znanost još nema odgovore. Upravo nepostojanje konkretnih odgovora otvaralo je prostor umjetničke imaginacije.

Protekle 3 godine suradnje s Institutom za more i priobalje u Dubrovniku rezultirale su realizacijom 3 rada iz ciklusa *PROJECT: toxic diffusion*. U periodu od 2018. do 2021. godine, serijom radova *FUZIJA*, realizirano je 9 objekata, a godine 2020. realiziran je projekt *PROTOTIP: Cymbulia adriatica* te 2021. godine diplomski rad *anO<sub>2</sub>xia*. Istraživanja provedena u sklopu edukacije temeljena su na proučavanju uzoraka planktona koje tim znanstvenika s Instituta prikuplja i pohranjuje u bazu podataka već više od 50 godina. Konzervirani preparati proučavani su pod mikroskopom i fotografirani kamerom ugrađenom u lupu da bi se potom snimljeni materijal koristio kao izvor inspiracije za kreiranje imaginarnih organizama. Osim konzerviranih uzoraka, promatrani su živi organizmi u Akvariju u sastavu Instituta kao što su meduze, koralji, moruzgve, sipe i hobotnice, iz čega se mnogo saznalo o njihovom kretanju, načinu hvatanja plijena i razvoju. Također se radilo terensko istraživanje. Dubrovački akvatorij specifičan je u odnosu na ostatak Jadrana jer u njemu za vrijeme jakih vjetrova morske struje uza sam rub obale nanese mnoštvo želatinoznih planktonskih organizama. Iako su mnogi toliko krhki da ne prežive vađenje iz vode, radilo se promatranje na terenu i snimanje njihova kretanja. Oni nešto otporniji prebačeni su u akvarije gdje se promatralo njihovo kretanje i svjetlosni signali koje emitiraju.

U okviru istraživanja za koncipiranje rada *anO<sub>2</sub>xia* proučavani su također znanstveni izvori poput knjiga o evoluciji i ulozi kisika u Zemljinim ekosustavima, posebice hidrosferi,<sup>9</sup> oblicima i funkcijama mikroorgani-

<sup>9</sup> Palmer et al., *Prapovijest*.

zama,<sup>10</sup> planktona i biljaka<sup>11</sup> te popularni izvori kao što su dokumentarni serijal *The Blue Planet* i *Blue Planet II*, engleskog prirodoslovca Davida Attenborougha, o raznolikosti oblika, boja i struktura morskih organizama.

Važan dio istraživanja činilo je proučavanje bioluminiscencije. Bioluminiscencija, pojava koja nastaje kada živi organizam emitira vidljivo svjetlo, rezultat je kemijske reakcije u kojoj molekula luciferina oksidira (reagira s kisikom) u oksiluciferin, pri čemu se oslobađa svjetlost, a brzinu reakcije određuje prisutnost enzima luciferaze. Postoji više varijanti enzima, kao i različitih molekula luciferina, a o kombinaciji koju životinje posjeduju ovisi boja emitiranog svjetla. Životinje u moru uglavnom stvaraju svjetlost plave i zelene boje. Razlog je tomu što svjetlost tih valnih duljina najdalje putuje kroz morsku vodu pa su neki svjetlosni signali vidljivi i s udaljenosti od 100 metara. Oči morskih životinja izrazito su osjetljive na taj dio spektra pa je bioluminiscencija vrlo uspješna metoda komunikacije između organizama na velikim udaljenostima.<sup>12</sup>

Dok neki organizmi sami, pomoću specijaliziranih struktura, proizvode svjetlost, drugi je "posuđuju" od bakterijskih simbiota u svojim potkožnim vrećama. Radi se o simbiotskom odnosu gdje domadar osigurava hranu bakterijama, a bakterije zauzvrat daju svjetlo.<sup>13</sup> Domaćini ne mogu kontrolirati intenzitet svjetla, stoga su razvili fascinantne mehanizme kojima "gase svjetla" kad im to nije od koristi. Nova istraživanja pokazuju da bioluminiscencija ima puno složeniju ulogu nego što se do sada mislilo. Osim kao pomoćno sredstvo u hvatanju plijena, za sada se sigurno zna kako ju određeni organizmi koriste za bijeg kada su u opasnosti, proizvodeći snažan bljesak. Također ima veliku ulogu u privlačenju partnera.<sup>14</sup>

10 Habdija et al., *Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata*.

11 Willmann, Voss, *The Art and Science of Ernst Haeckel*.

12 Widder, "The Weird Wonderful World of Bioluminescence".

13 Kenna, "The Brilliance of Bioluminescence".

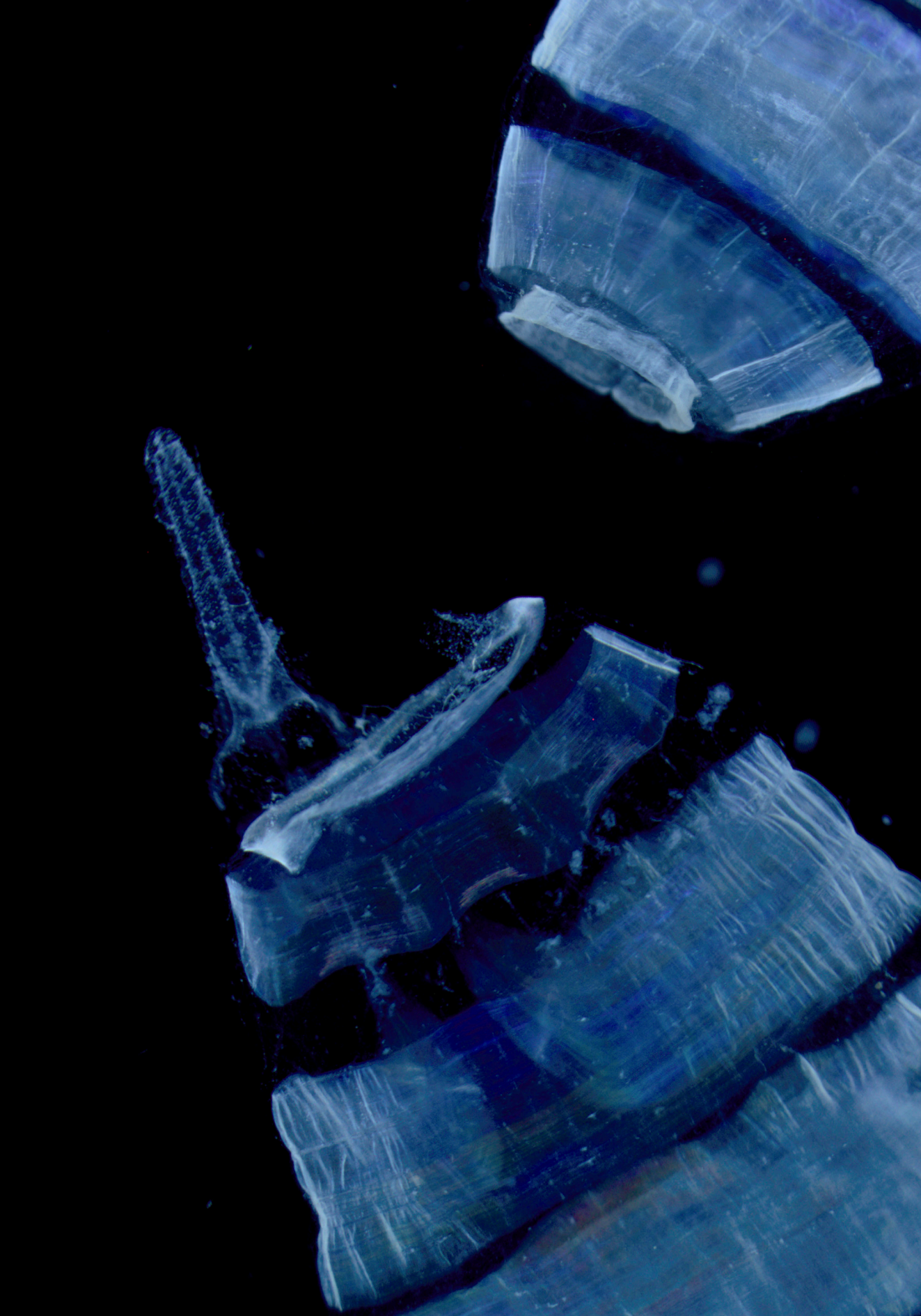
14 Widder, "The Weird Wonderful World of Bioluminescence"

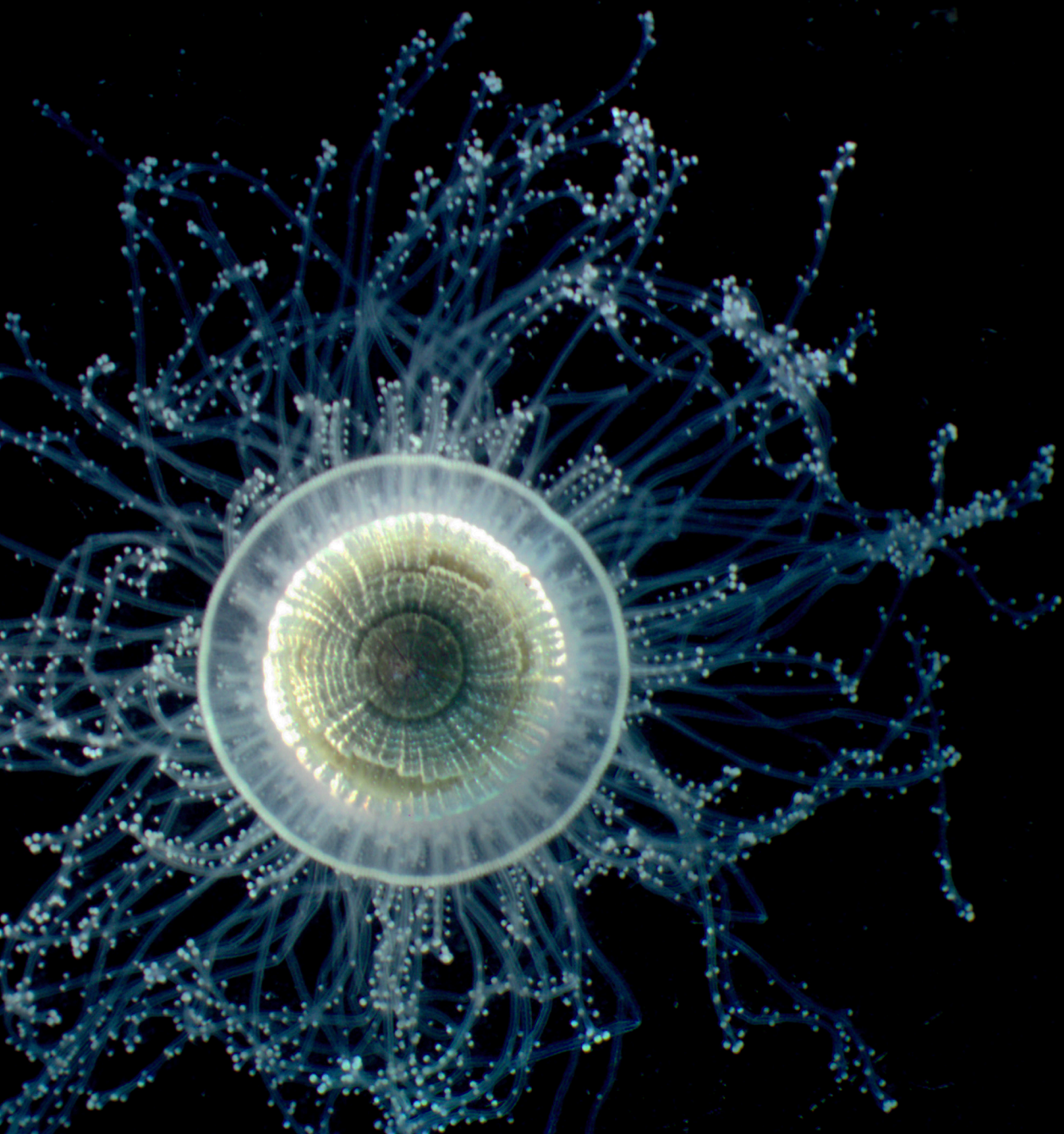
Glavni problem u istraživanju bioluminiscentnih organizama predstavlja dubina, ljudima savladiva isključivo istraživačkim podmornicama, a prikupljanje uzoraka i njihovo donošenje na površinu gotovo je nemoguće, pogotovo ne živih.

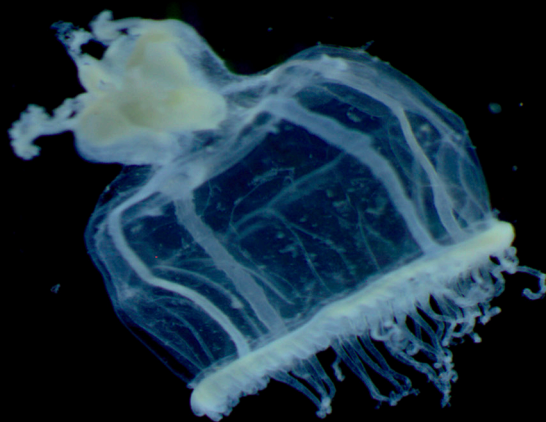
Praktična i teorijska istraživanja bila su polazište za razvoj ideje i produkciju *anO<sub>2</sub>xije*.<sup>15</sup>

Morski plankton fotografiran kroz lupu, str. 29-31

15 Widder, "The Weird Wonderful World of Bioluminescence".







## Tehnologija i korišteni materijali

Izrada rada obuhvatila je sakupljanje uzoraka algi, njihovu kemijsku obradu, izradu kalupa za silikonske dijelove modela, lijevanje silikona, spajanje biljnih i silikonskih elemenata, izradu akvarija, odabir tekućine u koju će model biti uronjen, programiranje promjena svjetla i dinamike mjehurića, odabir senzora kretanja, sastavljanje rada i postav.

### Biljke i alge

Tehničko rješenje izvedbe prethodnih radova nametnulo se autoru spontano. Godine 2018., obavljajući svakodnevne poslove održavanja vrta, pronašao je nekoliko listova kojima su insekti pojeli sve osim skeleta, odnosno njihovih žilnih sustava. Opetovano zapažanje tog fenomena potaknulo je istraživanje o različitosti sastava skeleta i mogućih metoda njegove izolacije. Izoliranje sustava žila radi se procesom decelularizacije za koji su pogodne dvosupnice. One imaju razgranate i isprepletene žile, čija konstrukcija ostaje stabilna nakon svih provedenih kemijskih procesa, što ih čini pogodnima za sušenje i spajanje s drugim materijalima.<sup>16</sup> Pokazalo se da su za izradu radova najpovoljnije biljke s obale Jadranskog mora čija je struktura nakon procesa obrade znatno čvršća i stabilnija u odnosu na uzgojene biljke. Dobiveni je materijal potom izbjeljivan u otopini vodikova peroksida, a u kasnijoj fazi i natrijevim hipokloritom. Krajnji su produkt obrade poluprozirni biljni dijelovi koji se dehidriraju kako bi postali pogodni građivni materijal imaginarnih organizama.

<sup>16</sup> Decelularizacija je našla svoju primjenu i medicini. Iako su se evolucijski biljke jako rano odvojile od životinja, živi organizmi općenito posjeduju određene slične strukture koje imaju istu svrhu no funkcioniraju po drugom principu. Britanski tim inženjera biomedicine s Politehničkog instituta Worcester (Worcester Polytechnic Institute) u Massachusettsu 2017. godine objavio je znanstveni rad u kojem su se bavili pretvorbom lista špinata u bazičnu podlogu za nasad stanica čovječjeg srca. Naime, dosad korištene metode uzgoja tkiva nisu se pokazale dovoljno dobrima za uzgoj kompleksnih ljudskih organa. Glavni faktor koji je ometao izgradnju umjetnog tkiva bio je upravo nedostatak krvožilne mreže jer bi bez nje umjetno uzgojena tkiva propadala, a trenutna znanja i tehnologija još uvijek ne poznaju način stvaranja umjetnog krvožilnog sustava. U spomenutom istraživanju kao osnova za uzgoj tkiva korišten je sustav žila izoliran iz lista špinata tada novootkrivenom metodom decelularizacije, svojevrsnog "pranja stanica". Sustav žila izoliran iz biljnog tkiva može hranjivima opskrbljivati bilo koje tkivo. Razvoj te metode otvara nove primjene u znanosti i umjetnosti. Više na: Worcester Polytechnic Institute, "WPI Team Grows Heart Tissue on Spinach Leaves."

Dobiveni rezultati otvorili su čitav spektar novih mogućnosti primjene biljnog tkiva u kontekstu umjetnosti te su rezultirali radovima kao što su *FUZIJA* i *PROTOTIP: Cymbulia adriatica*. Istraživanja o potencijalu korištenja procesa decelularizacije provodila su se dijelom u Botaničkom vrtu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu pod vodstvom stručne savjetnice dr. sc. Dubravke Sandev.

U daljnjim istraživanjima za realizaciju rada *anO<sub>2</sub>xia*, postavila se potreba za gibanjem i dinamikom, stoga kruti elementi od kopnenih biljaka više nisu bili primjenjivi. Pokušaj njihovog dodatnog ukrućivanja kako se prilikom pomicanja ne bi potrgali bio je neuspješan, a kao rješenje pokazale su se alge. Budući da u moru ništa ne miruje, alge su svoju građu prilagodile konstantnom i neprekidnom gibanju. Od mjesta gdje su učvršćene za podlogu pa do vrha, savitljive su svim smjerovima. Zbog te karakteristike sakupljeno je nekoliko uzoraka te je testiranjem potvrđena njihova izdržljivost i postojanost.

Proces decelularizacije ovdje se nije pokazao potrebnim, već su uzorci namočeni u destiliranu vodu, lagano osušeni i uronjeni u otopinu natrijeva hidroksida u svrhu izbjeljivanja. Dok isti proces kod kopnenih biljaka traje satima, danima, a nekad i mjesecima, kod algi je dostatno svega nekoliko minuta da bi uzorak postao gotovo potpuno proziran. Budući da su alge često obavijene galertom, sluzavim omotačem koji se nalazi s vanjske strane stanične stijenke, potrebno ih je dehidrirati kako bi se njihovi dijelovi mogli rezati i potom spajati silikonom. Procesom dehidracije preparati su promijenili boju u bijelu te se naborali i izgubili većinu mase. Posljednji i ključni dio postupka je rehidratizacija preparata koja mu vraća savitljivost i prozirnost. Probni uzorci pokazali su se izuzetno uspješnima pa je isti proces ponovljen na drugim vrstama algi. Naposljetku, kao najpogodniji materijali za izradu rada pokazale su se crvena alga *Lamentia obtusa* i smeđe alge *Padina pavonica* i *Cystoseira*. *AnO<sub>2</sub>xia* je prvi rad u kojem autor koristi morske alge kao materijal za izradu modela. Sve tri korištene alge karakteristične su i česte u Jadranskom moru.

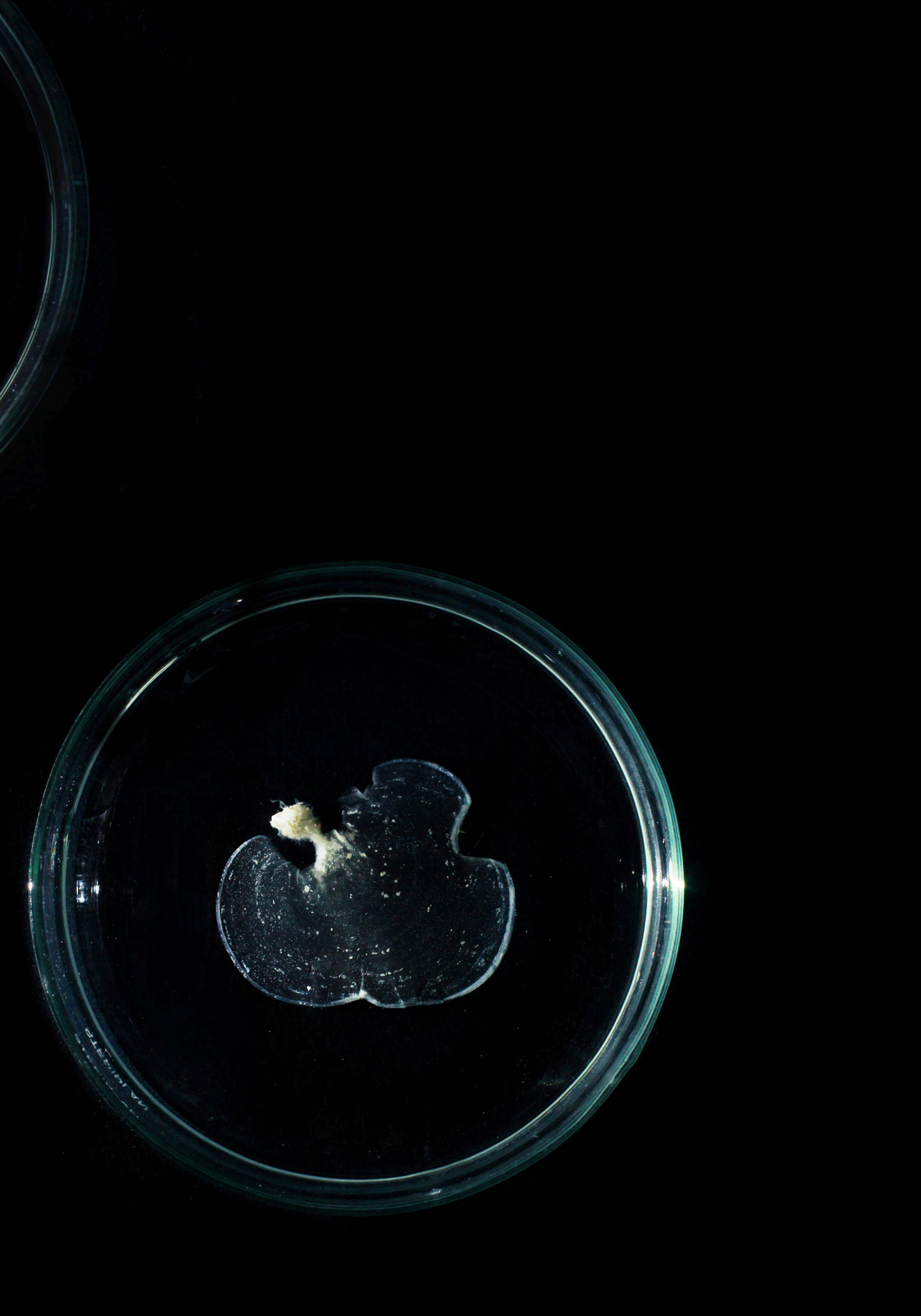
Proces izbjeljivanja alge *Cystoseira*:  
 alga u a) morskoj vodi b) peroksidu c) destiliranoj vodi str. 34, 35  
 Izbijeljene alge, str. 36, 37











## Silikon

Silikon korišten za izradu rada trebao je imati specifična svojstva, što je zahtijevalo ispitivanje i uspoređivanje mnogo različitih vrsta. Potrebne su karakteristike uključivale finoću strukture, kako bi se mogao lako oblikovati prema kalupu, i transparentnost. Iako su gotovo svi kristalno prozirni kad se urone u vodu, većina njih nakon određenog vremena odreagira s vodom i postane neprozirno bijela. Oni koji su odreagirali uz minimalne promjene bili su podvrgnuti daljnjem ispitivanju te uranjeni u vodu s dodacima alkohola u raznim omjerima. Kod njih nije došlo ni do kakve reakcije, već su se svi, koji su zadržali prozirnost u vodi, jednako ponašali i u alkoholu. Posljednja potrebna svojstva odnosila su se na elastičnost i rastezljivost osušenih dijelova, što je od ključne važnosti za uspješno uklanjanje modela s kalupa. U konačnici, najboljima su se pokazali acetatni i neutralni silikoni koji su naposljetku korišteni za izradu *anO<sub>2</sub>*xije.



## SRODNI UMJETNICI

### Ernst Haeckel

Ernst Haeckel, njemački zoolog i filozof-prirodoslovac, utemeljitelj je pojma ekologija koji je u primjeni teorije o razvoju vrsta otišao dalje od Darwina te zacrtao prva rodoslovna stabla životinjskoga carstva i postavio teoriju o nastanku života iz nežive tvari. Smatra se autorom najljepših botaničkih i zooloških ilustracija temeljenih na iscrpnom promatranju prirode. Nikad prije u povijesti nije nacrtan takav raspon različitih uzoraka, koji se kreću od ljuštura planktonskih organizama, preko spirala morskih puževa do različitih mikroorganizama i presjeka meduza. Haeckelova evolucijska teorija temelj je za koncepte radova iz serije *PROJECT: toxic diffusion*.

Zoologove odgovore na pitanja kako je što nastalo umjetnik koristi kao oslonac za razvoj ideja o ponavljajućim procesima evolucijske prilagodbe u novonastalim uvjetima. Osim teorijske podloge, Haeckelovi crteži bili su mu poticaj i inspiracija i prije nego je iste organizme vidio na fotografijama ili imao prilike promatrati ih uživo. Princip po kojem je kreirao vlastite radove, poglavito simetrije u njima, od samog početka nalazi temelje u Haeckelovoj zbirci crteža *Art Forms in Nature*.<sup>17</sup>

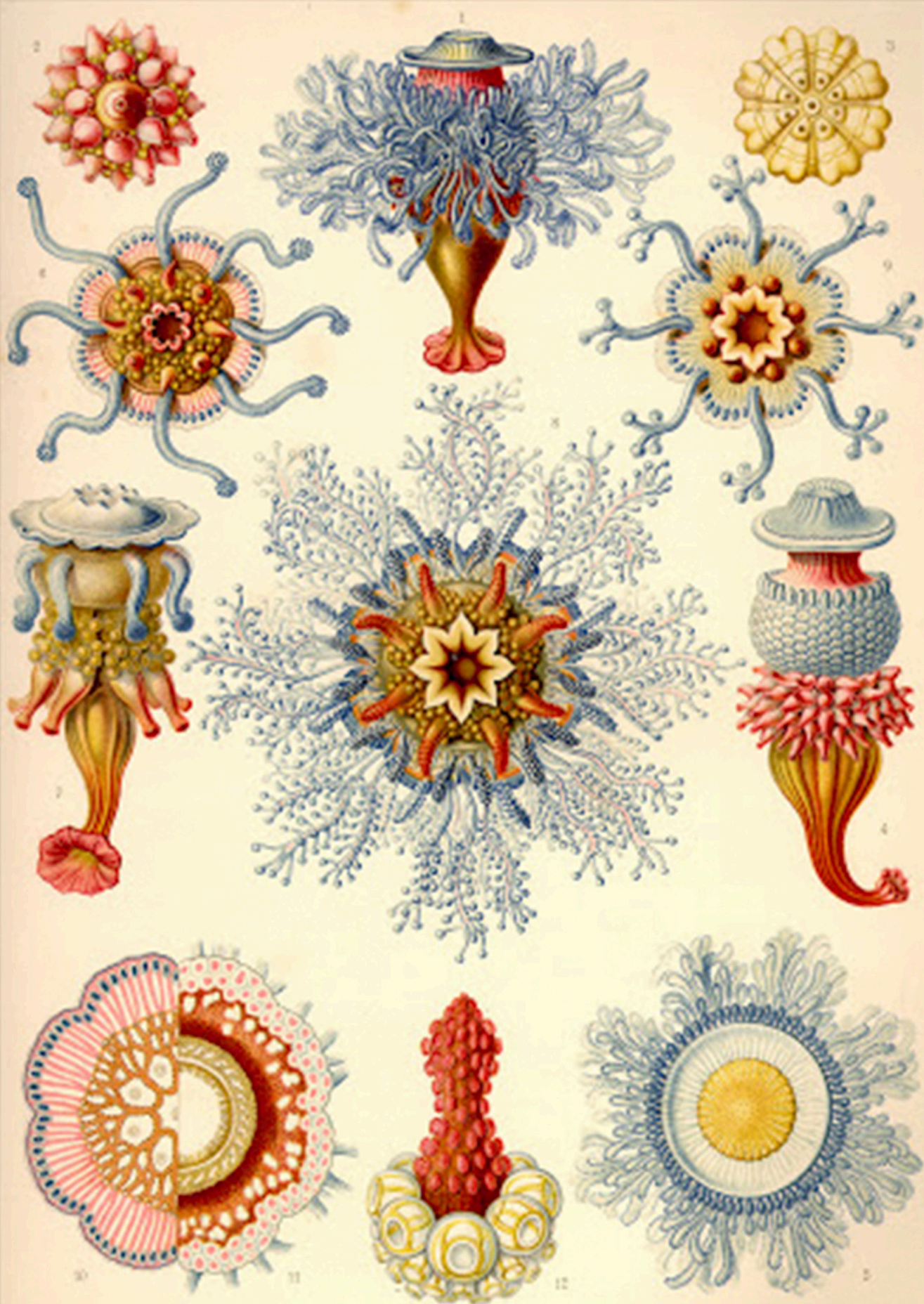
17 u: Willmann, Voss, *The Art and Science of Ernst Haeckel*.

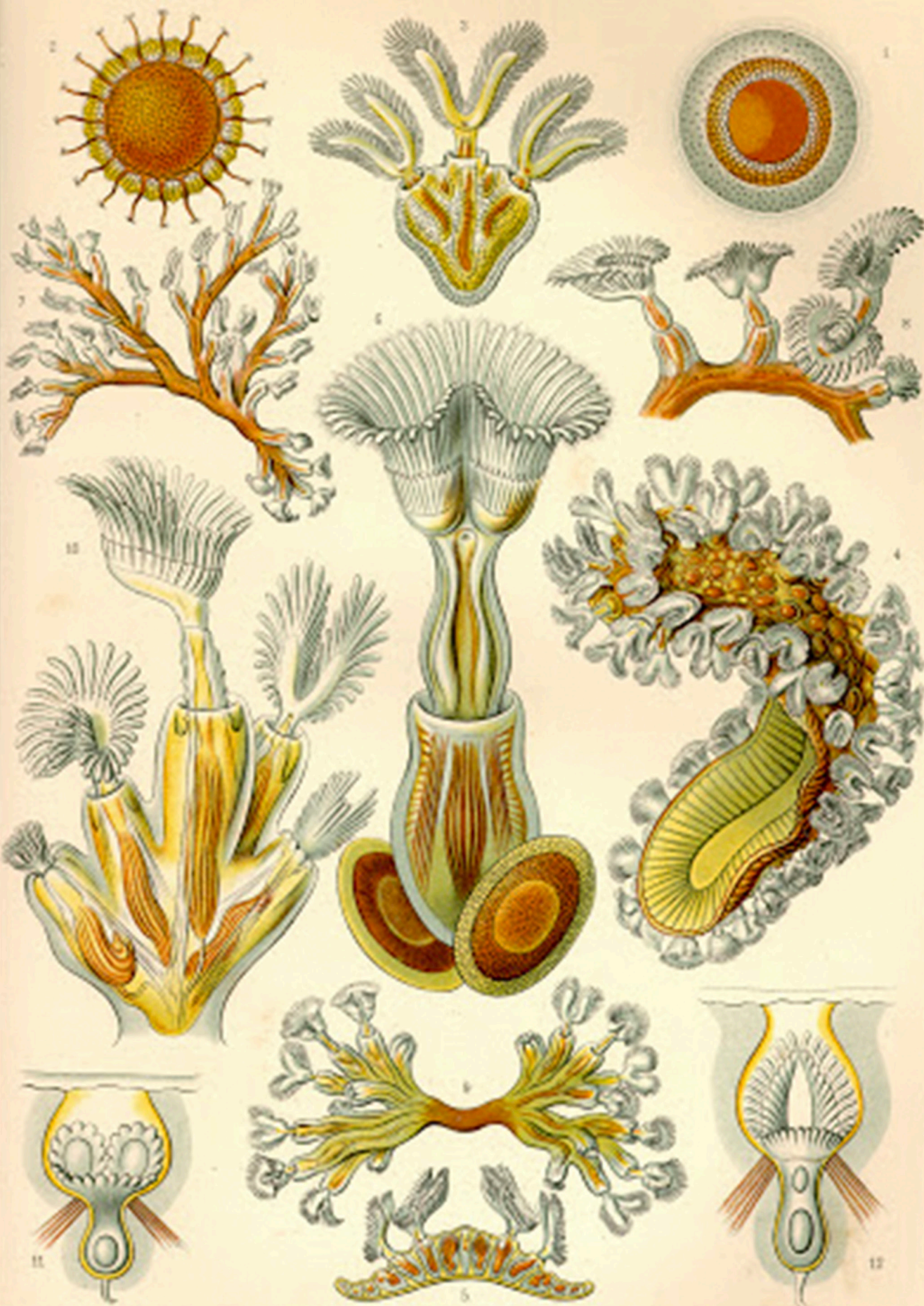
## Iris van Herpen

Iris van Herpen, nizozemska je konceptualna modna dizajnerica i jedna od najprogresivnijih umova našeg doba po pitanju brisanja granica između mode, znanosti i umjetnosti koja kreativni proces oslanja na eksperiment i inovacije. Njezin interdisciplinarni pristup modi jednakomjerno obuhvaća prirodu i najnovija tehnološka otkrića. Brojne kolaboracije s umjetnicima, arhitektima i znanstvenicima, a između ostalog i s institucijama poput CERN-a ili MIT-a, rezultiraju kreacijama koje izgledaju poput organskih mutacija iz budućnosti. Beskompromisno je dosljedna i pri odabiru materijala pa tako na primjer za potrebe svojih kreacija koristi kožu uzgojenu u laboratoriju iz kravljih stanica, a nerijetko traži i kreira u potpunosti nove materijale.

Minucioznost, istraživanje, interdisciplinarnost, dosljednost, eksperiment i organske forme ključni su elementi procesa kako njenog rada, tako i autora *anO<sub>2</sub>xije*. Iako su im polazišne točke i motivi različiti, proces rada i krajnji produkt često se blisko dodiruju jer oboje svoja djela temelje na znanosti prezentirajući ih kao imaginarne forme budućnosti.











## ZAKLJUČAK

David Attenborough, u dokumentarnom filmu *A Life on Our Planet* govori o živom svijetu kao "jedinstvenom i spektakularnom čudu" u kojem su "milijarde jedinki milijuna biljnih i životinjskih vrsta" isprepletene u međusobnoj suradnji. Upravo ta bioraznolikost kao osnova funkcioniranja života na zemlji, biva ugrožena od strane čovjekove djelatnosti. Prirodoslovac također ukazuje da je "[s]ve što ne možemo raditi zauvijek, po definiciji [...] neodrživo. Ako su naši postupci neodrživi, šteta se gomila do točke kada se čitav sustav uruši. Nijedan ekosustav, koliko god bio velik, nije siguran. Čak i ako je velik poput oceana."<sup>18</sup>

S razvojem znanosti i tehnologije, svakodnevno se otkrivaju nove vrste života, no to također uzrokuje i nestajanje onih već poznatih. Zsigurno će uz njih, radi antropogenog razornog djelovanja, nestati i mnoge od još neotkrivenih vrsta prije nego što se pruži prilika za njihovo upoznavanje. Možda će, baš na korak do njihovog otkrića, zadnji puta bljesnuti i zauvijek nestati u tami.

## BIBLIOGRAFIJA

The Blue Planet. Pisac i narator David Attenborough. BBC, 2001.

Blue Planet II. Narator David Attenborough. BBC Natural History Unit, 2017.

Breitburg, Denise, Levin, Lisa A., Oschlies, Andreas, Grégoire, Marilaure, Chavez, Francisco P., Conley, Daniel J., Garçon, Véronique et al. "Declining Oxygen in the Global Ocean and Coastal Waters". *Science* 359, no. 6371 (January 5, 2018): eaam7240 <https://science.sciencemag.org/content/359/6371/eaam7240>. (pristupljeno 3. listopada 2020.).

Copley, Jon. "Mapping the Deep, and the Real Story behind the '95% Unexplored' Oceans". *Exploring our Oceans*, October 4, 2014. <http://moocs.southampton.ac.uk/oceans/2014/10/04/mapping-the-deep-and-the-real-story-behind-the-95-unexplored-oceans/> (pristupljeno 12. ožujka 2021.).

Dawson, John; Lucas, Rob. *The Nature of Plants: Habitats, Challenges, and Adaptations*. Portland: Timber, 2005.

Diaz, Robert J., Rosenberg, Rutger. "Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems". *Science* 321, no. 5891 (15 August 2008): 926-929.

Dolman, Brock. "Welcome to Planet Water: Time for a Reverential Rehydration Revolution". *Minding Nature* 10, 3 (2017): 16-21.

Fothergill, Alastair, Hughes, Jonathan, Scholey, Keith, redatelj. David Attenborough: *A Life on Our Planet*. Netflix, 2020 <https://www.netflix.com/hr-en/title/80216393> (pristupljeno 19. prosinac 2020.).

Habdija, Ivan, Primc Habdija, Biserka, Radanović, Ines, Špoljar, Maria, Matoničkin Kepčija, Renata, Vujčić Karlo, Snježana, Miliša, Marko, Ostojić, Ana, Sertić Perić, Mirela. *Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata: Strukture i funkcije*. Zagreb: Alfa, 2011.

*Hrvatska enciklopedija*, mrežno izdanje. "Anoksija". Leksikografski zavod Miroslav Krleža. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=2875> (pristupljeno 26. ožujka 2021.).

*Hrvatska enciklopedija*, mrežno izdanje. "Ampula". Leksikografski zavod Miroslav Krleža. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=2365> (pristupljeno 18. veljače 2021.).

Iris van Herpen. "About Iris van Herpen". <https://www.irisvanherpen.com/about> (pristupljeno 14. studenoga 2020.).

Kac, Eduardo. *Signs of Life: Bio Art and Beyond*. Cambridge, Mass., London: MIT, 2007.

Kenna, Leslie. "The Brilliance of Bioluminescence". TED-Ed, May 2013. Animated video, 3:55. [https://www.ted.com/talks/leslie\\_kenna\\_the\\_brilliance\\_of\\_bioluminescence](https://www.ted.com/talks/leslie_kenna_the_brilliance_of_bioluminescence) (pristupljeno 19. listopada 2020.).

Leeson, Craig, redatelj. *A Plastic Ocean*. Netflix, 2016. <https://www.netflix.com/hr-en/title/80164032> (pristupljeno 19. listopada 2020.).

Myers, William: *Bio Art: Altered Realities*. London: Thames & Hudson, 2015.

Nikolić, Toni. *Morfologija biljaka: razvoj, građa i uloga biljnih tkiva, organa i organskih sustava*. Zagreb: Alfa, 2017.

Palmer, Douglas, Lamb, Simon, Gavira Guerrero, Angeles, Frances, Peter. *Prapovijest: sveobuhvatna ilustrirana povijest života na Zemlji*. Prijevod: Marija Perišić, Ruđer Jeny. Zagreb: Mozaik knjiga, 2016.

Prvan, Mosor, Berković, Buga, Jakl, Zrinka, Žuljević, Ante, Bitunjac, Irena, Plepel, Ivana, Dragičević, Branko, Pleslić, Grgur, Holcer, Draško. "Priručnik za zaštitu mora i prepoznavanje živog svijeta Jadrana". Split: Udruga za prirodu, okoliš i održivi razvoj Sunce, 2016. [https://sunce-st.org/wp-content/uploads/2021/01/Prirucnik\\_za\\_zastitu\\_mora\\_Final\\_screen.compressed.pdf](https://sunce-st.org/wp-content/uploads/2021/01/Prirucnik_za_zastitu_mora_Final_screen.compressed.pdf) (pristupljeno 11. rujna 2020.).

Public Library of Science. "Fossil Record Reveals Elusive Jellyfish More Than 500 Million Years Old". *ScienceDaily*, 2 November 2007. <https://www.sciencedaily.com/releases/2007/10/071030211210.htm> (pristupljeno 25. prosinca 2020.).

Stevens, Fisher, Nixon, Robert, redatelji. *Mission Blue*. Netflix, 2014. <https://www.netflix.com/hr-en/title/70308278> (pristupljeno 30. studenoga 2020.).

Šugar, Ivan. *Latinsko-hrvatski i hrvatsko-latinski botanički leksikon = Lexicon botanicum latino-croaticum et croatico-latinum*. Zagreb: Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti - Globus, 1990.

Tabrizi, Ali, redatelj. *Seaspiracy*. Netflix, 2021. <https://www.netflix.com/hr-en/title/81014008> (pristupljeno 4. travnja 2021.).

Widder, Edith. "The Weird Wonderful World of Bioluminescence". TED conference, March 2011. Video, 12:29. [https://www.ted.com/talks/edith\\_widder\\_the\\_weird\\_wonderful\\_world\\_of\\_bioluminescence](https://www.ted.com/talks/edith_widder_the_weird_wonderful_world_of_bioluminescence) (pristupljeno 19. listopada 2020.).

Willmann, Rainer, Voss, Julia. *The Art and Science of Ernst Haeckel*. Köln: Taschen, 2017.

Wilson, Stephen. *Art + Science Now*. London: Thames & Hudson, 2010.

Wilson, Stephen. *Information Arts: Intersections of Art, Science and Technology*. Cambridge, Mass., London: MIT Press., 2002.

Worcester Polytechnic Institute. "WPI Team Grows Heart Tissue on Spinach Leaves". March 22, 2017. <https://www.wpi.edu/news/wpi-team-grows-heart-tissue-spinach-leaves?drupalDate=March%2022,%202017> (pristupljeno 9. lipnja 2020.).



## BIOGRAFIJA

Futurističke metamorfoze i evolucija morskih organizama uslijed zagađenja mikroplastikom i zdravi vodeni ekosustavi teme su radova Mateja Niševića (Sisak, 1996.). Osim bioarta kojem pristupa kroz objekte i instalacije, polje interesa mu je i land art. Student je diplomskog studija Grafika Akademije likovnih umjetnosti Sveučilišta u Zagrebu u klasi red. prof. art. Mirjane Vodopije.

Obrazovanje u području biologije stekao je na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu istog sveučilišta ak. god. 2018./19. (Biološki odsjek, kolegij: Protista koji uključuje molekularnu biologiju i genetiku), njegovom Botaničkom vrtu i Institutu za more i priobalje u Dubrovniku (istraživanje i znanstvena edukacija o planktonima i ekosustavu Jadranskog mora, 2018. – danas). Godine 2020. na 35. Salonu mladih rad *PROTOTIP: Cymbulia adriatica* nagrađen je 3. nagradom Hrvatske poštanske banke.