HYPER NATURA

La bio-informazione e le biotecnologie come nuove strategie di progetto

Sapienza, Università di Roma
Dipartimento di Architettura e Progetto - DiAP
Dottorato di ricerca in Architettura - Teorie e Progetto
Coordinatore: prof. **Piero Ostilio Rossi**

Dottoranda: **A. Selenia Marinelli**
XXXII CICLO
Curriculum A
Tutor: prof. **Antonino Saggio**

DOTTORATO DI RICERCA IN
ARCHITETTURA - TEORIE E PROGETTO

Sapienza, Università di Roma
Dipartimento di Architettura e Progetto - DiAP
Dottorato di ricerca in Architettura - Teorie e Progetto
Coordinatore: prof. Piero Ostilio Rossi

HYPER NATURA

La bio-informazione e le biotecnologie come nuove strategie di progetto

Dottoranda: **A. Selenia Marinelli**
XXXII CICLO - Curriculum A
Tutor: **prof. Antonino Saggio**

COLLEGIO DOCENTI

Rosalba Belibani
Maurizio Bradaschia
Andrea Bruschi
Orazio Carpenzano
(coordinatore dal 2019)
Roberto Cherubini
Alessandra Criconia
Alessandra De Cesaris
Paola Veronica Dell'Aira
Emanuele Fidone
Gianluca Frediani
Cherubino Gambardella
Anna Giovannelli
Antonella Greco
Paola Gregory
Andrea Grimaldi
Filippo Lambertucci
Renzo Lecardane
Domizia Mandolesi
Luca Molinari
Renato Partenope
Antonella Romano
Piero Ostilio Rossi
(coordinatore dal 2018 al 2019)
Antonino Saggio
(coordinatore dal 2011 al 2018)
Guendalina Salimei
Antonello Stella
Zeila Tesoriere
Nicoletta Trasi
Nilda Maria Valentin
Massimo Zammerini

MEMBRI ESPERTI

Lucio Altarelli
Lucio Barbera
Luciano De Licio
Marcello Pazzaglini
Roberto Secchi

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il mio relatore, il prof. Antonino Saggio, per avermi accompagnata e supportata in questo importante e difficile percorso: grazie per i suoi insegnamenti come docente, per avermi trasmesso la passione per questo lavoro; per le chiacchiere su Björk e David Bowie e soprattutto per avermi consentito di affiancarlo nel ruolo di assistente ai corsi - un'esperienza che mi ha arricchita ed emozionata e che spero di portare avanti nel mio percorso futuro. Grazie anche per avermi insegnato a *trasformare la crisi in valore*: un atteggiamento che nell'affrontare molti momenti si è rivelato vitale.

Grazie al prof. Antonino Di Raimo, a cui va la mia profonda stima: lo ringrazio per la fiducia che ha avuto nei miei confronti, la dedizione e l'interesse mostrati verso questa ricerca, per il confronto e lo scambio intercorso e per avermi aiutata a mettere meglio a fuoco alcuni aspetti del mio lavoro.

Un ringraziamento è sicuramente doveroso nei confronti delle persone che sono riuscita ad intervistare nella presente dissertazione: grazie a Cesare Griffa ed alla sua pazienza, precisione e generosità nell'aver risposto a tutte le mie numerose (e lunghe) domande e per avermi mostrato alcuni dei suoi prototipi di *Lillies*; grazie a Deborah Parisi, mediatrice culturale del PAV, che mi ha accompagnata nella visita del museo e che mi ha suggerito alcune delle letture sulla bioarte, divenute un elemento chiave nell'articolazione di alcuni passaggi di questo lavoro; grazie a Marco Poletto, per avermi aperto le porte di ecoLogicStudio e aver condiviso la sua ricerca, per me un punto di riferimento fondamentale, un'ispirazione ed un'aspirazione a cui tendere; grazie a Jens Hauser, per avermi accolta a Riga in

occasione di *Un/Green* e per avermi dedicato dei preziosi minuti all'interno di una due giorni di conferenze stimolante e piena di spunti; grazie infine a Paola Antonelli che, nonostante i numerosi impegni al MoMA, si è mostrata sensibile alla mia ricerca ed entusiasta di avere una conversazione dopo l'esperienza di *Broken Nature*.

La mia famiglia è da sempre al mio fianco in tutte le cose che faccio: se è vero che la prima materia di una ricerca siamo noi stessi, è grazie alla loro stima ed al loro amore che sono potuta diventare la donna ricercatrice che sono oggi. Senza il loro sostegno il mio percorso non sarebbe stato lo stesso.

Desidero ringraziare i miei colleghi del XXXII ciclo: non sono ringraziamenti formali, con loro sento di aver costruito un rapporto sincero e aver condiviso le gioie e i dolori del dottorato. In particolare, un grazie speciale va alla mia collega Fiamma Ficcadenti: non una semplice collega, ma un'amica, una sorella, la mia "*buddy*".
Non so come avrei fatto a superare il rush finale senza di te.

I ragazzi del gruppo nITro, del quale ho fatto parte per due anni, meritano senza dubbio un pensiero: alle nottate di lavoro, al mare siciliano, alle corse per terminare i nostri progetti, alle molte iniziative che abbiamo organizzato e condiviso. Soprattutto, tra loro desidero ringraziare Gabriele e Silvia, perché l'amicizia profonda che ci lega sarà per me sempre fonte di stimoli e di arricchimento indispensabili.

In ultimo, desidero ringraziare "i miei ragazzi": mi riferisco a tutti gli studenti che ho avuto modo di conoscere e seguire come assistente nel corso di questi anni, con i quali sono potuta crescere come (aspirante) insegnante e che mi hanno trasmesso passione e motivazione. A loro va il mio ringraziamento ed affetto, oltre che l'augurio sincero di proseguire nel loro percorso professionale sempre così pieni di entusiasmo.

Grazie, inoltre, come sempre, alla musica.

La presente Dissertazione Finale per il conseguimento del titolo di 'Dottore di ricerca in Architettura Teorie e Progetto' si avvale dei finanziamenti di ateneo della 'Sapienza' - Università degli Studi di Roma per i Progetti di '*Avvio alla Ricerca*' - per i quali la candidata è risultata assegnataria nell'anno 2017 e nell'anno 2018.

INDICE

INTRODUZIONE ALLA RICERCA
Definizione del tema d'indagine, della struttura e degli obiettivi della tesi.

1 ANTROPOCENE
L'uomo come forza modellatrice dell'ambiente

1.1 "Labirintico Antropocene" **1**
1.2 Apocalypse No(w) **19**
1.3 Tecnosfera + Biosfera = Natura+:
Verso un nuovo bilanciamento **37**

2 CONVERGENZE TECNO-ECOLOGICHE
Un paradigma evolutivo

2.1 NaturaCultura **55**
2.2 Ecologie ibride: umani, non-umani e iperoggetti **69**

3 NUOVI MODELLI DI (E)CO-ESISTENZA

3.1 Processi di ibridazione bio-mediale: la Bioarte **85**

3.1.1 Eduardo Kac: Telepresenza e bioarte. Dialoghi inter-specie e manipolazioni transgeniche **98**

Essay Concerning Human Understanding **100**

Teleporting An Unknown State **104**

Time Capsule **108**

Genesis **112**

GFP Bunny **116**

The Eighth Day **120**

Edunia **122**

3.1.2 The Tissue Culture & Art Project: grotteschi artefatti da "coltivare" **124**

Semi-living Worry Dolls **126**

Victimless Leather **130**

3.1.3 Guy Ben-Ary: Ibridazioni bio-tecnologiche e organismi senzienti cibernetici **133**

MEART – The Semi Living Artist **136**

CellF **140**

3.2 Eco mind-shift: interfacce tra ambiente e tecnologia **145**

3.2.1 L'ambiente ed il clima come materie: Andrea Polli, Olafur Eliasson, Fujiko Nakaya **147**

3.2.2 Gli elementi naturali come microchip: Scenocosme **165**

3.2.3 Bio-rimedi cyborg per la sostenibilità: Natalie Jeremijenko, Gilberto Esparza **171**

Conclusioni - verso una definizione di bio-informazione **193**

4 BIO-INFORMAZIONE E BIOTECNOLOGIE NEL PROGETTO

4.1 Rapporti di *entanglement* creativo **197**

4.2 Binomi a confronto per progettare con il vivente **203**

4.2.1 Biomimesi vs Ecosimbiosi **205**

4.2.2 Competizione evolutiva vs Endosimbiosi **243**

4.2.3 Smart City vs Bio-City **255**

4.2.4 A.I. vs Intelligenza bio-tecnologica **265**

4.2.5 Funzionale vs Vivente **283**

4.3 Nuove definizioni per una sostenibilità avanzata **293**

4.3.1 Bio-sensing/Eco-data **295**

4.3.2 Material Computation **297**

4.3.3 Material Ecology **299**

4.3.4 Biocomputing **301**

4.3.5 Biodigital **303**

4.3.6 SynBio Design **307**

4.4 Casi studio **309**

Scala urbana e di paesaggio:

Scape: Living Breakwaters **312**

ecoLogicStudio: Aarhus Wet City **318**

Philippe Rahm: Jade Eco Park **324**

Sean Lally: Wanderings **330**

Scala dell'edificio:

Servo: Hydrophile **336**

R&Sie(n): I've heard about **342**

Splitterwerk: BIQ House **344**

ecoLogicStudio: Bio.tech HUT **348**

Scala dell'installazione/di design:

ecoLogicStudio: Urban Algae Folly **356**

P. Beesley, R. Armstrong: Hylozoic Ground **362**

Achim Menges: Meteorosensitive Pavilions **366**

Mediated Matter Group: Aguahoja Pavilion **372**

The Living: Hy-fi Tower **376**

Scala del dettaglio architettonico:
Cesare Griffa: WaterLilly 382
Rachel Armstrong: Living bricks 388
Studio UnSeen: Seem[n]est 390
BiotA Lab: Viscous Biomaterials for Application in Architecture 392
Terreform ONE: Monarch Sanctuary 396

CONCLUSIONI 403

5 HYPER NATURA
Proposta per un programma didattico

5.1 Dalla ricerca alla didattica 409
5.1.1 Obiettivi del corso 427
5.1.2 Modalità 429
5.1.3 Strumenti 431
5.1.4 Struttura 433

APPENDICE: INTERVISTE E TESTIMONIANZE

Profilo degli intervistati 443
Intervista: Cesare Griffa 447
Report visita PAV – Parco Arte Vivente 465
Intervista: Marco Poletto – ecoLogicStudio 475
Intervista: Jens Hauser 487
Intervista: Paola Antonelli 495

SELEZIONE BIBLIOGRAFICA 501

INTRODUZIONE ALLA RICERCA

Definizione del tema d'indagine, della struttura e degli obiettivi della tesi.

La tesi affronta come tema centrale il rapporto tra architettura e natura alla luce delle potenzialità offerte dalle nuove tecnologie – in particolare quelle legate alla biotecnologia ed alla bio-informazione – e propone una ricognizione critica di diverse esperienze che mirano alla disarticolazione del ruolo che la natura può avere nel campo della progettazione, appoggiandosi a paradigmi contemporanei come quello dell'Antropocene, oggetto in particolare del **primo capitolo** – *Antropocene: L'uomo come forza modellatrice dell'ambiente*.

Secondo molti studiosi, la portata dell'intervento umano sulla natura ha, infatti, assunto un peso talmente considerevole da essere in grado di alterare la biosfera, compromettendo l'equilibrio ambientale, sia a scala locale che globale, e sancendo il passaggio ad una nuova era geologica (Crutzen, 2000).

Tuttavia, questo paradigma può essere utilizzato come nodo concettuale a partire dal quale sviluppare una prospettiva euristica dove l'uomo non è più osservatore fisicamente distaccato dall'ambiente che lo circonda, ma se ne assume la piena responsabilità e si percepisce come nodo intrecciato in un sistema globale di relazioni (Capra, 1997). Risulta a questo punto cruciale interrogarsi su come si possa adottare un approccio al progetto che sia più consapevole dei processi ecologici e che sia in grado di sviluppare relazioni di simbiosi e co-evoluzione, basate su uno scambio reciproco benefico con la biosfera e non più su un rapporto parassitario.

Viene di conseguenza costruito un *framework* teorico che abbraccia numerose discipline a supporto di questa ipotesi,

partendo dall'illustrazione dei principali esperimenti e dalle scoperte scientifiche che hanno contribuito a sviluppare la base di un pensiero sistemico: dalla comprensione fenomenologica dei processi biologici, alla descrizione di alcuni esperimenti volti alla riproduzione dei meccanismi della biosfera, per la realizzazione di sistemi autosufficienti basati su processi di *feedback loop* di azioni e retroazioni.

In particolare, nel **secondo capitolo** – *Convergenze tecno-ecologiche: Un paradigma evolutivo* – vengono analizzate alcune teorie filosofiche tra cui quella del nuovo materialismo post-femminista, che ha prodotto un cambiamento significativo nella comprensione di un punto di vista biocentrico sulla soggettività, concepita nella sua complessità di "inter-azioni" e "intra-azioni" (Braidotti, 2002) con l'ambiente e le altre specie non-umane.

La dissertazione si posiziona, infatti, a favore di un pensiero ecologico più profondo che, incorporato nel progetto, punti a riconfigurare in maniera eco-sintonica il rapporto tra architettura e natura e consenta di costruire nuove modalità di relazione tra l'ambiente costruito e le forze biotiche ed abiotiche del nostro pianeta.

L'introduzione del paradigma biotecnologico amplifica, tuttavia, il paradosso dell'intervento dell'uomo sulla natura, in quanto si evidenzia come l'agire umano si ponga anche con fini di manipolazione intenzionale della materia vivente, arrivando alla produzione di artefatti ibridi tra il naturale ed il progettato.

È proprio sulla condizione legata alla progettualità che la tesi si vuole appoggiare, per evidenziare come questa manipolazione possa avere ripercussioni anche nella maniera in cui, da progettisti, possiamo introdurre una dinamica intersoggettiva tra specie (architettoniche e "naturali"). L'ipotesi di manipolazione della natura apre, dunque, a nuove sfide e domande sulla possibilità di creare realtà biosintetiche che potrebbero entrare di fatto nel processo progettuale in maniera significativa e non più solo speculativa.

In particolar modo, nel **terzo capitolo** – *Nuovi modelli di (e) co-esistenza* – viene proposta una ricognizione sulla bioarte come strumento critico, a partire dal quale comprendere una nuova

prospettiva postnaturale: questo genere di arte contemporanea – incorporando le innovazioni del campo della biologia ed assumendole come elemento chiave del proprio operare – non si occupa più, infatti, di una mera riproduzione estetica del vivente attraverso immagine iconiche, ma punta ad incorporarne la logica, promuovendo una pratica artistica fondata sullo sfocamento e sull'interazione tecnologica tra organico ed inorganico.

Questo approccio può essere d'ispirazione per evitare declinazioni metaforiche o formali nel rielaborare il rapporto tra architettura e natura, prendendo le distanze dalle sperimentazioni biomimetiche.

All'interno del **quarto capitolo** – *Bio-informazione e biotecnologie nel progetto* – vengono quindi analizzati approcci al progetto che, condividendo l'ideale cibernetico basato sull'interdisciplinarietà tra ingegneria, biologia e scienze umane, puntano ad allontanarsi dal riduzionismo scientifico per incorporare le dinamiche dei fenomeni biologici basati sul concetto di retroazione e, più in generale, di scambio di informazione biologica, sia all'interno dell'organismo, che tra questi e l'ambiente.

Ne risulta un nuovo modello di città, la *Bio-City*, che si afferma come reificazione dell'*embodiment* delle principali innovazioni nel campo della biologia e della biotecnologia all'interno dell'ambiente costruito e che propone un nuovo modello ecosistemico di città, dove il network biologico e quello urbano si sostengono vicendevolmente in quanto digitalmente aumentati o biologicamente ingegnerizzati.

Scopo della dissertazione è, infatti, la valorizzazione dell'intelligenza biologica, data proprio dall'azione diretta di organismi viventi che diventano co-agenti all'interno del processo progettuale: la natura viene assunta come *co-worker* per sfruttare principi di co-costruzione dell'architettura, che diventa, di conseguenza, frutto della combinazione di *agency* umana, tecnologica e biologica.

Si persegue, in ultimo, l'obiettivo con il **quinto capitolo** – *Hyper Natura: Proposta per un programma didattico* – di sintetizzare una metodologia nel campo didattico, che incentivi all'insegnamento di un'architettura che, come un artefatto bio-tecnologico, intercetta e

reagisce ai dati ambientali e talvolta si fonde con la materia organica per modificare la nozione stessa di “abitare”.

I principi di crescita, autorganizzazione, autoriparazione o altri principi associati al mondo biologico, in questo modo trovano un’attuazione concreta e non simbolica, legata alla presenza effettiva di materia vivente. Queste opere ibride di materia organica e inorganica sono, infatti, in grado di “hyper-radicarsi” all’ecosistema esistente, non interferendo con i suoi cicli vitali, piuttosto collaborando per generarne di nuovi in una virtuosa relazione tra le parti, con livelli di complessità ed interattività sempre crescenti.

La ricerca ha fatto uso di fonti bibliografiche ma anche di esperienze dirette: è stato infatti significativo visitare mostre ed eventi (in particolare, la *Biennale bioTallin* nel 2017, la mostra *Human+: il futuro della nostra specie* nel 2018 e la Triennala di Milano *Broken Nature* nel 2019) che si sono svolti durante la fase di stesura e che, proponendosi di affrontare molti dei temi oggetto della dissertazione, ne hanno permesso l’arricchimento.

È stato, infine, fondamentale avere avuto la possibilità di confrontarsi in prima persona con alcuni degli attori – tra architetti, curatori e critici – che impostano il proprio operato sulla trasgressione della pura rappresentazione formale o simbolica della natura e del vivente, per studiarne le implicazioni sostanziali come nuova materia di progetto architettonico e di sperimentazione artistica.

Le interviste che mi sono state concesse, raccolte in **Appendice**, sono state utili a interrogare, chiarire e approfondire alcune domande emerse nel corso della ricerca, per alimentarla ulteriormente di nuovi spunti.

Research questions:

- *Quali futuri possiamo immaginare alla luce dell'Antropocene?*
- *Come può l'architettura ridefinire sé stessa in un presente che manifesta forti esigenze di sostenibilità per evitare il collasso globale?*
- *Quali nuove forme relazionali si possono costruire abbattendo la dicotomia tra organico ed inorganico in un continuum spaziale?*
- *Può l'architettura diventare uno strumento per supportare attivamente la biodiversità?*

1 ANTROPOCENE

L'uomo come forza modellatrice dell'ambiente

◀ Nella pagina precedente: La grande discarica di pneumatici a Seseña Nuevo vicino a Madrid – foto Pablo Blazquez Dominguez, 2014. Fonte: Getty Images

1.1
"LABIRINTICO ANTROPOCENE"

Nel contesto della mostra collettiva "*The God-Trick*" curata da Marco Scotini presso il PAV – Parco d'Arte Vivente della città di Torino, aperta dal 5 maggio al 21 ottobre 2018 ed inaugurata in occasione del convegno internazionale "Antropocene. Crisi ecologica e potenzialità trasformative dell'arte", sono stati presentati una serie di lavori di artisti che con le loro opere o installazioni hanno rielaborato con una lente critica la questione relativa all'Antropocene.

Ma cosa si intende esattamente per Antropocene?
Il termine è stato per la prima volta utilizzato dal chimico olandese Paul Jozef Crutzen nel corso dell'*Internatonal Geosphere-Biosphere Programme (IGBP)* del febbraio 2000, un programma di conferenze lanciato nel 1987 dove ricercatori internazionali si riuniscono per confrontarsi sulle interazioni tra i sistemi antropici ed i processi biologici, chimici e fisici della Terra a scala globale e regionale. In quell'occasione, il chimico, vincitore insieme a Frank Sherwood Rowland e Mario Molina del Premio Nobel per la chimica nel 1995 per i suoi studi pionieristici sull'ozono in atmosfera, è infatti intervenuto animosamente in risposta al presidente della conferenza, che continuava a menzionare l'Olocene come epoca geologica attuale:

> *"Stop using the word Holocene. We're not in the Holocene any more. We're in the […] Anthropocene!"*

Messo da parte un iniziale disorientamento, tra il pubblico di ricercatori presenti all'IGBP si incominciò a discutere concretamente sulla possibilità di adottare questo termine. L'Olocene è di fatto riconosciuta dalla comunità scientifica come l'epoca geologica più

recente, il cui inizio è stato convenzionalmente fissato a circa 11.700 anni fa su proposta di Charles Lyell nel 1833; un'epoca adottata dal 1885 dopo l'International Geological Congress di Bologna con riferimento ad un periodo di relativa stabilità ambientale a seguito dell'ultima grande glaciazione. Mentre con Antropocene – la cui etimologia deriva dalle parole greche *anthropos* (uomo) e *kainos* (nuovo) – si vuole definire una nuova serie cronostratigrafica con riferimento ad un'era in cui l'intervento antropico ha avuto un impatto talmente tanto decisivo da poter essere ascritto a vera e propria forza geologica, in grado di alterare la biosfera.

A seguito della conferenza, Crutzen iniziò a lavorare per teorizzare in maniera ufficiale questo concetto e, con grande sorpresa, scoprì che il termine "antropocene" era già stato utilizzato in precedenza da un altro studioso, il biologo Eugene F. Stoermer dell'Università del Michigan, che lo coniò per la prima volta negli anni Ottanta nel corso dei suoi studi sulle variazioni biologiche subìte da alghe microscopiche (le diatomee) presenti nelle acque dei Grandi Laghi del Nord America. Questi organismi unicellulari sono dei sensibili bio-indicatori in grado di rispondere in maniera repentina ai fattori di stress antropogenetici e vengono quindi utilizzati come rilevatori di qualità biologica, tanto nelle acque dolci quanto in quelle salate.

L'introduzione di grandi quantità di sedimenti e inquinanti (chiari esempi dell'impronta umana sugli equilibri degli ecosistemi) ha portato ad una diffusa eutrofizzazione[1] delle acque, una condizione in cui l'elevata presenza di sostanze nutritive come azoto o fosforo causa una proliferazione senza controllo delle diatomee che, non

1. Il termine eutrofizzazione, derivante dal greco eutrophia (eu = "buono", trophòs = "nutrimento"), indica una condizione di ricchezza di sostanze nutritive in un dato ambiente, in particolare una sovrabbondanza di nitrati e fosfati (soprattutto la presenza nell'acqua di Na2P3O10, un agente chelante per ioni Ca2+ e Mg2+) in un ambiente acquatico. Il termine viene correntemente usato anche per indicare l'eccessivo accrescimento degli organismi vegetali, che si ha per effetto della presenza nell'ecosistema acquatico di dosi troppo elevate di sostanze nutritive come azoto, fosforo o zolfo, provenienti da fonti naturali o antropiche (come i fertilizzanti, alcuni tipi di detersivi, le acque reflue di origine domestica o industriale), e il conseguente degrado dell'ambiente divenuto asfittico. Fronte: *https://it.wikipedia.org/wiki/Eutrofizzazione* [ultimo accesso 29.12.2018]

essendo più smaltite dai consumatori primari, provocano un eccessivo consumo di ossigeno e la conseguente morte dei pesci.

Tuttavia, Stoermer non aveva mai formalizzato il termine "antropocene", fino a quando Crutzen lo contattò per scrivere un breve articolo allegato alla newsletter n.41 dell'IGBP del maggio del 2000 ed intitolato proprio *The "Anthropocene"*.
Leggendolo, scopriamo che numerosi altri scienziati avevano iniziato a riflettere sulla forza modellatrice del fattore antropico: George Perkins Marsh, ad esempio, considerato il primo ecologista americano, nel suo "*Man and Nature*" (successivamente ripubblicato con il titolo *"L'uomo e la natura. Ossia La superficie terrestre modificata per opera dell'uomo*") già nel 1864 riconosceva la necessità "di precauzione in tutte quelle opere che, in grandi proporzioni s'interpongono nelle disposizioni spontanee del mondo organico e inorganico"[2] e l'importanza del "ristabilimento delle armonie perturbate".

In una sua lecture datata 1847 dichiarò:

> *L'uomo non può a proprio piacere la pioggia e il sole, il vento e il ghiaccio e la neve, tuttavia è certo che il clima stesso sia per molte istanze si sia gradualmente modificato e migliorato o deteriorato dall'azione umana.*
>
> *Il prosciugamento delle paludi e la riduzione delle foreste influenzano percettibilmente l'effetto dell'evaporazione dalla terra e, naturalmente, la quantità media di umidità sospesa nell'aria.*
>
> *Le stesse cause modificano la condizione elettrica dell'atmosfera e la potenza della superficie di riflettere, assorbire e irradiare i raggi del sole, e conseguentemente influenzare la distribuzione di luce e calore, e la forza e la direzione dei venti. Entro certi limiti, anche i fuochi domestici e le strutture artificiali creano e diffondono un maggiore calore, in misura tale da poter influenzare la vegetazione.*
>
> *La temperatura media di Londra è di un grado*

2. Marsh, G. Perkins 1993 (1864), *L'uomo e la natura. Ossia la superficie terrestre modificata per opera dell'uomo*, Franco Angeli, pag. VII.

> *o due superiore a quella della campagna circostante, e Pallas credeva che il clima di un paese così poco popolato come la Russia fosse sensibilmente modificato da cause simili.*[3] ”

Tralasciando le sfumature un po' arcaiche utilizzate nella descrizione di certi fenomeni, appare ad ogni modo evidente la lungimiranza con la quale Marsh avesse già identificato fenomeni che solo molto dopo sarebbero stati ascritti all'effetto dell'isola di calore dovuto al surriscaldamento urbano e all'effetto serra, quest'ultimo teorizzato dallo scienziato svedese Svante Arrhenius nel 1896, quando propose una relazione fra la concentrazione di anidride carbonica e la temperatura atmosferica e suggerì che la combustione di combustibile fossile avrebbe potuto provocare un aumento del riscaldamento globale.

Qualche anno dopo, anche il geologo italiano Antonio Stoppani andò molto vicino al termine coniato da Crutzen e Stoermer, parlando nel 1873 di "era antropozoica" per descrivere un'epoca storica in cui l'umanità veniva definita come "nuova forza tellurica che in potenza e universalità può essere paragonata alle maggiori forze della terra"[4]. Un concetto molto simile a sua volta a quello proposto dal russo Alexei Petrovich Pavlov di "era antropogenica", che fu sistematizzato e raffinato successivamente dal suo allievo, il geochimico e mineralogista Vladimir Vernadsky, che insieme agli scienziati francesi Édouard Le Roy e Jesuit P. Teilhard de Chardin nel 1924 introdusse nel dibattito scientifico il termine "noosfera".

Anche in questo caso si parla dell'umanità come forza geologica, inaugurando quello che verrà definito dallo studioso come terzo stadio evolutivo della Terra: alla geosfera ed alla biosfera – che rappresentano rispettivamente il primo stadio evolutivo che

3. Traduzione a cura dell'autrice. Fonte: *https://www.theguardian.com/environment/blog/2011/jun/20/george-perkins-marsh-climate-speech.* [ultimo accesso 29.12.2018]

4. Stoppani, Antonio 1871*, Corso di Geologia,* Milano: G. Bernardoni, E.G. Brigola Editori. cit. in Schwägerl, Christian 2014*, The Anthropocene: The Human Era and How It Shapes Our Planet*, Londra: Synergetic Press, pag. 56.

racchiude la componente abiotica ed il secondo stadio che racchiude la componente biotica – si aggiunge quindi la componente cognitiva. La noosfera (dal greco *nous*, ossia "mente") sottende infatti che il mutamento al livello globale indotto dal pensiero operante e dominante dell'uomo sia talmente impattante da manipolare i cicli geochimici ed il bilanciamento termodinamico terrestre, data la capacità umana di provocare reazioni nucleari e innescare processi di trasformazione degli elementi chimici. In questo modo, il comportamento umano con Vernadsky diventa a tutti gli effetti parte integrante dei processi evolutivi.

Il concetto alla base dell'Antropocene di Crutzen e Stoermer trova quindi dei solidi antesignani nella storia del pensiero scientifico e la storia contemporanea ci conferma una preoccupante escalation nella valutazione dell'impatto antropico sul globo terrestre e sulla sua atmosfera, che fa apparire profetiche intuizioni che adesso ci sembrano così lontane.

L'Antropocene, dopo l'articolo "*Geology of Mankind*" pubblicato nel 2002 da Crutzen sulla prestigiosa rivista scientifica Nature, ebbe un'attenzione sempre maggiore da parte degli scienziati, che in numero crescente sembrano concordare nel riconoscerlo come nuova epoca geologica, nonostante non abbia ancora ricevuto un riconoscimento ufficiale dalla International Commission on Stratigraphy (ICS) nella scala dei tempi geologici. Nel 2009 è stato tuttavia costituito un comitato scientifico all'interno dell'ICS come parte della Subcommission on Quaternary Stratigraphy, composto da poco più di trenta membri (tra cui lo stesso Crutzen) e guidato dal geologo Jan Zalasiewicz dell'Università di Leicester. L'Anthropocene Working Group da quella data ha iniziato a raccogliere, su base volontaria, evidenze presenti in tutto il mondo che possano avvallare l'ipotesi antropocenica.

Nel 2011 ha presentato i primi risultati intermedi della ricerca,

confluiti nell'articolo "*Stratigraphy of the Anthropocene*"[5] come parte integrante di un'edizione speciale del Philosophical Transactions of the Royal Society. A qualche mese di distanza, un altro gruppo di esperti riunitisi presso la Geological Society di Londra ha messo a disposizione degli indicatori scientifici a ulteriore conferma dell'Antropocene e le prove sempre più schiaccianti portarono la rivista Nature a pubblicare un editoriale a maggio 2011, dal titolo inequivocabile "*The human epoch*"[6].

A questo punto non resta che rispondere ad un'altra importante questione: volendo definire l'Antropocene come nuova era geologica, quali sono i suoi confini temporali?
È possibile individuare un punto di rottura, che ci permetta di stabilire una data significativa per il passaggio dall'Olocene all'Antropocene?

Will Steffen, Paul J. Crutzen e John R. McNeill in un articolo[7] pubblicato per Ambio, rivista della Royal Swedish Academy of Sciences, suggeriscono di considerare come punto di inizio dell'Antropocene la fine del 1800, quando convenzionalmente viene fatto coincidere l'inizio della seconda rivoluzione industriale con l'introduzione dell'elettricità, dei prodotti chimici e del petrolio. Ciò non significa che le società pre-industriali non abbiano influenzato il loro ambiente dalla scala continentale a quella locale: molti dei cambiamenti alle dinamiche ecosistemiche sono infatti stati provocati dalla caccia, dall'agricoltura e dall'allevamento; tuttavia, questi tipi di società non disponevano di un'organizzazione sociale, economica e tecnologica tale da produrre cambiamenti permanenti e la loro transitorietà non era in grado di eguagliare o addirittura superare la forza dominante della Natura. Steffen, Crutzen e McNeill identificano quindi un primo stadio di sviluppo dell'Antropocene, facendolo

5. Zalasiewicz, Jan et al. 2011, *"Stratigraphy of the Anthropocene"* in *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol.369, pagg. 1036–1055. doi:10.1098/rsta.2010.0315

6. Cfr. 2011, *"The human epoc"* in *Nature*, vol. 473, issue 254. doi: 10.1038/473254a

7. Steffen, Will; Crutzen, Paul J.; McNeill, John R. 2007, *"The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?"* in *Ambio*, vol.36, issue 8; Sciences Module, pagg. 614-621.

coincidere con il periodo compreso tra il 1800 ed il 1945.

Ciò che secondo gli studiosi è determinante di questo arco di tempo è, infatti, il passaggio ad un sempre più massiccio utilizzo di nuove fonti di energia come i combustibili fossili e l'elettricità, associati alle innovazioni nel campo scientifico e tecnologico. Un aspetto che non coinvolse solo il settore industriale, ma anche quello agricolo con, ad esempio, il processo ideato dal chimico tedesco Fritz Harber che ha consentito di sintetizzare l'ammoniaca per la produzione di fertilizzanti.

A questo c'è da aggiungere la crescente deforestazione, la conversione ad un'agricoltura più estensiva e l'espansione urbana, che senza dubbio hanno provocato una significativa trasformazione al livello globale, anche se l'impronta dell'uomo sul sistema Terra è visibile ancora più chiaramente analizzando l'aumento del quantitativo di CO_2 nell'atmosfera: da una concentrazione di 285 ppm stimata intorno al 1850, si è avuto un amento di circa 25 ppm fino al 1945, dato sufficiente per superare il limite di variazione naturale della concentrazione di CO_2 evidenziata nell'Olocene[8].

Il 1945 viene assunta come data chiave in quanto rappresentativa di un secondo stadio dell'Antropocene, caratterizzato da un'improvvisa quanto rapida accelerazione della pervasività dell'azione umana sull'ecosistema.

Dopo la Seconda Guerra Mondiale, i nuovi assetti economici e politici hanno determinato cambiamenti alle dinamiche della Terra antitetici ma interconnessi: ad un incremento demografico ed un significativo sviluppo al livello tecnologico e delle comunicazioni, che possono essere considerati fattori positivi e di miglioramento delle condizioni di benessere umano, è corrisposta infatti una seria compromissione degli ecosistemi naturali, con la produzione di nuovi materiali e la conseguente introduzione su scala globale di nuovi inquinanti organici e inorganici.

A partire da quella che viene definita la Grande Accelerazione, i grandi problemi ecologici vennero direttamente collegati ai cambiamenti in gran parte legati al sistema economico globale,

8. *Ibidem*, pag. 616.

come si evince dal dossier "*The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*", pubblicato nel 2015 sull'Antrophocene Review e condotto dall'IGBP in collaborazione con lo Stockholm Resilience Centre. Il chimico Will Steffen, a capo del progetto, fissa la data di inizio dell'Antropocene addirittura al 16 luglio 1945, giorno in cui gli Usa testarono la bomba al plutonio col nome in codice "*TheGadget*", detonata nel deserto del New Mexico alle ore 5:29.

A questa seguirono le ben più note detonazioni della prima bomba all'uranio ("Little Boy"), sganciata sulla città di Hiroshima il 6 agosto 1945 e la seconda bomba al plutonio ("Fat Man") sganciata invece su Nagasaki il 9 agosto 1945.

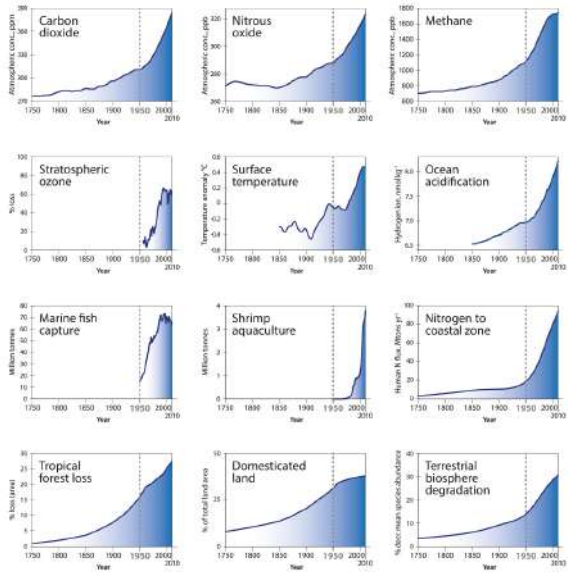
La ricaduta globale di residui radioattivi è stata quindi proposta come golden spike, ossia come marcatore globale, dato che gli isotopi prodotti dagli ordigni nucleari sono le tracce più evidenti, sincrone e ubiquitarie lasciate dall'uomo, se si pensa che il tempo di dimezzamento del plutonio è di 24.200 anni[9].

Steffen ha identificato dodici indicatori dell'attività umana (come crescita economica, popolazione, i flussi degli investimenti diretti esteri, il consumo energetico, le telecomunicazioni, il trasporto ed il consumo di acqua) ai quali sono stati affiancati dodici indicatori che mostrano i principali componenti ambientali del sistema terrestre (come il ciclo del carbonio, il ciclo dell'azoto e la biodiversità). Confrontando i grafici relativi ai trend socio-economici ed ai trend ecologici (originariamente pubblicati nel 2004 con riferimento ai trend dal 1750 al 2000[10] e per l'occasione aggiornati da Steffen fino al 2010), si evince in tutti un comportamento analogo, con un picco drammatico dei cambiamenti a partire dal 1950, a riprova che l'umanità ha assunto una crescente responsabilità a livello globale proprio a partire da quella data e dopo i test e le detonazioni nucleari.

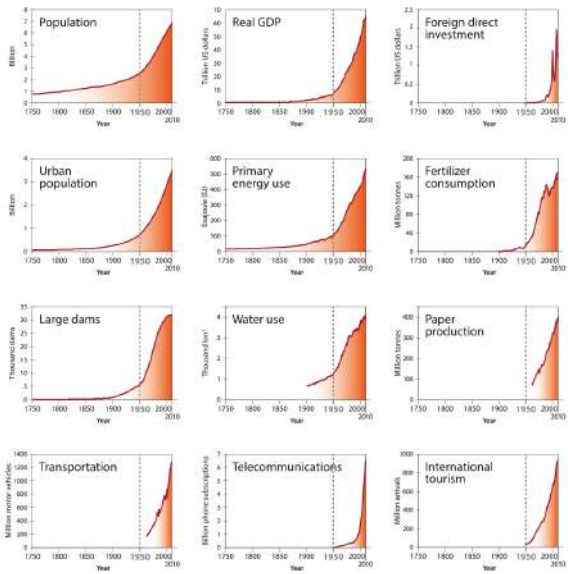
9. Fonte: *https://it.wikipedia.org/wiki/Plutonio* [ultimo accesso 05.01.2019]

10. Cfr. Steffen, Will et al., *op. cit.*, pag. 617.

TREND ECOLOGICI



TREND SOCIO ECONOMICI



▲ La Grande Accelerazione: nei grafici comparativi è possibile notare come, dopo il picco del 1950, le attività antropiche (in basso) inizino ad interferire significativamente con i cicli biologici della Terra (in alto).

Fonte: Steffen, Will et al 2015, "*The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*" in *The Anthropocene Review* vol. 2, issue 1, pagg. 81-98. doi: 10.1177/2053019614564785

Quest'ultima ipotesi di datazione sembrerebbe quella più attendibile per identificare in maniera univoca una data d'inizio dell'Antropocene. Trattandosi, infatti, di era geologica, risulta fondamentale identificare dei marcatori, detti Global Stratigraphic Section and Point (GSSP), ossia Sezioni e punti stratigrafici globali, che rappresentano gli affioramenti rocciosi nei quali è fisicamente presente un limite tra due età geologiche.

Anche la posizione dell'Anthropocene Working Group sembra andare a favore di questa opzione: a partire dalla metà del secolo scorso, si riscontrano differenze tali rispetto agli strati geologici precedenti da giustificare una nuova unità di tempo geologico. Nel prima citato "*Stratigraphy of the Anthropocene*" del 2011, viene infatti analizzato come la perturbazione antropica di alcuni cicli geochimici globali abbia lasciato dei segni evidenti ad una scala sufficiente da modificare i sedimenti stratigrafici contemporanei. La perturbazione più nota ed anche la più importante è quella relativa al ciclo del carbonio che è da sempre utilizzato come indicatore dell'impronta dell'uomo, data l'oscillazione delle concentrazioni di CO_2 dai 280 ppm prima della Rivoluzione Industriale agli approssimativi 390 ppm del 2010. Le conseguenze sono potenzialmente a lungo termine ed a cascata su tutto il globo e le emissioni producono cambiamenti misurabili nei rapporti isotopici di carbonio all'interno di gusci calcarei marini[11].

A ciò si aggiungono i sedimenti prodotti dalla fissione nucleare post-1945, che sembrano fornire una risposta anche più immediata rispetto al primo fattore, le cui conseguenze stratigrafiche sono più lente per poter essere misurate ad una scala di tempo ristretta a un anno o un decennio[12].

A seguito del test nucleare in New Mexico, non solo ci furono conseguenze nella brutale modificazione paesaggistica del deserto, con un enorme cratere formatosi dopo l'esplosione, ma si conformò un residuo vetroso verde chiaro. La detonazione aveva infatti portato la sabbia ad una temperatura diecimila volte superiore a quella della

11. Zalasiewicz, Jan et al., *op. cit.*, pag. 1041.

12. *Ibidem*, pag. 1050.

▲ Un esempio di "trinitite"- Foto di H. Hiller.
Fonte: *https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trinitite_Macro.jpg* [ultimo accesso 05.01.2019]

superficie solare ed il deposito dello strato di isotopi radioattivi, penetrato all'interno delle rocce e mescolatosi con queste, aveva prodotto un nuovo minerale, soprannominato "trinitite" dal nome in codice del test, "*Trinity*".

Circoscrivere l'Antropocene ad un'epoca temporale ben precisa resta, tuttavia, ancora oggetto di discussione tra i geologi, ancora intenti a identificare un golden spike unanimamente condiviso, dato che anche la data più accreditata come il 1945 secondo alcuni studiosi dovrebbe essere slittata al 1964, anno in cui si registra il picco massimo di radiocarbonio[13].

Allo stesso tempo, da concetto puramente geologico, la questione dell'Antropocene ha iniziato a interessare in maniera transdisciplinare *cultural studies*, filosofia, *gender studies*, politica, ambientalisti, che con i rispettivi strumenti di ricerca continuano ad interrogarsi per trovare una risposta al cambiamento climatico ed

13. Cfr. Lewis, Simon L.; Maslin, Mark A. 2015, *"Defining the Anthropocene"* in *Nature,* vol.519, issue 7542, pagg. 171–180. doi: 10.1038/nature14258

ambientale.

Anche l'arte partecipa infatti al dibattito e l'esperienza del PAV – Parco d'Arte Vivente di Torino ne è un chiaro esempio: concepito nel 2002 dall'artista Piero Gilardi come "incubatore di coscienza ecologica", centro sperimentale di arte contemporanea e museo interattivo, nel corso degli anni si è affermato come punto di riferimento per incontri, simposi e workshop incentrati sul dialogo tra arte, natura, biotecnologia ed ecologia.

Il cuore pulsante del parco/museo è "bioma", l'edificio di 750 mq che è una vera e propria cellula generatrice di relazioni spaziali con la natura circostante e che vuole richiamare il concetto scientifico di bioma, quale ampia porzione della biosfera costituita dall'unità di flora e fauna. Al suo interno troviamo un percorso multisensoriale articolato in sei stanze: mutazioni vegetali, essenze odorose, rilievi di natura, giochi d'acqua, suoni mutevoli ed infine energie invisibili[14].

Gilardi venne a conoscenza del termine coniato da Crutzen e Stoermer nel 2017 e da quel momento ha iniziato a riflettere su come il paradigma antropocenico potesse essere utilizzato come potente metafora della fine del mondo dell'antropocentrismo e del dominio tecnocentrico sulla natura, per abbracciare un ecologismo più profondo di interazione tra esseri viventi e non viventi, dove l'uomo si

14. **Cfr.** Report della visita al PAV allegata alla presente tesi.

▼ PAV - Parco Arte Vivente di Torino in una foto aerea.
Fonte: *http://parcoartevivente.it/* [ultimo accesso 10.01.2019]

può inserire come forza creativa e non meramente distruttiva.

Queste intuizioni hanno alimentato l'opera "*Labirintico Antropocene*", un'installazione ambientale multimediale temporanea inserita all'interno della mostra "*The God-Trick*", a cui si è fatto riferimento in apertura del capitolo ed il cui titolo trae ispirazione da una citazione di Donna Haraway. La fondatrice del pensiero cyber femminista con l'accezione "trucco di Dio" si riferisce alla volontà di demistificare la pretesa oggettivazione della conoscenza e dell'esperienza del reale che tradizionalmente vengono percepite come scorporate e "trascendenti" conquiste. Lo scopo è di far decadere il trucco dell'uomo di prendere il posto di Dio per guardare e descrivere il mondo dal di fuori. Secondo la Haraway, infatti, la conoscenza è sempre una "*situated knowledge*", innestata cioè all'interno e dall'interno di un corpo con il quale facciamo esperienza, ed in quanto tale può solo essere soggettiva. Questa metafora legittima la pluralità e, sganciandosi dalla visione antropocentrica come unica prospettiva possibile sul mondo, può stimolare un agire più rispettoso anche della biodiversità del nostro pianeta.

"*Labirintico Antropocene*" vuole essere una strategia per dipanare il martellamento mediatico che tutti i giorni subiamo riguardo il disastro ambientale. Il percorso è labirintico come la percezione dell'opinione pubblica rispetto a questi temi e l'esperienza si articola in un prologo virtuale, costituito da una prima stanza interattiva ed una seconda stanza narrativa, per poi culminare in un epilogo naturale.

Entrando nel primo spazio, immagini di rifiuti o riferimenti alle conseguenze dell'inquinamento chimico scorrono su un pavimento interattivo e, nel momento in cui vengono toccate dal passaggio dell'utente tendono progressivamente a scomparire, come a voler divenire metafora dell'agire umano che può assolvere ad una duplice funzione: di danneggiamento ma anche di risarcimento dell'equilibrio omeostatico terrestre.

Proseguendo oltre, si entra in un secondo spazio dove si assiste ad una serie di suggestioni visive apocalittiche che riguardano la progressiva distruzione della biodiversità a causa dell'inquinamento atmosferico ed ambientale, provocato dalle attività umane industriali, produttive, dall'agricoltura intensiva o dal traffico automobilistico.

▲ Piero Gilardi, *Labirintico Antropocene*. 2018 - dettaglio dell'installazione interattiva. Fonte: *http://parcoartevivente.it/mostre/archivio/mostre-2018/the-god-trick/* [ultimo accesso 10.01.2019]

▲ Piero Gilardi, *Labirintico Antropocene*, 2018 - Dettaglio dell'installazione video. Fonte: *http://parcoartevivente.it/mostre/archivio/mostre-2018/the-god-trick/* [ultimo accesso 10.01.2019]

Contrariamente al primo vano, dove l'interazione con l'utente assumeva quasi una connotazione ludica, in questo caso, trattandosi puramente di una proiezione narrativa, ci sentiamo degli spettatori inermi davanti alla sequenza quasi schizoide del montaggio video. Se ne esce disorientati, proprio come la sensazione che si prova di fronte alle retoriche manipolatorie dei mass media mainstream, che ci rendono passivi e non stimolano una reale sensibilizzazione riguardo a certe tematiche.

Fuori da questo tunnel, siamo all'aria aperta e si entra all'interno della parte finale dell'installazione, che è proprio un labirinto costituito da siepi di cipresso poste ad altezze crescenti. Nonostante il labirinto sia per definizione un ambiente progettato in modo da rendere l'uscita difficile, paradossalmente ci trasmetterà un senso di sollievo, stimolato proprio in reazione al sovraccarico negativo subìto in precedenza.

Si potrà così gradualmente recuperare l'orientamento, incrociando all'interno del percorso alcune edicole con progetti che al livello internazionale cercano di combattere la crisi ecologica promuovendo modalità di produzione e gestione delle risorse virtuosa. Incontriamo ad esempio il progetto "*Ocean Cleanup*"[15], inaugurato nel 2016 in Giappone per contrastare la concentrazione di plastica presente nei nostri oceani che mette a rischio la sopravvivenza degli animali marini. Il progetto consiste in un sistema di barriere galleggianti, ancorate ai fondali, che sfruttano le correnti per filtrare i rifiuti e raccoglierli in un grande contenitore dal quale vengono prelevate per innescare un processo di riciclo.

Oppure veniamo a conoscenza di "*Recology*"[16]: nella città di San Francisco 600.000 cassonetti per la raccolta differenziata sono stati distribuiti in tutti i quartieri e delle 650 tonnellate di rifiuti raccolti e portati all'impianto PIER 96 ne vengono riciclati il 70%, per poi trasformare la parte organica in compost destinato alle coltivazioni della vite della Napa Valley.

15. Ulteriori informazioni sul sito ufficiale: *https://www.theoceancleanup.com/* [ultimo accesso 02.01.2019]

16. Ulteriori informazioni sul sito ufficiale: *https://www.recology.com/* [ultimo accesso 02.01.2019]

CONCENTRATE THE PLASTIC AND **TAKE IT OUT**

1 CAPTURE

Natural forces move the system **faster** than the plastic which allows the **plastic to be captured** in the center of the system.

2 ACCUMULATION

Due to its U-shape and the screen below, the plastic will **collect in the center** of the system.

3 EXTRACTION

A vessel acting as a garbage truck of the seas will remove the collected plastic **every few months.**

4 LANDING

Plastic will be **processed on land** and sorted for recycling.

2 MAIN COMPONENTS

The system is made of a 600-meter-long **floater** that sits at the surface of the water and a tapered 3-meter-deep **skirt** attached below.

FLOATER

Provides buoyancy and prevents plastic from flowing over it.

LENGTH

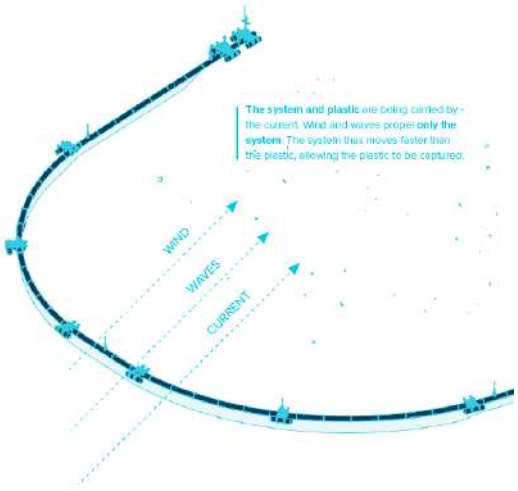
600 METER **2000** FEET

SKIRT

Prevents plastic from escaping underneath.

DEPTH

3 METER **10** FEET



The system and plastic are being carried by the current. Wind and waves propel **only the system**. The system thus moves faster than the plastic, allowing the plastic to be captured.

È necessario a questo punto anche che l'architettura elabori nuove strategie progettuali che incorporino gli stimoli sollevati dall'Antropocene: quest'ultimo rappresenta infatti, non solo un focus sull'influenza dell'impatto antropico sullo stato, le dinamiche ed il futuro del sistema terreste, ma anche un nodo da cui sviluppare un punto di vista euristico che ridefinisca i confini del naturale e la sua interazione con lo spazio urbano, per favorire rapporti di complessità nella progettazione dei nostri ambienti.

Quali futuri possiamo immaginare alla luce dell'Antropocene? Come può l'architettura ridefinire sé stessa in un presente che manifesta forti esigenze di sostenibilità per evitare il collasso globale? Quali nuove forme relazionali si possono costruire abbattendo la dicotomia tra organico ed inorganico in un continuum spaziale?

Provare a rispondere a queste ed altre domande risulta fondamentale: da progettisti è infatti necessario riscattare l'impronta umana dall'essere definita come anti-ecologica di per sé, nel tentativo di riconfigurare in maniera eco-sintonica il rapporto tra Architettura e Natura.

Ed occorre inoltre rispondere con un cambiamento radicale di alcuni concetti, che si proverà ad elaborare nel corso della dissertazione – la percezione stessa della Natura, il ruolo degli esseri viventi e le mutazioni del territorio – per mettere in pratica nuove modalità relazionali di "inter-azione" e "intra-azione" dell'architettura con le altre specie non-umane e con le forze biotiche ed abiotiche del nostro pianeta. Il lavoro critico stimolato dall'arte ed alcuni slittamenti percettivi e di pensiero innescati da questo nuovo paradigma possono aiutarci ad abbattere i tradizionali confini disciplinari ed aprire nuovi orizzonti architettonici.

◀ **Ocean Cleanup**: schemi di funzionamento e foto del sistema in funzione. Sfruttando l'energia della corrente marina, del vento e delle onde, il progetto prevede che il grosso braccio raccoglitore, dopo essersi staccato dal rimorchiatore, sfrutti la corrente per assumere forma di "U" e inglobare la plastica della cosiddetta "*Great Pacific Garbage Patch*" (l'ammasso di spazzatura tra California e Hawaii che comprende circa 1,8 trilioni di detriti sparsi, incluse 87mila tonnellate di plastica).

Fonte: *https://www.theoceancleanup.com/media-gallery/* [ultimo accesso 12.01.2019]

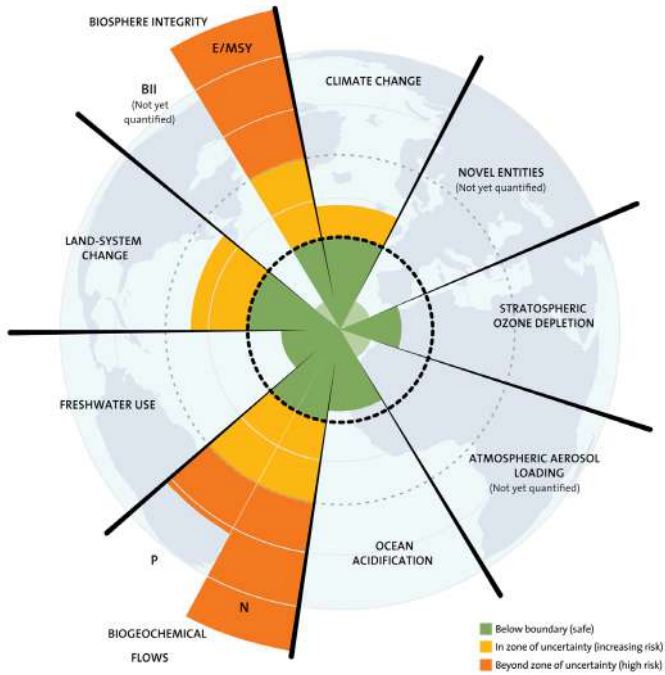
1.2
APOCALYPSE NO(W)

Volendo quantificare la crisi ecologica che il nostro pianeta sta attraversando, possiamo evidenziare alcuni dati significativi che determinano quali siano le condizioni che l'umanità non dovrebbe violare, per non compromettere in maniera decisiva il futuro della Terra e della nostra stessa specie.

Per fare ciò, è necessario introdurre il concetto di "confine planetario" (*planetary boundary*), esposto per la prima volta da Johan Rockström (ex-direttore dello Stockholm Resilience Centre dell'Università di Stoccolma) in un articolo pubblicato nel 2009 su Ecology and Society[1] e, successivamente rimarcato in un'altra pubblicazione sulla rivista Nature[2]. L'indagine condotta insieme ad un gruppo di altri ventotto scienziati internazionali, tra cui i già citati Steffen e Crutzen, mirava a identificare nove processi che regolerebbero la stabilità e la resilienza del sistema Terra, proponendo una serie di "spazi operativi sicuri", o "confini planetari" determinati scientificamente tenendo conto del grado di perturbazione antropica esercitato sul pianeta. Il superamento di questi limiti implicherebbe un sostanziale rischio di destabilizzazione degli equilibri ecosistemici, scatenando cambiamenti irreversibili a larga scala.

1. Rockström, Johan et al. 2009, "*Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*" in Ecology and Society, vol. 14, issue 2, art. 32. doi: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/

2. Rockström, Johan et al. 2009, "*A safe operating space for humanity"* in Nature, vol. 461, pagg. 472-475.



▲ Confini Planetari, Stato corrente delle variabili di controllo dei sette confini planetari. Sono evidenziate le zone verdi che indicano lo spazio operativo sicuro, le zone gialle che indicano gli spazi di incertezza a rischio crescente e le zone rosse con un rischio molto alto. Con il colore grigio sono rappresentati i processi globali ancora non quantificabili, come l'aerosol atmosferico, nuove entità e l'integrità biosferica.

Fonte: Rockström, Johan et al. 2009, "*Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*" in Ecology and Society, vol. 14, issue 2, art. 32. doi: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/

I processi-chiave evidenziati sono:

- Cambiamento climatico
- Perdita della biodiversità
- Variazione del ciclo bio-geochimico dell'azoto e del fosforo
- Acidificazione degli oceani
- Consumo di suolo ed antropizzazione degli ambienti naturali
- Diminuzione delle risorse idriche globali
- Riduzione della fascia di ozono nella stratosfera

- Diffusione di aerosol in atmosfera
- Inquinamento dovuto all'introduzione di nuove entità inquinanti come metalli pesanti, composti chimici, nanomateriali

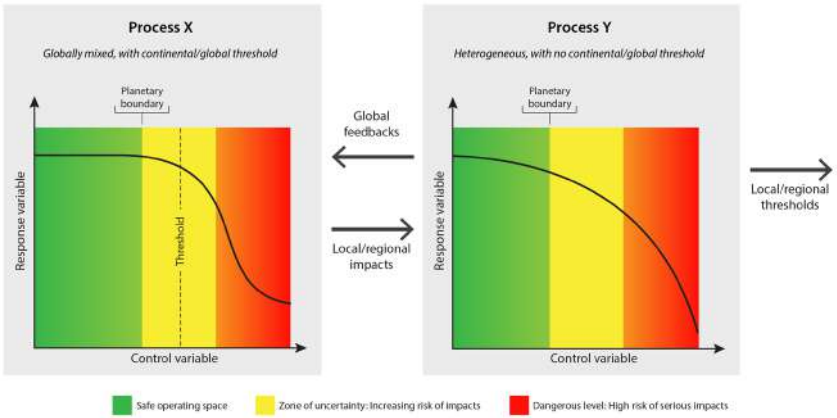
Sulla base di questi processi sono state associate alcune variabili-soglia che consentono di analizzare il rapporto tra variabili di controllo e processo-chiave associato, con l'obiettivo di accertare che tra questi si mantenga una relazione di tipo lineare, che eviti che ad un cambiamento minimo di uno dei due fattori, seguano grandi e drastici cambiamenti dell'altro.

L'intervallo limite stabilito affinché non si verifichi questa condizione definisce quelli che vengono definiti "confini planetari" e ne sono stati evidenziati in tutto sette.

Chiaramente, si tratta di un modello semplificativo, data l'impossibilità di descrivere in maniera più accurata un sistema complesso come quello del pianeta Terra, ma questa semplificazione può essere utilizzata come potente strumento per quantificare l'urgenza di individuare nuovi modelli di sviluppo sostenibile. È infatti sempre più cruciale il bisogno di abbracciare un nuovo paradigma culturale, che integri il necessario sviluppo delle società umane con la conservazione dello stato di resilienza del sistema Terra.

Per ciascun confine planetario viene identificato un gradiente che descrive l'impatto antropico ed il rischio ad esso connesso e che include lo spazio operativo sicuro, la zona di incertezza a rischio crescente e infine l'area ad alto rischio. Chiaramente, come specificano gli studiosi, questi gradienti agiscono in maniera interscalare: confini planetari che hanno una forte scala operativa regionale (come l'integrità biosferica, le variazioni bio-geochimiche, il consumo di suolo ed acqua e la diffusione di aerosol in atmosfera), se trasgrediti al livello sub-globale possono comunque compromettere le dinamiche globali.

Per questo motivo vengono sviluppati due livelli di controllo, locale e globale, e nel confronto tra i grafici che Rockström e colleghi hanno elaborato, emerge come il climate change e la perdita della biodiversità della biosfera costituiscano due "*core boundaries*". Questi sarebbero profondamente integrati a tutti gli altri confini planetari, opererebbero sull'intero sistema terrestre in maniera co-



▲ Framework teorico dell'approccio interscalare dei confini planetari. Fonte: Rockström, Johan et al. 2009, *ibidem*.

evolutiva e sono la tra le soglie già superate a causa della quantità di CO_2 presente in atmosfera e del tasso di estinzione raggiunto tra le specie della biosfera.

Quest'ultimo parametro, legato al numero annuo di specie estinte per milione, ad oggi è infatti oltre 100 volte superiore rispetto al limite stabilito. L'impatto di questi *core boundaries*, di conseguenza, è talmente tanto consistente al livello ecosistemico che, presi da soli, avrebbero la capacità di spingere la Terra verso un nuovo stadio evolutivo.

Di fatto, possiamo constatare come sia stata proprio la continua trasgressione degli spazi operativi sicuri ad essi connessi ad aver determinato l'uscita della Terra dall'Olocene ed il suo ingresso nell'era dell'Antropocene, dato che il passaggio tra ere geologiche storicamente è spesso determinato da sostanziali cambiamenti che si evidenziano al livello climatico e nella progressiva perdita della ricchezza della biodiversità.

In merito a quest'ultimo aspetto, nell'analisi degli studiosi dello Stockholm Resilience Centre, vengono considerate due componenti della biodiversità: quella relativa alla diversità genetica e quella relativa alla biodiversità di tipo funzionale.

Con la prima si intende il ruolo che il materiale genetico ha

nel determinare le potenzialità della vita di continuare a co-evolversi con la componente abiotica del sistema terrestre e che consente alla biosfera di adattarsi in maniera resiliente ai cambiamenti abiotici talvolta bruschi; con la seconda componente si fa invece riferimento al ruolo che avrebbe la stessa biosfera nell'influenzare i processi della terra, attraverso la stima, la distribuzione e la relativa abbondanza di alcuni tratti funzionali degli organismi presenti negli ecosistemi biotici[3].

Il *Biodiversity Intactness Index* (BII) diventa dunque l'indice attraverso cui gli scienziati monitorano quanto la biodiversità originale di una regione rimanga intatta e nel *Living Planet Report* pubblicato dal WWF il 30 ottobre 2018[4], si evidenzia come il BII sia crollato dall'81.6% del 1970 al 78.6% del 2014, nonostante queste stime debbano considerarsi ottimiste, dato che, nonostante i risultati preoccupanti, quantificano dei dati che ancora non incorporano l'impatto della pressione antropica nell'influenzarli negativamente ed in maniera drastica.

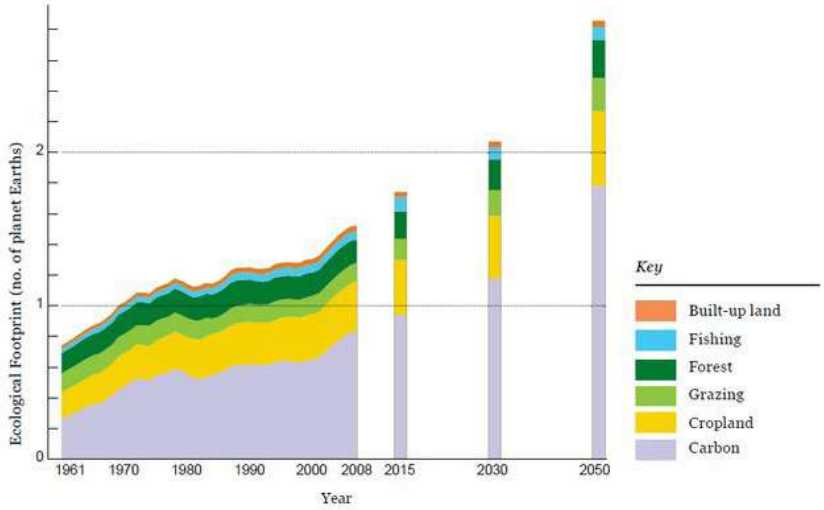
Passando ad una scala planetaria, possiamo invece utilizzare il *Living Planet Index* (LPI), quale indicatore dello stato globale della biodiversità e dello stato di salute del nostro pianeta.

Questo indice è stato adottato nell'ultimo piano strategico della Convenzione sulla Biodiversità per monitorare il progresso ottenuto in relazione agli obiettivi che dovranno essere portati a termine entro il 2020 e che si pongono come target quello di contrastare in maniera urgente ed efficiente la perdita della biodiversità, che è sempre più preoccupante. Tra il 1970 ed il 2012 l'indice è infatti sceso al 58%, mentre nel report WWF del 2018 apprendiamo che tale stima è scesa addirittura al 60%, evidenziando come gli ecosistemi naturali si stiano degradando ad una velocità senza precedenti nella storia dell'umanità[5].

3. Cfr. Rockström, Johan et al. 2009a, *op. cit.*, pag. 5.

4. WWF 2018, *Living Planet Report 2018: Aiming Higher*, Gland (Svizzera)

5. Cfr. *Ibidem*, pag. 90.



▲ Scenario "business as usual" dell'impatto ecologico stimato dal 2009 al 2050. Fonte: **WWF 2012**, *Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices*, Gland (Svizzera), pag. 100.

Richiediamo, infatti, molto più di quanto il pianeta possa offrire in modo sostenibile, rispetto alla sua "biocapacità", con la quale viene indicata generalmente la capacità rigenerativa della Terra calcolata sulla base di cinque principali tipologie di uso del suolo: terreni edificati, terreni coltivati, pascoli, zone di pesca (acque marine e interne) e prodotti forestali. A questi si aggiunge la percentuale di suolo deputata al sequestro a lungo termine del carbonio, per il quale le foreste vengono indicate come principali ecosistemi disponibili, e che include anche le emissioni di CO_2 relative agli incendi boschivi, al cambio di uso del suolo o alla legna raccolta.

Il parametro della biocapacità viene assunto come termine di paragone per comprendere l'impronta ecologica antropica e comparare la domanda umana di risorse alla quantità di area biologicamente produttiva necessaria a soddisfarle.

Secondo alcuni dati[6], nel 2012, per fornire le risorse

6. Cfr. **WWF 2016,** *Living Planet Report 2016: Risk and resilience in a new era*, Gland (Svizzera)

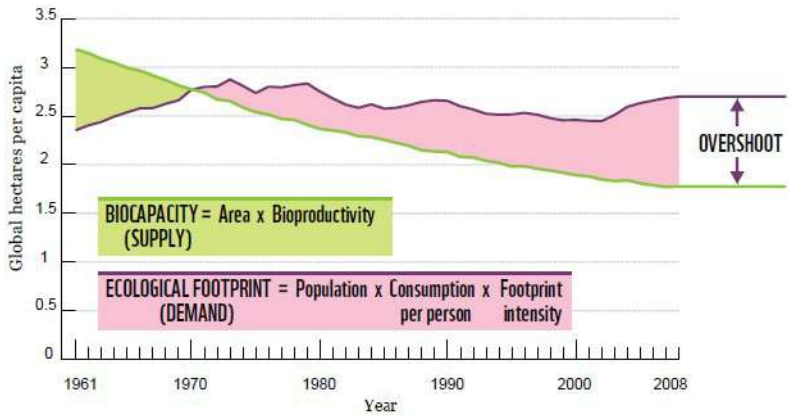
naturali ed i servizi all'uomo nel corso dell'anno, è stata necessaria una biocapacità pari a 1.6 Terre. Questo fenomeno viene definito "*overshoot*" ed indica il superamento dei limiti ecologici a causa dalla pressione antropica sull'ambiente.

Ancora non è stata fornita una risposta adeguata da parte della società a questo problema e secondo i dati rilevati negli ultimi quattro decenni, i pochi casi di riduzione dell'indice di impronta ecologica globale non corrispondono a politiche volte a mitigare l'impatto antropico sui cicli ecologici, piuttosto sono una reazione alle crisi economiche, come quella nel 1973 riguardante il mercato petrolifero, la recessione economica degli USA e di alcuni paesi dell'OCSE tra il 1980 ed il 1982, o la recessione economica globale iniziata nel 2008-2009[7].

È possibile fare una previsione per dimensionare l'impronta ecologica che in futuro l'uomo potrà avere sugli ecosistemi naturali, in base al sempre più crescente fabbisogno e tenendo in considerazione del continuo superamento dei confini planetari, a causa dell'aumento della popolazione, dell'utilizzo del suolo e

7. Cfr. *Ibidem*, pag. 75.

▼ Trend dell'impatto ecologico e della biocapacità per persona stimato tra il 1961 ed il 2008. Il declino della biocapacità pro capite è dovuto all'aumento della popolazione ed alla mancata compensazione tra la domanda e la produttività della Terra.
Fonte: WWF 2012, *Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices*, Gland (Svizzera), pag. 40.



dell'energia, dei cambiamenti climatici e del regime alimentare non proprio sostenibile.

Il trend corrispondente è anche in questo caso preoccupante: lo scenario che infatti si delinea, in rapporto all'impronta antropica ed alla biocapacità terrestre, mostra che entro il 2050 l'umanità necessiterà dell'equivalente di 2,9 pianeti per sostenere la domanda di risorse.

Tutte queste previsioni, anche per via dell'interscalarità operativa e del comportamento co-evolutivo dei confini planetari, rendono quindi necessario fronteggiare tutti i problemi in maniera integrata, in quanto cercare di risolvere il problema climatico riducendo la CO2 nell'atmosfera senza prendere in considerazione l'integrità biosferica, messa a rischio dal superamento di altri sottosistemi, non rappresenta una modalità sistemica per sviluppare un approccio sostenibile.

Molti designer si stanno attualmente interrogando su questo aspetto, anche sviluppando un tipo di ricerca che può essere definita come "design speculativo" o "*design for debate*", che più che puntare alla natura funzionale dei progetti elaborati, vuole suggerire delle chiavi interpretative per analizzare in maniera critica alcuni fenomeni, mostrando come il design stesso possa fungere da catalizzatore di cambiamenti sociali e comportamentali.

Alcuni risultati sono stati raccolti ad esempio nel corso della Triennale di Architettura di Milano, inauguratasi lo scorso 1 marzo 2019 ed intitolata *Broken Nature: Design Takes on Human Survival*[8]. La curatrice Paola Antonelli, che chi scriveha avuto modo di intervistare telefonicamente[9], è Senior Curator del dipartimento di architettura e design del MoMA ed era già stata promotrice di un'altra importante mostra nel 2008 proprio a New York, dal titolo *Design And The Elastic Mind*, che riuniva una serie di progetti accumunati dal medesimo intento di promuovere la capacità di adattamento creativo

8. Cfr. *https://www.triennale.org/eventi/broken-nature/* [ultimo accesso 03.04.2019]

9. Cfr, intervista allegata alla presente dissertazione

all'ambiente, facendo appello ad un'elasticità mentale (da cui il titolo della mostra stessa) nel fronteggiare la rapidità con cui avvengono certi cambiamenti nel campo della tecnologia, della scienza o della società.

In *Broken Nature*, tuttavia, ci si focalizza soprattutto sul tema dei cambiamenti climatici e l'evento si presenta come un'indagine approfondita sui legami tra uomo ed ambiente naturale, fornendo alcuni output interessanti che dimostrano come il design e l'architettura possono essere reinterpretati per intessere rapporti costruttivi tra gli ecosistemi sociali e quelli naturali.

Uno dei temi sui quali si interroga l'intera mostra è sul futuro della nostra specie e sulla possibilità di "migliorare la natura" creandone di nuove, che aiutino alla preservazione della biodiversità: è questo infatti uno dei principali temi della ricerca presentata da Alexandra Daisy Ginsberg in Triennale.

Il suo più significativo progetto si intitola infatti *Designing for the Sixth Extinction* ed è un chiaro rimando a quella che viene definita come la "sesta estinzione di massa", ossia

> *Una transizione biotica, altrimenti conosciuta come estinzione di massa […], un periodo geologicamente breve durante il quale vi è un massiccio sovvertimento dell'ecosistema terrestre, con scomparsa di un grande numero di specie viventi e sopravvivenza di altre che divengono dominanti*[10].

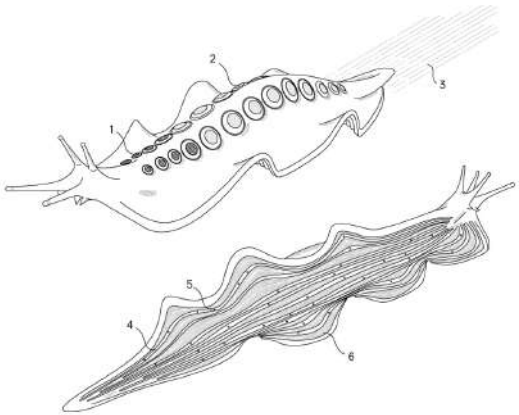
Come abbiamo già visto in precedenza, l'impronta ecologica dell'uomo sta minacciando seriamente la biodiversità e questa sesta estinzione, a differenza delle altre che si sono succedute in epoca preistorica a causa dell'impatto di corpi extraterrestri o dei cambiamenti climatici di surriscaldamento o glaciazione, non sarebbe conseguenza di processi naturali, piuttosto sarebbe dovuta ad un'accelerazione del degrado ecologico per cause antropiche.

Incorporando ed investigando la potenzialità della biologia sintetica, la Ginsberg immagina specie future a supporto degli

10. Fonte: *https://it.wikipedia.org/wiki/Estinzione_di_massa* [ultimo accesso 06.04.2019]

ecosistemi, che compensino la perdita di biodiversità e siano modellate come esemplari di funghi, batteri, invertebrati o mammiferi. Il nuovo ambiente immaginato dalla designer è abitato da "macchine ecologiche viventi" progettate con un DNA potenziato in grado di renderle protettive nei confronti delle altre specie, operando in ecosistemi chiusi ed essendo in grado di resistere anche ai predatori, che non hanno ancora raggiunto un'evoluzione tale da potersene cibare e da poterle digerire.

Progetta così una Unità Mobile di Biorimediazione che consiste in una popolazione di dispositivi biologicamente alimentati che agiscono al livello del suolo, rilevandone il pH per contrastarne l'acidità causata dai livelli di inquinamento atmosferico. Questa specie è stata progettata per disperdere attraverso la superficie inferiore un fluido alcalino igroscopico, mentre dei sensori presenti sulla superficie superiore cambiano colore dal giallo al rosso per indicare le zone a pH acido. Un interruttore genetico limita infine il dispositivo a ventotto giorni di vita funzionale.

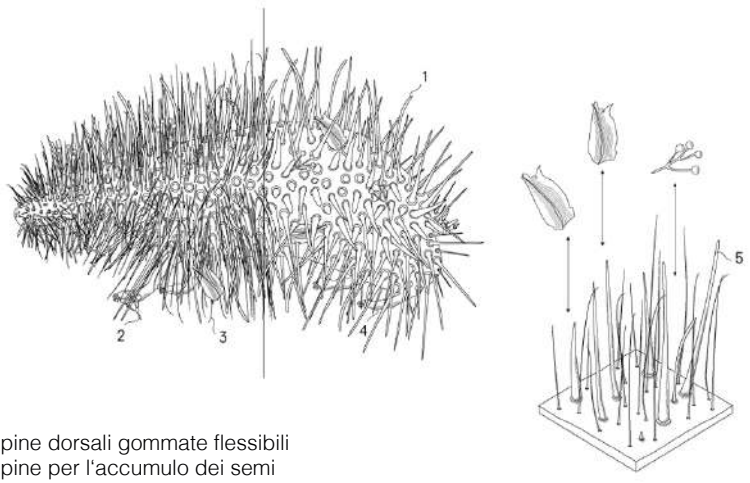


1. Display node (rosso – acido)
2. Display node (giallo – alcalino)
3. Fluido alcalino igroscopico
4. Rilievi per smuovere il terreno
5. Sensori di pH
6. Emettitori di fluido

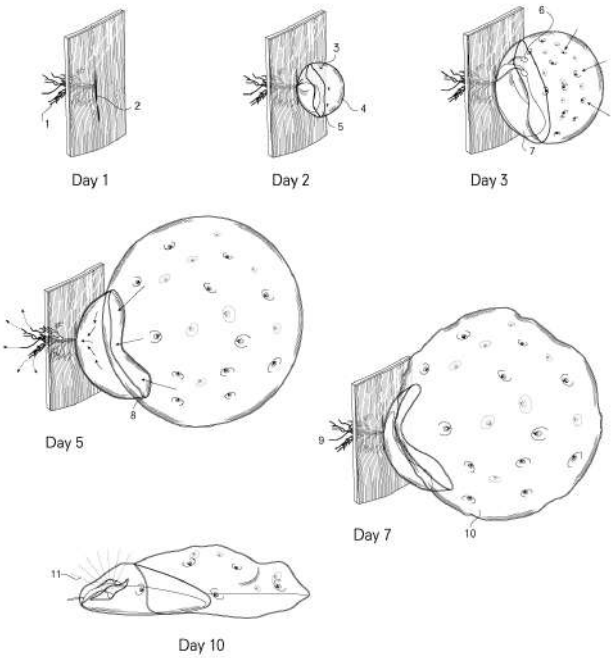
▲ Alexandra Daisy Ginsberg, *Unità Mobile di Biorimediazione*, 2013
Fonte: https://daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction [ultimo accesso 03.04.2019]

I Dispersori Autonomi di Semi sono invece delle specie che fungono da collettori e dispersori dei semi provenienti dalle specie vegetali locali. La distribuzione della peluria epidermica viene inframmezzata da spine flessibili che consentono il massimo accumulo di semi e la conseguente facilitazione nel rilascio degli stessi mentre avviene il movimento sul suolo. Il dispositivo sfrutta l'energia ricavata dall'elaborazione dei rifiuti ed è programmato per avere una durata della vita limitata a 600 giorni.

▼ Alexandra Daisy Ginsberg, *Dispersori Autonomi di Semi*, 2013
Fonte: https://daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction [ultimo accesso 03.04.2019]



1. Spine dorsali gommate flessibili
2. Spine per l'accumulo dei semi
3. Peli che intrappolano i semi
4. Meccanismo di calpestamento dei semi
5. Meccanismo di rilascio dei semi attraverso la distensione delle spine



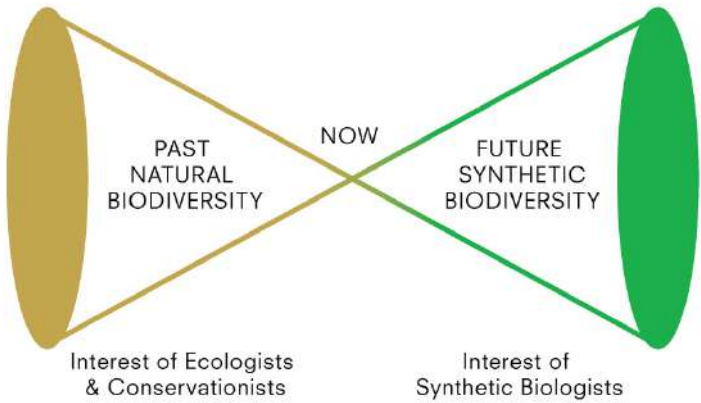
1. Rete per il rilevamento dell'agente patogeno
2. Spora sulla quercia infetta
3. Valvole per bloccare l'aria
4. Rigonfiamento
5. Membrana
6. Produttori di spore
7. Serbatoio di siero antipatogeno
8. Raggiungimento della pressione differenziale
9. Iniezione del siero
10. Sgonfiamento prima del disaccoppiamento
11. Rilascio della spora

▲ Alexandra Daisy Ginsberg, *Membrane Autogonfiabili Antipatogene*, 2013
Fonte: https://daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction [ultimo accesso 03.04.2019]

Proseguendo, incontriamo le Membrane Autogonfiabili Antipatogene, che sono state progettate per contrastare l'infezione che provoca la morte improvvisa delle querce. Le spore vengono distribuite in modo che stabilisca un network filamentoso con la corteccia delle querce. Nel momento in cui il sensore biochimico si attiva, il network dormiente reagisce per rilevare l'infezione e iniziare a gonfiare il diaframma che costituisce la membrana che, con un meccanismo di pompaggio, permette all'aria di entrare ma allo stesso tempo distribuisce un siero antipatogeno nella zona infetta, sgonfiandosi e disaccopiandosi nell'albero nel momento in cui l'infezione viene debellata.

Un vantaggio di questo modo di operare è che la salvaguardia biologica viene demandata a queste nuove specie, sostanzialmente dispensando l'uomo da un eccessivo controllo ed innescando il passaggio ad una nuova biodiversità sintetica.

Seguendo un atteggiamento di tipo proattivo, la Ginsberg non si fa, infatti, promotrice di un approccio conservazionista, che è anche la morale dominante il pensiero ecologista attuale, piuttosto, prendendo atto del rischio biologico del nostro pianeta, utilizza il design come strumento critico per ipotizzare scenari in cui l'azione umana nell'Antropocene abbia effetti positivi, come ben sintetizza il diagramma presentato anche durante il Simposio di anticipazione e presentazione della Triennale *Broken Nature*, avvenuto lo scorso 19 giugno 2018.



▲ Alexandra Daisy Ginsberg, Schema che indica le convergenze e le divergenze degli interessi verso la biodiversità da parte del pensiero ecologista conservatore e di quello della biologia sintetica, 2013
Fonte: https://daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction [ultimo accesso 03.04.2019]

Vivere consapevolmente in un'epoca in cui le nostre azioni sono comprese per le loro conseguenze planetarie, può costituire quindi un punto-chiave a partire dal quale adattare il proprio operato in maniera costruttiva.

Tutte le ideologie dominanti che hanno preceduto la definizione dell'Antropocene sono infatti da ritenersi obsolete e un approccio positivo nei confronti della biosfera è necessario per favorire la resilienza del sistema Terra.

Questo momento storico può essere terreno fertile per diffondere un'idea anti-apocalittica[11] e progettuale.

È chiaro che l'emergenza ecologica sia un dato di fatto, ma spesso le previsioni di collasso globale hanno un effetto scoraggiante, stimolano reazioni contraddittorie nella popolazione ed anche la retorica ambientalista che ci definisce come intrinsecamente disturbatori e devastatori degli ecosistemi non è d'aiuto. Le conseguenze delle nostre azioni sulla Terra sono accadute molto più rapidamente rispetto alla nostra capacità di comprenderne le ragioni e di assumercene le responsabilità, ma abbracciare l'era dell'Antropocene e la filosofia che è alla base di questa nuova prospettiva, oramai non più unicamente relegata al campo geologico, può essere da input per trasformare la crisi in valore e fare appello alla forza creatrice dell'azione umana, per immaginare un futuro a lungo termine positivo.

Il designer olandese Daan Roosegaarde in un'intervista[12] recente ha, per esempio, affermato di sentire sua la missione di far diventare l'umanità "a prova di futuro":

> *"Siamo noi ad aver creato questa situazione, ma adesso dobbiamo progettare il nostro modo per uscirne."*

La filosofia di Roosegaarde è infatti di non fermarsi alla rassegnazione per aver creato delle città che danneggiano noi e gli ecosistemi, ma rispondere sviluppando nuove soluzioni dove il design possa servire da riscatto.

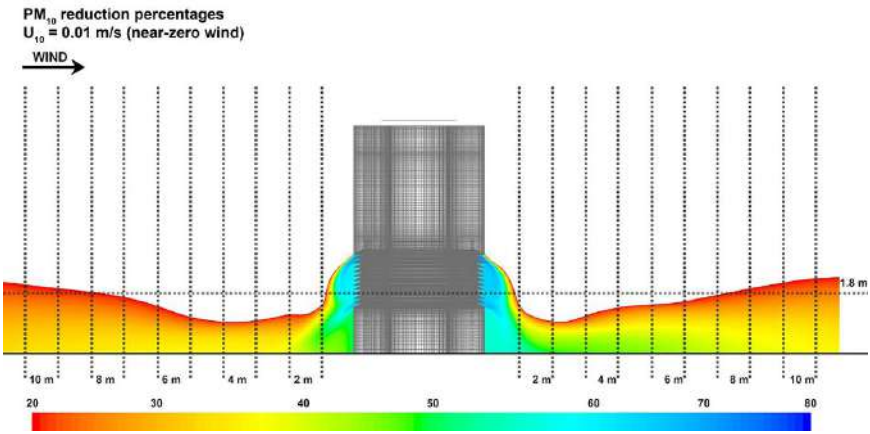
È da questo pensiero che trae ispirazione, ad esempio, uno dei suoi progetti recenti, lo *Smog Free Project*, che si sviluppa anche attraverso una serie di workshop che lo Studio Roosegaarde lancia in collaborazione con le istituzioni universitarie locali e che diventa una vera e propria campagna attraverso la quale ridurre l'inquinamento dell'aria.

11. Cfr. Schwägerl, Christian 2014, *The Anthropocene: The Human Era and How It Shapes Our Planet*, Londra: Synergetic Press, pag. 72-73.

12. Cfr. l'articolo pubblicato il 19.01.2019 da Eamon Barrett "*A Man on a Mission to Make Humanity 'Future Proof'*", disponibile all'indirizzo *http://fortune.com/2019/01/19/da-an-roosegaarde-design/* [ultimo accesso 11.02.2019]

Uno dei primi output è il dispositivo urbano della *Smog Free Tower*, in grado di assolvere localmente alla sottrazione di CO_2 negli spazi pubblici dove è collocata. Alta 7 metri, utilizza una tecnologia di ionizzazione positiva brevettata per produrre aria pulita; è dotata inoltre di una tecnologia rispettosa dell'ambiente, che pulisce 30.000 m^3 di aria all'ora e utilizza una piccola quantità (1170 watt) di elettricità sostenibile.

▲ Daan Roosegaarde, *Smog Free Tower*, 2015
Fonte: https://www.studioroosegaarde.net/project/smog-free-tower [ultimo accesso 03.04.2019]



▲ Grafico di riduzione della concentrazione di PM10 in condizioni vicine all'assenza di vento e fino ad una distanza di 10m dalla torre. Stima fatta sulla *Smog Free Tower* installata in Cina e compilato dall'Eindhoven University of Technology nel 2017.

Ma la cosa interessante di questo progetto è che, per rendere la partecipazione della popolazione più attiva, dalla compressione della polvere dello smog, ricca di carbonio, vengono ricavati dei gioielli come l'anello *Smog Free*, il cui acquisto comporta la donazione di 1000 m^3 di aria pulita alla città (equivalente al contenuto di smog inserito nel gioiello). Dopo un test bed avvenuto a Rotterdam nel 2015, l'anno successivo il progetto è stato con successo esportato in Cina ed è approdato anche in Polonia.

▲ Daan Roosegaarde, *Smog Free Ring*, 2017
Fonte: https://www.studioroosegaarde.net/project/smog-free-ring [ultimo accesso 03.04.2019]

Nel 2017 è stata invece presentata una nuova aggiunta: la *Smog Free Bicycle* è una bicicletta innovativa il cui concept è stato sviluppato dopo il workshop organizzato al Museo M Woods di Pechino, insieme all'artista Matt Hope ed al professore Yang della Tsinghua University.

Questa bici, nel momento in cui viene utilizzata, attraverso un dispositivo plug-in posto sul volante, aspira aria inquinata, la ripulisce e la rilascia attorno al ciclista.

▲ Daan Roosegaarde, *Smog Free Bicycle*, 2017
Fonte: https://www.studioroosegaarde.net/project/smog-free-bicycle [ultimo accesso 03.04.2019]

Lo *Smog Free Project* diventa, così, non solo in una soluzione locale per la purificazione dell'aria, ma una vera e propria esperienza sensoriale di un futuro pulito, che vuole promuovere nuove armoniose interazioni tra l'uomo (e le sue creazioni) e la natura.

L'architettura può infatti svolgere un ruolo cruciale all'interno di questo nuovo paradigma: al livello globale, il mercato edilizio è responsabile circa del 40% del consumo finale di energia e, agendo in maniera diretta sullo sfruttamento delle materie prime e sulla produzione di rifiuti solidi nelle città, costituisce uno dei più grandi

settori responsabili per il 40% del totale delle emissioni di CO_2 [13].

La richiesta di energia da parte degli edifici per la sopravvivenza e per la costruzione degli stessi è in continua crescita (circa il 3% annuo) ed agisce in maniera significativa sull'impronta ecologica globale e sulla perdita della diversità biologica, anche se le ripercussioni afferenti questo settore sembrano apparentemente meno immediate.

Al di là del design speculativo, l'ecologia urbana si afferma comunque come un obiettivo importante per determinare relazioni positive tra gli organismi viventi e la parte abiotica delle nostre città.

Sostituire gli attuali sistemi non ecologicamente rispettosi delle risorse naturali e non adeguatamente integrati negli ecosistemi risulta cruciale nel processo progettuale.

Una delle domande che dobbiamo porci da progettisti è infatti: può l'architettura diventare uno strumento per supportare attivamente la biodiversità? Possiamo, insomma, pensare alle nostre future città in termini di habitat multi-specie, dove le diverse componenti abiotiche e biologiche interagiscono in maniera mutualistica e non parassitaria?

13. Le stime risalgono al 2017; per dati più approfonditi cfr. International Energy Agency and the United Nations Environment Programme 2018, *Global Status Report: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*, disponibile su *www.iea.org* [ultimo accesso 07.04.2019]

1.3

TECNOSFERA + BIOSFERA = NATURA+

Verso un nuovo bilanciamento

Abbiamo fin qui parlato di come le azioni antropiche siano strettamente interconnesse ai cambiamenti che il nostro pianeta ha subìto nella storia più recente: tutti gli organismi, del resto, interagiscono dinamicamente con le componenti biotiche ed abiotiche del loro ambiente, costruendo un circuito, un *bio-network*, che da sempre stato è oggetto di studi da parte di scienziati e biologi, che hanno cercato di comprendere i meccanismi alla base del funzionamento degli ecosistemi che compongono la biosfera.

Ma facciamo un piccolo passo indietro: si è visto in precedenza quanto il concetto di noosfera di Vernadsky fosse stato in qualche modo anticipatore del paradigma dell'Antropocene coniato da Crutzen e Stoermer.

Risulta pari modo interessante approfondire come lo scienziato russo definì anche la biosfera, termine originariamente coniato dal geologo austriaco Eduard Suess nel 1875 e successivamente formalizzato nei quattro volumi di "*Das Antlitz der Erde*" ("*La faccia della Terra*"): per Suess la biosfera indicava quella regione di interazione tra la litosfera e l'atmosfera, in grado di assicurare le condizioni favorevoli alla vita degli organismi viventi. Vernadsky, invece, ampliò questa definizione basandosi sui suoi studi di bio-geo-chimica, riflettendo sul fatto che il vivente giochi un ruolo importante, se non principale, nel determinare la composizione dell'ambiente naturale. In quanto "disturbatore" dell'inerzia chimica della superficie terrestre e "trasformatore" coinvolto nei diversi processi chimici

della crosta, il vivente con la sua interferenza contribuisce infatti alla conservazione di un sostanziale equilibrio[1].

La biosfera veniva così definita in maniera sistemica come involucro comprensivo non solo della parte biotica e quindi degli esseri viventi, ma anche della parte geologica e chimica della Terra, quella cioè che include atmosfera, idrosfera e litosfera. In questo modo, il nostro pianeta per la prima volta non era concepito come risultato della somma di diversi layer separati, piuttosto come unità scaturita dall'interrelazione delle diverse sfere che lo definiscono ed in cui la vita agisce come forza modellatrice, instaurando processi metabolici con l'ambiente.

Queste pioneristiche osservazioni, purtroppo per ragioni linguistiche rimaste non adeguatamente approfondite, se non solo di recente, hanno trovato dei riscontri in alcune teorie olistiche sviluppate molto dopo, come nel caso dell'ipotesi Gaia dello scienziato inglese James Lovelock, che nel 1979 propone un modello della Terra in cui tutti gli organismi e le componenti inorganiche sono strettamente integrati per formare un unico sistema complesso, in equilibrio omeostatico dinamico ed in grado di autoregolarsi.

Ulteriori echi dell'intuizione sistemica di Vernadsky sul funzionamento degli ecosistemi si trovano anche nel campo della biologia: sono noti, ad esempio, gli studi del biologo prussiano Jakob von Uexküll, che nel 1933 teorizzava come gli esseri viventi costruiscano i propri ambienti ed il proprio spazio soggettivo della "*Umwelt*", definita come prodotto di un circuito chiuso che parte dall'azione del sistema vivente sulla propria nicchia e ad esso ritorna con un meccanismo di *feedback* o retroazione, che permette all'organismo di adattarsi al suo ambiente[2].

Questa teoria fu successivamente ampliata e raffinata dagli studi dei biologi cileni Maturana e Varela[3], che proposero invece

1. Cfr. Vernadsky, Vladimir I. 1998 (1926), *The Biosphere*, Springer

2. Cfr. von Uexküll, Jakob 2013 (1933), *Ambienti animali e ambienti umani. Una passeggiata in mondi sconosciuti e invisibili,* Lavis (TN): Quodlibet

3. Cfr. Maturana, Humberto R.; Varela, Francisco J. 2001 (1980), *Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente,* Padova: Marsilio

il concetto di "autopoiesi": mentre la *Umwelt* di von Uexküll non prende in considerazione le modifiche causate dagli organismi stessi sull'ambiente circostante, escludendo processi metabolici e riducendo il vivente ad un prodotto di reazioni a stimoli esterni, l'autopoiesi vede il rapporto tra ambiente ed organismo in un processo dinamico di mutuo adattamento.

Il loop generato dal meccanismo di azione e *feedback* è infatti da intendersi come dinamico e reciproco, dal momento che gli organismi viventi sono strutturalmente accoppiati con il proprio ambiente in un'unità topologica e, con la loro complessità sempre crescente, sono in grado di adattarsi ma anche di adattare la propria nicchia a loro stessi. In questo caso si viene a creare una "nicchia ecologica", proprio per la natura circolare e bilaterale dell'interazione, e Varela e Maturana sintetizzano i prodotti di questa relazione in termini di operazioni di co-evoluzione e co-costruzione tra sistemi basati su una relazione simmetrica di reciproche perturbazioni esogene e compensazioni endogene.

Tuttavia, oltre ad una comprensione bio-fenomenologica, gli scienziati si sono spinti oltre, cercando di riprodurre nel concreto i meccanismi di funzionamento della biosfera.

Tra i primi esperimenti atti a comprendere come batteri, piante ed animali contribuiscano al sostentamento della vita furono quelli condotti dall'inglese Joseph Priestley.

Lo scienziato dapprima cercò di riprodurre un sistema chiuso inserendo in una campana di vetro una candela accesa ed osservando che questa, dopo un certo lasso di tempo in cui l'ossigeno veniva consumato, si spegneva.
Successivamente, mise in isolamento all'interno della campana un topo, che lasciato nell'ambiente sigillato morì dopo poco. Una prima osservazione fatta al termine dei due esperimenti fu che sia il topo (una componente biotica) che la candela (una componente abiotica) modificavano l'aria allo stesso modo per effetto l'uno della respirazione e l'altra della combustione.

L'esperimento venne ripetuto inserendo, questa volta insieme, sia la candela che il topo, con il risultato che la prima si spense come

in precedenza, ma più rapidamente, e la mancanza di ossigeno (consumato dalla combustione) provocò la morte del topo per asfissia in tempi più ristretti rispetto al primo caso.

In un ulteriore esperimento, Priestley decise di inserire un altro "attore", una piantina di menta, ed osservò un fenomeno che si rivelò cruciale per le sue successive intuizioni: l'introduzione di un elemento vegetale all'interno del sistema chiuso della campana di vetro era in grado di rigenerare l'aria consumata dalla fiamma della candela, facendo in modo che la candela non si spegnesse e che il topo fosse in grado di sopravvivere e respirare anche dopo qualche giorno.

In un articolo pubblicato per il Philosophical Transactions of the Royal Society intitolato "*Observations on Different Kinds of Air*", lo scienziato descrisse l'excursus dei suoi esperimenti e affermò:

> *"Questa osservazione mi fece arrivare a conclusione, che le piante, anziché incidere sull'aria nella stessa maniera con cui lo fa il respiro degli animali, invertono gli effetti della respirazione, e tendono a mantenere l'atmosfera gradevole e sana, nel momento in cui questa diventa nociva a causa dell'atto degli animali di vivere e respirare"*[4].

Veniva così dimostrata la natura relazionale del sistema costruito da Priestley (e in generale di tutti gli ecosistemi), anche se solo nel 1776 lo scienziato riuscì a isolare l'ossigeno, inizialmente definito come generica "porzione vitale" costantemente rifornita dalla flora, mentre solo nel 1778 realizzò che il processo era possibile solo nel momento in cui la pianta era esposta alla luce solare, perché la semplice somministrazione di calore al buio non stimolava il meccanismo di "purificazione dell'aria".

Molto dopo, questo fenomeno venne riconosciuto dagli studiosi come il processo biochimico della fotosintesi, che tuttavia

4. Priestley, Joseph 1772, *"Observations on Different Kinds of Air"* in *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol.62, pag. 19. doi: 10.1098/rstl.1772.0021

differisce dal fenomeno osservato da Priestley per il fatto che le piante non introducono semplicemente ossigeno, piuttosto innescano un processo metabolico in cui, alla luce del sole, trasformano i composti inorganici (anidride carbonica e acqua) in composti organici di nutrimento, liberando l'ossigeno solo come prodotto di scarto finale.

Priestley nel 1772 diede quindi il via, in maniera più o meno consapevole, alla disciplina della "*earth modeling*", ossia la pratica di simulazione e studio degli aspetti del sistema Terra (fisici, chimici e biologici) che lo rendono abitabile[5], ed i suoi esperimenti furono di ispirazione per studi sull'ecologia in cui, in maniera gradualmente più sofisticata, sono stati riprodotti ecosistemi chiusi artificiali.

Il russo Yevgeny Shepelev, ad esempio, nel 1962 fu il primo essere umano ad abitare in un sistema chiuso, sostituendo in una certa misura il topo degli esperimenti di Priestley. All'interno di un container metallico costruito presso l'Istituto di Biomedicina di Mosca, lo scienziato condivise lo spazio con quarantacinque litri di alga chlorella, che gli fornì l'ossigeno necessario a farlo sopravvivere per ventiquattro ore, nonostante l'odore maleodorante scaturito non contribuì a rendere l'esperienza olfattivamente gradevole.

Pochi anni dopo, tra il 1961 ed il 1965, nella città di Krasnoyarsk in Siberia, furono replicati esperimenti simili, basati su sistemi ecologici di supporto vitale che utilizzavano la metodologia della coltura continua di microrganismi unicellulari principalmente foto e chemioautotrofi[6]. Al fine di mantenere costante la riproduzione e crescita delle cellule, un sistema di sensori raccoglieva i dati sullo stato delle cellule ed i parametri del medio di crescita, che venivano successivamente inviati ad un'unità di controllo che attuava delle decisioni sulla base dei dati ricevuti ed a cui veniva affiancata

5. Cfr. Schwägerl, Christian 2014*, The Anthropocene: The Human Era and How It Shapes Our Planet,* Londra: Synergetic Press, pag. 16.

6. Ai microrganismi chemioautotrofi o chemiolitotrofi appartengono batteri che utilizzano l'ossidazione di composti inorganici come fonte di energia e la CO2 come fonte di carbonio. Fonte: *http://www.biodeterioramento.it/bio_site2/public_site/Chemioautotofri.asp* [ultimo accesso 09.01.2019]

un'unità esecutiva, incaricata di mantenere i parametri del medio a livelli specifici e di compensare eventuali perturbazioni causate dalla crescita[7].

Gli scienziati anche in questo caso scelsero di utilizzare l'alga chlorella, inserendola in un reattore in grado di contenere 17 litri di coltura disposti in un'area di di 8 m2 superficie esposta alla luce: la microalga era in grado di assicurare una produzione di ossigeno tale da sostenere un essere umano di 70 kg, rappresentando di fatto la base costruttiva del sistema chiuso Bios-1, in cui il soggetto dell'esperimento riuscì a sopravvivere all'interno di questo ecosistema per alcuni giorni.

A questo fece seguito Bios-2, in cui l'impianto veniva implementato con un ciclo di acqua che stabiliva un loop con la coltura di alghe, le quali, nonostante l'apporto di proteine dato dalla produzione della biomassa, risultavano tuttavia insufficienti per il sostentamento alimentare dei partecipanti all'esperimento. Venne quindi introdotto all'interno del sistema una superficie di 30 m^2 esposta alla luce artificiale, su cui venne disposta una coltivazione di vegetali e cereali.

Questa implementazione fu alla base della successiva ed ultima fase di sperimentazione, quella di Bios-3, la cui costruzione iniziò del 1965 per essere completata nel 1972. L'ambiente era suddiviso in tre compartimenti: la "*crew area*" con tre stanze da letto, una cucina, un bagno, una stanza di controllo ed un'area per la lavorazione della biomassa algale e del grano e per la misura e purificazione dell'acqua e dell'aria; un'area per la coltivazione delle alghe, in grado di consentire la sopravvivenza per i tre membri dell'equipaggio; infine un ultimo compartimento con una serra per la coltivazione di grano, orzo e vegetali. L'esperimento durò 180 giorni: l'equipaggio era in grado di comunicare all'esterno tramite telefono e le loro variazioni fisiologiche venivano rilevate da sensori attaccati ai loro corpi[8].

7. Cfr. Gitelsona, Iosef I.; Lisovskya, Genry M. 2008, *"Creation of Closed Ecological Life Support Systems: Results, Critical Problems and Potentials"* in *Journal of Siberian Federal University. Biology 1,* pag. 20.

8. *Ibidem*, pagg. 24, 25.

▲ Bios-3: vista del compartimento con la serra - Fonte: Vera Salnitskaya, "*Inside a Russian experiment to make life possible on the Moon or Mars*" articolo apparso sul *The Siberian Times, disponibile su*: *https://siberiantimes.com/science/casestudy/features/f227-inside-an-intriguing-russian-experiment-to-make-life-possible-on-the-moon-or-mars/* [ultimo accesso 11.01.2019]

▲ Bios-3: due ricercatrici effettuano analisi su un bionauta - Foto di Nikolay Bugreyev Fonte: *https://siberiantimes.com/science/casestudy/features/f227-inside-an-intriguing-russian-experiment-to-make-life-possible-on-the-moon-or-mars/* [ultimo accesso 11.01.2019]

L'importanza di Bios-3 fu quella di estendere i limiti temporali di auto-sostentamento di un ecosistema chiuso, dove la presenza umana veniva accoppiata al processo della fotosintesi per garantire la sopravvivenza: dai pochi giorni dei primi esperimenti, si arrivò infatti ad un periodo di circa un anno, per poi raggiungere i tredici mesi. Successivi controlli sulla salute dei soggetti coinvolti nelle varie fasi di sperimentazione non fecero inoltre emergere scompensi fisiologici di alcun tipo.

Più nota è sicuramente l'esperienza di Biosphere 2, l'ecosistema artificiale progettato in Arizona dal 1987al 1991 da un gruppo di ricercatori con a capo l'ecologista americano John Allen. L'intento era il medesimo degli esperimenti russi, ossia quello di ricostruire e studiare le applicazioni di un sistema autosufficiente come quello degli ecosistemi della biosfera, per una futura colonizzazione spaziale. Il progetto architettonicamente si ispirava alle strutture geodetiche realizzate da Buckminster Fuller e consisteva in un complesso sistema di sette biomi (foresta pluviale, savana, deserto, palude, oceano, agricoltura intensiva e habitat umano) a cui veniva intrecciato un apparato tecnologico tra cui sensori per il monitoraggio dei dati in tempo reale, reattori per la purificazione dell'aria e sistemi per il riciclo dell'acqua e dei rifiuti. Una delle differenze fondamentali con gli esperimenti russi fu l'utilizzo di luce solare, piuttosto che di luce artificiale, grazie anche all'involucro architettonico composto da vetro e acciaio.

Nel 1991 entrò il primo gruppo di abitanti (rinominati per l'occasione "biosferiani") con l'obiettivo di rimanere all'interno dell'ecosistema artificiale per almeno due anni.

Tuttavia, i problemi iniziarono subito a presentarsi: innanzitutto il cambio di alimentazione con una notevole riduzione di calorie causò un'iniziale e costante sensazione di fame tra i partecipanti; inoltre nel primo anno questi ultimi dovettero combattere contro apnea notturna e sintomi di debolezza per via di una significativa riduzione dei livelli ossigeno, che costrinse gli ingegneri a pompare ossigeno all'interno

di Biosphere 2 nel gennaio del 1993[9].

La spiegazione a questo fenomeno venne successivamente rcondotta dagli scienziati all'azione dei batteri presenti nel suolo, che avevano consumato l'ossigeno dell'aria, a cui si era sovrapposta l'azione del cemento presente nelle fondazioni della struttura, che invece aveva innescato un processo di assorbimento dell'anidride carbonica. A ciò si aggiunse la scarsità di cibo (anche a causa della perturbazione meteorologica El Niño che forzò l'uso delle riserve alimentari), la morte progressiva di alcuni animali ed insetti e la contemporanea proliferazione di formiche e scarafaggi.

Un ulteriore elemento che portò poi alla chiusura del progetto fu la crescente irritabilità dei biosferiani, che iniziarono a minare i rapporti interpersonali dopo tutto quel tempo di convivenza, come raccontò in seguito Jane Poynter[10], una dei membri della crew di partecipanti. La missione fu quindi chiusa nel settembre del 1993 e fece seguito un ultimo tentativo nel marzo 1994, interrotto prematuramente a causa di dispute tra Allen ed il team capeggiato

9. Una cronologia completa degli stadi di Biosphere 2 è consultabile direttamente sul sito ufficiale dell'esperimento *http://www.biospherics.org/biosphere2/chronology/* [ultimo accesso 09.01.2019]

10. Poynter, Jane 2007*, "The Human Experiment: Two Years and Twenty Minutes Inside Biosphere 2"* in *BioScience,* vol.57, issue 2, pagg. 193–194, doi: 10.1641/B570215

▼ Bioshere 2: foto del bioma del deserto - Foto di Dave Mosher, *Business Insider*
Fonte: https://www.businessinsider.com/mars-colonization-human-survival-radiation-food-biosphere-2018-4?IR=T/ [ultimo accesso 11.01.2019]

dal suo partner Ed Bass.

Nonostante i diversi problemi riscontrati, l'esperienza di Biosphere 2 ancora oggi rappresenta un progetto chiave, insieme ai suoi predecessori russi.

Nell'epoca dell'Antropocene, tuttavia, possiamo affermare che la Terra stessa sia diventata un enorme esperimento biosferico, in cui l'uomo modella il proprio habitat: ai biomi naturali è necessario, però, affiancare le componenti antropogeniche che formano i cosiddetti "antromi", ossia i biomi antropici o umani, dove i pattern ecologici sono il frutto dell'interazione diretta dell'uomo con gli ecosistemi, attraverso, ad esempio, l'attività dell'agricoltura o dell'urbanizzazione.

Questo rapporto integrato tra biomi ed antromi porta ad una visione in cui i sistemi umani vengono percepiti non come disturbatori esterni a quelli naturali, ma come radicalmente incorporati all'interno di questi ultimi[11]. A questo proposito è interessante lo slittamento proposto da Schwägerl in merito al concetto di "*environment*": dal momento che il paradigma antropocenico svela la dissoluzione dei confini tra uomo e ambiente e quindi tra un "dentro" ed un "fuori", concettualmente è necessario riconoscere il passaggio da un "*environment*", inteso come contenitore esterno a noi, ad un "*invironment*"[12], che indica un rapporto più complesso e sfumato tra contenuto e contenitore.

Alla luce di questi antromi, la biosfera può quindi essere arricchita da un ulteriore "strato" complesso, la "tecnosfera".

Il geologo americano Peter Haff fu il primo a dare una definizione di tecnosfera nel 2014, descrivendola come regione composta da tutte le infrastrutture costruite a scala globale dall'uomo, come infrastrutture per l'estrazione di risorse o la generazione di energia, i trasporti, le comunicazioni, opere antropiche come le città e più in generale tutti i sistemi costruiti, includendo anche le diverse

11. Cfr. C Ellis, Erle; Ramankutty, Navin 2008, *"Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world"* in *Frontiers in Ecology and the Environment,* vol.6, issue 8, pagg. 439-447. doi: 10.1890/070062

12. Cfr. Schwägerl, Christian, *op. cit.,* pag. 110.

componenti tecnologiche a questi integrate[13].

Come la biosfera, anche la tecnosfera viene teorizzata come sistema con una propria dinamicità e "tecnodiversità"; tuttavia c'è un altro aspetto da considerare: oltre all'interconnessione con l'agente antropico, seguendo il principio sistemico, questa interagisce anche con le altre sfere, al punto che possiamo considerare il suo radicale incorporamento alla biosfera, data la profonda penetrazione degli artefatti umani all'interno degli strati geologici terrestri.

Vengono infatti generalmente identificate dagli studiosi[14] diverse "tipologie" di tecnosfera: quella urbana, quella rurale, quella sotterranea, quella marina e quella aerea.

Questa, tuttavia, contrariamente alla straordinaria capacità autoregolante e di riciclo della biosfera, che le consente di preservare un equilibrio dinamico interno, non si dimostra particolarmente flessibile nei confronti di un adeguato riciclaggio della propria tecnodiversità.

I suoi prodotti stanno gradualmente producendo sedimenti permanenti sul nostro pianeta ed in tal senso possiamo affermare che la tecnosfera abbia sviluppato un rapporto di tipo parassitario, piuttosto che simbiotico, con la biosfera. I potenziali "tecnofossili" che ci stiamo lasciando alle spalle in un futuro potrebbero eguagliare o addirittura superare il totale di biodiversità che è esistita al livello globale sulla Terra, biodiversità con la quale tra l'altro la tecnologia ha rapidamente sviluppato similitudini sempre più strette, dati i tentativi di riproduzione artificiale della complessità del vivente, talvolta l'intreccio sistemico con esso o il processo evolutivo innescato anche al livello tecnologico, che porta ad una produzione sempre più complessa e sofisticata delle "specie" che popolano la tecnodiversità.

Zalasiewicz in un articolo pubblicato con altri colleghi geologi ha cercato di quantificare la massa entro cui è possibile teoricamente

13. Cfr. Haff, Peter 2014*, "Humans and technology in the Anthropocene: Six rules"* in *The Anthropocene Review,* vol.1, issue 2, pagg. 126–136; cit. in Donges, Jonathan F et al. 2017, "*The technosphere in Earth System analysis: A coevolutionary perspective*" in *The Anthropocene Review*, vol.4, issue 1, pagg. 23-33. doi: 10.1177/2053019616676608

14. Cfr. Zalasiewicz, Jan *et al.* 2017*, "Scale and diversity of the physical technosphere: A geological perspective"* in *The Anthropocene Review,* vol.4, issue 1, pagg. 9-22. doi: 10.1177/2053019616677743

condensare la tecnosfera e si è arrivati ad un'indicazione di massima di circa 30 trilioni di tonnellate, equivalenti a più di 50kg/m2 della superficie terrestre[15]: dei numeri davvero allarmanti, se si pensa che secondo Haff la tecnosfera sarebbe un sistema alimentato dagli esseri umani ma non realmente controllato da questi ultimi.

Se a questo punto volessimo quindi procedere, seguendo gli esempi di earth modeling, alla costruzione di un modello rappresentativo della tecnosfera, come dichiarato da Jonathan F. Donges et al.[16], occorrerebbe tenere in considerazione almeno tre aspetti fondamentali:

- La complessità e dinamicità interna alla tecnosfera, anch'essa costituita da proprietà di feedback e di rete ecosistemica
- Il suo accoppiamento interattivo con tutto il sistema Terra, con il quale vengono instaurati processi metabolici di scambio di risorse di energia e di prodotti di scarto
- L'azione antropica che ad un'appropriata scala organizzativa e spaziale genera delle implicazioni significative al livello globale sulla tecnosfera e la biosfera

Possiamo, tuttavia, sganciarci dalla visione pessimista che propone una visione soffocante, oltre che ingombrante della tecnosfera, per spingerci verso un'interpretazione più sistemica del fenomeno e, seguendo un pensiero antropocenico di tipo positivo, possiamo reinnestare il ruolo dell'uomo come partecipatore attivo delle dinamiche della Terra, come forza geologica in grado di modellarla e, pertanto, come forza in grado con la propria azione di implementare la tecnosfera anche di un livello ecologico.

Questa inversione rafforza la visione di co-evoluzione con la quale possiamo intendere il rapporto tra biosfera e tecnosfera e può aprire a numerose questioni su come si possa sviluppare un modello della tecnosfera, anche attraverso l'architettura, che sia adattivo e

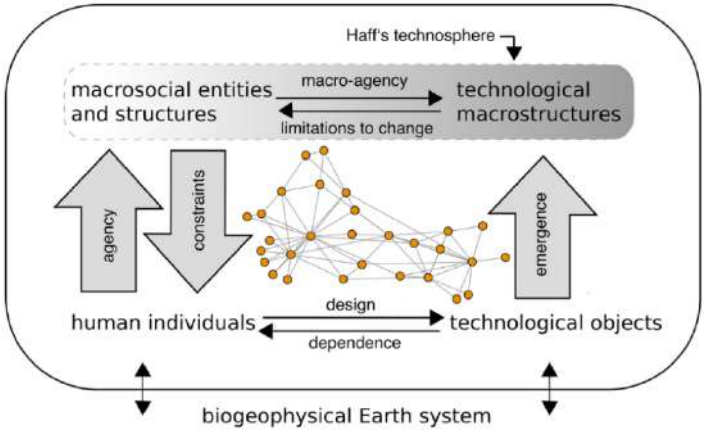
15. *Ibidem*, pag. 19.

16. Donges, Jonathan F et al. 2017, "*The technosphere in Earth System analysis: A coevolutionary perspective*" in *The Anthropocene Review*, vol.4, issue 1, pagg. 23-33. doi: 10.1177/2053019616676608

che sia in grado di intersecare anche il sociale e l'ecologico come componenti di un unico network dinamico e complesso.

In questo modello, diversamente dalla definizione di Haff, vengono inclusi non solo i macro-livelli di azione, ma anche il contributo individuale che, seppur in scala più ridotta, è comunque interconnesso ai livelli "superiori" ed in grado di innescare processi di *feedback* interscalari.

Si definisce così una rappresentazione più dinamica degli strati sociale, tecnologico ed ecologico, definiti come nodi interconnessi ed interdipendenti all'interno di un eco-tecno-sistema.



▲ Schema che illustra la distinzione tra *human acency* (micro-livello) con riferimento all'infuenza esercitata sulle entità e strutture macrosociali (come le istituzioni sociali) e la loro *macro-agency* collettiva, con riferimento alle macrostrutture tecnologiche (come internet, i sistemi globali di energia, la produzione industriale di alimenti). Il modello della tecnosfera viene quindi riconcettualizzato come fenomeno emergente nelle reti del sistema sociale-tecnologico.
Come conseguenza vi è una maggiore comprensione del ruolo della *agency* individuale ad esempio nell'incrementare le interconnessioni tra la società, le sue istituzioni e la loro tecnocomplessità.

Fonte: Donges, Jonathan F et al. 2017, "*The technosphere in Earth System analysis: A coevolutionary perspective*" in *The Anthropocene Review*, vol.4, issue 1, pag. 30

L'interazione tra biosfera e tecnosfera in questa prospettiva potrebbe quindi contribuire allo sviluppo di una forma "aumentata" della Natura, una Natura+.

L'uomo, la natura e la tecnologia si potrebbero fondere in un'unica entità, supportando un'intima correlazione tra biomi, antromi e layer tecnologico, che questa volta viene inteso come di ausilio alla preservazione e ulteriore proliferazione della biodiversità, con la quale instaura un vero rapporto simbiotico.

La bio-tecno-sfera, oggi ed ancor più nel futuro, potrebbe rappresentare la miglior definizione con la quale descrivere il modello del nostro habitat.

▲ Nel 2013 l'oceanografo Charles Moore, la geologa Patricia Corcoran e l'artista Kelly Jazvac hanno viaggiato per le Hawaii per studiare un nuovo tipo di roccia che hanno chiamato "*Plastiglomerate*", composto da un miscuglio di It consists of a mix of molten detriti di plastica e sedimenti. - Foto di Jeff Elstone

Fonte: *http://www.kellyjazvac.com/Stones/Stones.html* [ultimo accesso 11.01.2019]

Note a margine

Nonostante la presente dissertazione assuma come potenzialmente valida l'ipotesi del paradigma dell'Antropocene, è bene precisare che studi recenti si stanno contrapponendo in maniera critica rispetto al successo che questo termine sta progressivamente guadagnando. Jason W. Moore propone, infatti, di adottare il termine Capitalocene[1], con l'obiettivo di sottolineare come la crisi climatica sia causata da forze capitalistiche, piuttosto che dall'essere umano di per sé, mentre altri studiosi propongono il termine Planationocene[2], per enfatizzare il ruolo del colonialismo.

In entrambi i casi, dunque, l'asse si sposta su una questione politica: sebbene nei confronti dell'Antropocene geologico venga riconosciuta una certa utilità come strumento e concetto formale per la comunità scientifica, in quanto l'uomo sta effettivamente lasciando segni al livello stratigrafico sul Pianeta, la critica è nei confronti della pervasività con cui questo termine si sta diffondendo nella cultura *mainstream*. Oltre al progressivo svuotamento del suo significato, viene infatti sottolineato da Moore il pericolo di una strumentalizzazione dell'Antropocene, per negare la disuguaglianza e la violenza multi-specie del capitalismo e suggerire che i problemi creati dal capitale siano in realtà stati generati indistintamente da tutti gli esseri umani.

Il Capitalocene, dunque, ripensa la crisi ecologica in termini geo-storici e biopolitici, piuttosto che solamente geologici, ed è sicuramente un punto che richiederà ulteriore riflessione ed elaborazione critica.

1. Moore, Jason W. (a cura di) 2016, *Anthropocene or Capitalocene?: Nature, History, and the Crisis of Capitalism*, Oakland: Kairos.

2. Haraway, Donna 2015, "*Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin*" in *Environmental Humanities*, vol. 6, pagg. 159-165.

CONVERGENZE TECNO-ECOLOGICHE

Un paradigma evolutivo

2

◀ Nella pagina precedente: *Convergenze tecno-ecologiche*, composizione a cura dell'autrice su ispirazione del titolo del capitolo.

2.1
NATURACULTURA

Arrivati a questo punto, abbiamo innescato un processo che ci ha portati gradualmente a trasformare la concezione ordinaria di molte delle realtà che eravamo convinti di conoscere. La nuova chiave interpretativa data dal paradigma antropocenico ha gettato infatti la possibilità di ridefinizione di molti concetti, a partire dalla collocazione storico-geologica della nostra epoca, dalla composizione antropo-biologica della nostra Terra, fino a mettere persino in discussione deterministiche previsioni apocalittiche che scoraggiano un atteggiamento più consapevole e responsabile nei confronti dei problemi ecologici.

Ma c'è ancora un altro concetto fondamentale che occorre analizzare, per ribaltarlo: quello di Natura.

Si è infatti già compreso come l'interrelazione profonda che intercorre tra la sfera biotica e quella antropica prescinda da qualsiasi differenziazione delle parti e si ponga, in realtà, come field complesso, multistratificato ed in co-evoluzione in cui ad un "*environment*" si può sostituire il concetto di "*invironment*". Abbiamo anche accennato alla definizione di "Natura+", intesa come una nuova prospettiva da cui guardare alla natura come frutto dell'interazione dinamica tra biosfera e tecnosfera, che ci ha portati ad affermare come la bio-tecno-sfera sia il modello rappresentativo più vicino alla realtà attuale del nostro pianeta. È necessario, tuttavia, approfondire meglio quest'ultima prospettiva "aumentata" della Natura, che si è in parte compreso in maniera intuitiva, per essere nelle condizioni di fare un ulteriore salto cognitivo: comprendere, cioè, che la completa dissoluzione dei

confini tra naturale ed artificiale è valida non solo da un punto di vista speculativo-teorico, ma anche al livello concreto.

In un'epoca durante la quale il nostro ruolo trasformatore della biosfera è così significativo, possiamo infatti continuare a parlare di Natura nel senso più classico del termine? Qual è la Natura dell'Antropocene?

Come afferma Schwägerl[1], è sempre stato parte della cultura occidentale rimarcare una netta separazione tra natura e cultura, tra ambiente e civilizzazione, tra ecologia ed economia, come se questa serie di binomi possano essere concepiti solo in termini oppositivi e dialettici. Per tale motivo, quando si parla di natura si è tutt'oggi portati a pensarla come un'entità separata dall'uomo e nei confronti della quale porsi in maniera conservatrice, per sottrarre la natura stessa dalla voracità antropica. Così, le riserve naturali appaiono come luoghi incontaminati, che hanno necessità di confini, di muri, di restrizioni verso l'intrusione umana come unica modalità per proteggerle.

È su questo che del resto si basa il mito della natura incontaminata, della *untouched wilderness* come "prima natura", per molti movimenti ecologici e animisti l'unica natura possibile in quanto portatrice di significato e dove anche l'uomo, proprio perché entrato in connessione con luoghi selvaggi, si riesce a realizzare nella propria umanità.

Solo questa condizione sembrerebbe stimolare un senso di empatica identificazione nei confronti del mondo naturale e, di conseguenza, alimenterebbe una coscienza ecologica verso i bisogni del pianeta. La conseguenza è una negazione della cultura, giudicata come negativa, contraddicendo il senso stesso del termine "ecologia" (che, al contrario, prevede sempre rapporti di interrelazione tra le parti) ed amplificando il divario natura/cultura per portarlo ad una sovrapposizione quasi totale con il binomio bene/male, come se la

1. Schwägerl, Christian 2014*, The Anthropocene: The Human Era and How It Shapes Our Planet,* Londra: Synergetic Press, pagg. 107-108.

natura possa ricoprire un ruolo di autonomia, oltre che di antinomia, rispetto alla cultura[2] e come se ciò fosse realizzabile solo in quanto opposizione di forza benigna ad una maligna-antropica.

Come si intuisce, questo pensiero appare molto distante dalla realtà: il modello proposto, oltre che essere irrealizzabile, sembra descrivere una natura che in realtà è un artefatto e c i fa rendere conto di quanto la definizione di natura non sia un concetto univoco, ma al contrario sia una realtà molto variabile. L'immagine di un paesaggio bilanciato, armonico e quasi statico, oltre che essere un paradosso di termini (come sappiamo, la natura, a prescindere dalla sua condizione di riserva o di paesaggio di scarto, è tutt'altro che statica, piuttosto è sempre continuamente in uno stato di equilibrio dinamico), sembra essere una spinta verso un punto di vista romantico, oramai obsoleto, in cui l'osservatore non può che essere esterno e distaccato rispetto all'oggetto della sua contemplazione.

Il romanticismo dipinge infatti un quadro estetico fittizio in cui solo la distanza stabilita tra uomo e natura può far apparire quest'ultima più "naturale". La prospettiva euristica suggerita dall'Antropocene ci invita, invece, a annullare questa separazione ed a provocare una collisione tra binomi classicamente opposti: Natura può diventare anche prodotto di Cultura, la tecnologia entra a far parte integrante dell'ambiente convergendo nella tecnosfera ed intrecciandosi in un rapporto simbiotico con la biosfera, e anche l'economia che è tipicamente associata al mondo culturale può assumere connotazioni ecologiche, come del resto l'economia circolare dimostra[3].

Tutte queste osservazioni rendono evidente quanto sia necessario demistificare una concezione così mitizzata della Natura, per distaccarci dal concepirla solo nella sua veste primitiva ed abbracciare quanto meno la possibilità che esista anche una

2. Cfr. Russo, Nicola 2000, *Filosofia ed ecologia. Genealogia della scienza ecologica ed etica della crisi ambientale,* Napoli: Guida Editore, pag. 248.

3. Economia circolare è una locuzione che definisce un sistema economico pensato per potersi rigenerare da solo. Secondo la definizione che ne dà la Ellen MacArthur Foundation, in un'economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera. Fonte: *https://it.wikipedia.org/wiki/Economia_circolare*

"seconda natura", frutto della modellazione antropica.

La *untouched wilderness* è infatti un mito e con una certa sicurezza possiamo affermare che nella realtà non esista, e che forse non sia "mai" esistita, dato l'uomo ha da sempre esercitato la sua azione nei confronti della natura, in maniera gradualmente più impattante a partire dalle prime forme di agricoltura, fino all'avvento degli allevamenti.

Anche gli ecosistemi agricoli hanno infatti profondamente modificato il paesaggio. Essendo a sostegno dei fabbisogni alimentari dell'uomo, possono essere assimilabili a una seconda natura in quanto, per mantenere certi standard alimentari, spesso si ricorre a grandi produzioni industriali a coltivazione omogenea, che portano come conseguenza ad una perdita in termini di biodiversità, dato che questi terreni spesso restano biologicamente monotoni. A ciò si deve aggiungere l'impiego sempre più massiccio di risorse energetiche, chimiche e di dispositivi tecnologici sempre più avanzati.

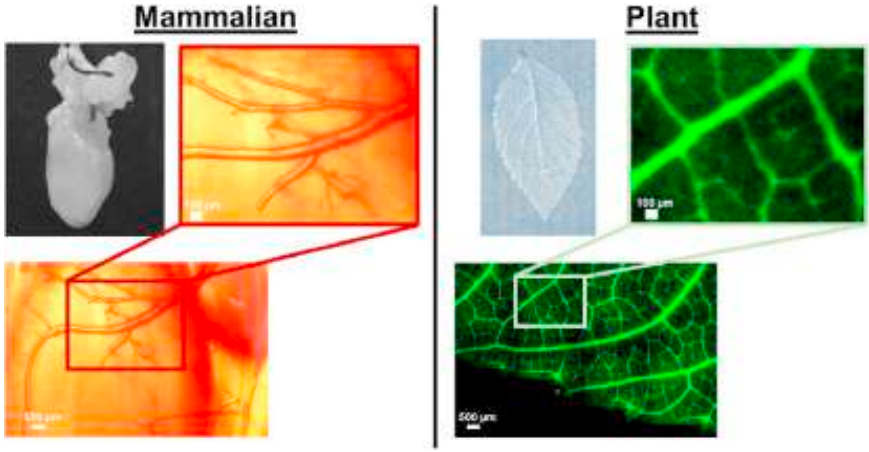
Come si nota, la definizione prima enunciata di "*invironment*" (cfr. 1.3), come "nuova" condizione in cui il rapporto uomo-natura si sviluppa in maniera complessa e co-dipendente guadagna validità anche alla luce dell'intreccio agro-tecnologico.

Questo primo slittamento ci porta ad un'ulteriore provocazione, che avvalora la nostra tesi iniziale: come ci si dovrebbe porre di fronte alla biotecnologia?

La fusione tra i due regni di natura/cultura è infatti diventata sempre più profonda attraverso la biotecnologia: è notizia del 2017 che ricercatori del Worcester Polytechnic Institute (un team di ricerca multidisciplinare composto da biologi vegetali, ingegneri biomedici ed esperti di cellule staminali) hanno pensato di utilizzare come struttura per la ricostruzione del tessuto cardiaco le venature di una foglia di spinacio.

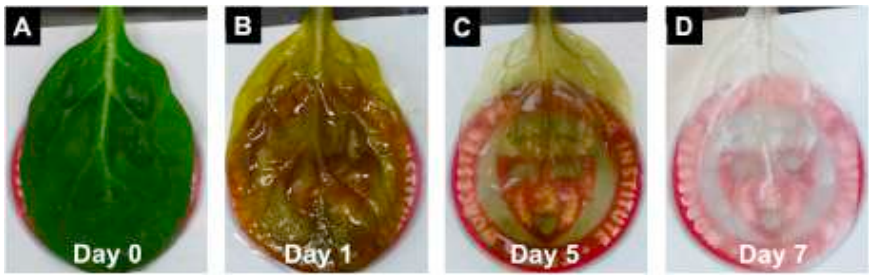
Come si legge nella paper pubblicata da Joshua R. Gershlak et al. [4], piante ed animali, infatti, hanno delle differenze sostanziali

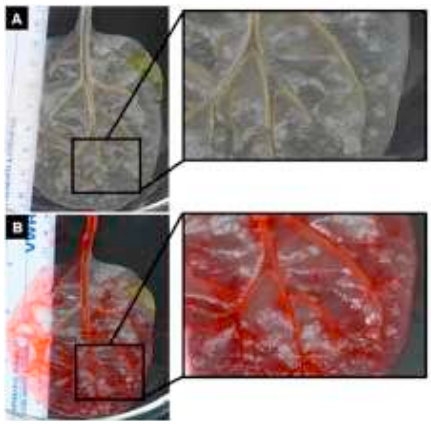
4. Gershlak, Joshua R. *et al. 2017, "Crossing kingdoms: Using decellularized plants as perfusable tissue engineering scaffolds"* in *Biomaterials,* vol. 125, pagg. 13-22. doi: 10.1016/j.biomaterials.2017.02.011



▲ Comparazione della struttura ramificata del sistema vascolare animale e vegetale. Come si può notare, ci sono evidenti somiglianze e per dimostrarlo i ricercatori hanno decellularizzato il cuore di un topo (a sinistra), mettendone inevidenza la struttura con l'iniezione di un colorante rosso. A destra sono è stata invece analizzata una foglia di *Buddleja davidii.*

Fonte: Gershlak, Joshua R. *et al. 2017, "Crossing kingdoms: Using decellularized plants as perfusable tissue engineering scaffolds"* in *Biomaterials,* vol. 125, pag. 15.





Time lapse della decellularizzazione della foglia di spinacio. Dopo il trattamento di sterlizzazione clorito di sodio, al settimo giorno la foglia perde completamente il suo colore e ne emerge solo la struttura di cellulosa. (in alto)

A questo punto si procede con la valutazione delle capacità di perfusione del sistema vascolare ottenuto dopo il trattamento della foglia. (accanto)

Fonte: *Ibidem,* pagg. 17-18.

nei meccanismi di trasporto di fluidi e nutrienti, ma evidenziano somiglianze sorprendenti nelle loro strutture vascolari.

Dopo aver decellularizzato le foglie di spinacio attraverso un processo atto a far emergere solo la loro parte strutturale (che è di cellulosa, un materiale sia ecologico dal punto di vista ambientale-economico, sia biocompatibile con i tessuti dei mammiferi), sono state impiantate dai ricercatori cellule di tessuto cardiaco umano, che hanno così iniziato a replicarsi. Il campione è stato tenuto sotto osservazione ed a cinque giorni dall'innesto si è verificato un evento sensazionale: le cellule hanno incominciato spontaneamente a contrarsi[5].

Questi risultati sono da considerarsi cruciali per ipotizzare la possibilità, in futuro, di rigenerare tessuti umani ed organi danneggiati a partire da elementi naturali. Le moderne tecnologie di bioingegneria e stampa 3D non sono infatti ancora in grado di produrre la complessità del sistema ramificato dei vasi sanguigni alla scala dei capillari.

Possiamo inoltre prendere in considerazione un altro esempio, che ha delle similitudini con quello appena narrato e che è prova ulteriore della capacità dell'uomo contemporaneo di hackerare la vita, anche in maniera creativa: Andrew Pelling è un "*biohacker*" di Ottawa, la natura è il suo hardware e nel 2014 ha ricreato un orecchio umano a partire da una fetta di mela. Come si legge nella paper pubblicata dallo stesso ricercatore per documentare il suo esperimento [6], la realizzazione di questo artefatto apre la possibilità di avere a disposizione biomateriale low-cost, che quindi renderebbe più accessibili – sia nella fattibilità "costruttiva" che nell'economicità del processo – certe operazioni di sostituzione di parti de corpo.

Al momento, infatti, c'è una produzione consistente sul mercato di strutture composte da biomateriali, costituite da polimeri sia biologici che sintetici e disponibili in diversi formati come polveri, gel, membrane o paste. Il loro utilizzo varia come accennato dalla sostituzione di organi, al riparo di tessuti danneggiati, fino alla

5. *Ibidem,* pag. 18.

6. Modulevsky, Daniel *et al.* 2014, *"Apple Derived Cellulose Scaffolds for 3D Mammalian Cell Culture"* in *PLoS ONE,* vol. 9, issue 5, e97835. doi: 10.1371/journal.pone.0097835

▲ Ricercatori al Pelling lab con esemplari di orecchie umane derivate dalla struttura decellularizzata di alcune fette di mela. Foto di Alexis Williams.

Fonte: *https://ideas.ted.com/a-promising-way-to-grow-body-parts-using-an-apple/* [ultimo accesso 23.01.2019]

riparazione di strutture come la pelle, le cartilagini o le ossa.
I costi di produzione sono però molto elevati, a causa di diversi fattori legati alle procedure di realizzazione che richiedono strumenti specialistici e condizioni di sterilità dell'ambiente, oltre che i costi relativi alla ricerca, allo sviluppo, alle licenze e alla proprietà intellettuale associata alla condizioni di sterilità dell'ambiente, oltre che i costi relativi alla ricerca, allo sviluppo, alle licenze e alla proprietà intellettuale associata alla progettazione di questi artefatti[7].

Molti dei costi, inoltre, non includono le somme necessarie alla spedizione dei materiali, alle operazioni chirurgiche di impianto e spese farmaceutiche ulteriori; un aspetto che fa emergere una criticità considerevole nell'impiego di queste tecnologie e che rende quindi indispensabile domandarsi quali soluzioni alternative si potrebbero adottare per aumentarne l'accessibilità.

La proposta del team guidato da Pelling è proprio quella di

7. Cfr. Modulevsky, Daniel *et al.* 2015, *"Open Source Biomaterials for Regenerative Medicine"* in *BioCoder DIY/Bio newsletter* n. 8, pagg. 17-28. disponibile su: https://www.oreilly.com/biocoder/issues/BioCoderSummer2015.pdf [ultimo accesso 23.01.2019]

ricorrere a biomateriali *open source*, ricalcando la filosofia che c'è alla base della community *hacker*, quella cioè di fare ricerca al di fuori delle istituzioni, in forma aperta, orizzontale e DIY ed il cui approccio, in particolare quello legato al mondo dei *biohacker*, sta tra l'altro prendendo piede anche in molte ricerche nel campo dell'architettura che vertono sull'intersezione tra materiale organico ed inorganico all'interno della progettazione; un aspetto che affronteremo più nel dettaglio nel corso della dissertazione.

L'iter con il quale Pelling è riuscito a ottenere la sua "*apple ear*" è analogo a quello usato dai ricercatori del Worcester Polytechnic Institute (che tra l'altro ha preceduto cronologicamente): si è infatti cominciato con la decellularizzazione della fetta di mela, per poi innestare all'interno della struttura di cellulosa vegetale residua un certo numero di cellule umane. Per comprendere il comportamento della apple ear e studiarne la biocompatibilità, in un esperimento successivo si è provato ad impiantare il dispositivo al livello sottocutaneo in esemplari di topi.

Le analisi istologiche dopo una settimana dall'impianto hanno rilevato una reazione al corpo estraneo introdotto, registrando tuttavia una graduale sparizione della risposta immunitaria dopo otto settimane. Ciò è coinciso con la formazione di un deposito di nuovo collagene e di vasi sanguigni all'interno della struttura di cellulosa, che è stata lentamente deformata per adattarla al corpo del topo e diventare essa stessa "vivente". Questi dati sono la dimostrazione della biocompatibilità del sistema e di quanto ci siano potenzialità concrete nella possibilità di impiegare queste tecniche nel caso di operazioni chirurgiche che prevedono l'uso di biomateriali[8]. Non manipolando il DNA, Pelling definisce i prodotti della sua ricerca come "biologia aumentata", piuttosto che come "biologia sintetica", incorporando creativamente lo spirito che ci ha in precedenza guidati nell'individuazione del concetto di Natura+ (cfr. 1.3).

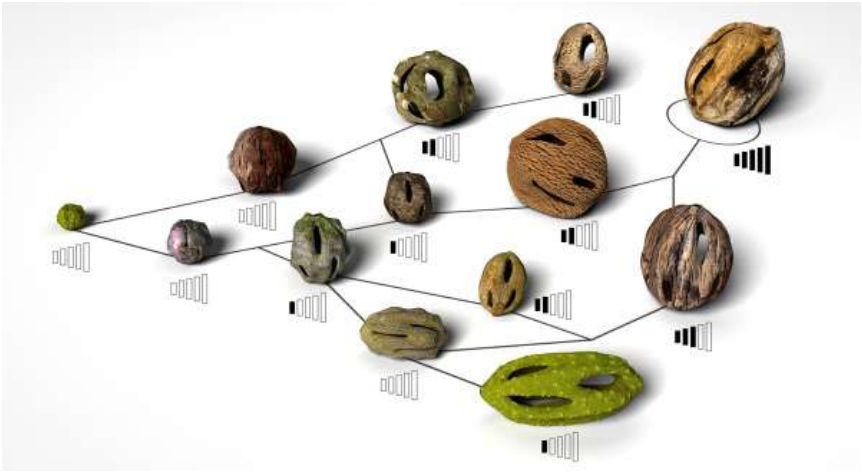
8. Per un'analisi più approfondita dei dati si confronti Modulevsky, Daniel *et al.* 2016, *"Biocompatibility of Subcutaneously Implanted Plant-Derived Cellulose Biomaterials"* in *PLoS ONE,* vol. 11, issue 6, e0157894. doi: 10.1371/journal.pone.0157894

La *String-Nut* con il suo simbionte programmato per masticare a ritmo. ▶
Fonte: *https://davidbenque.com/projects/acoustic-botany/* [ultimo accesso 23.01.2019]

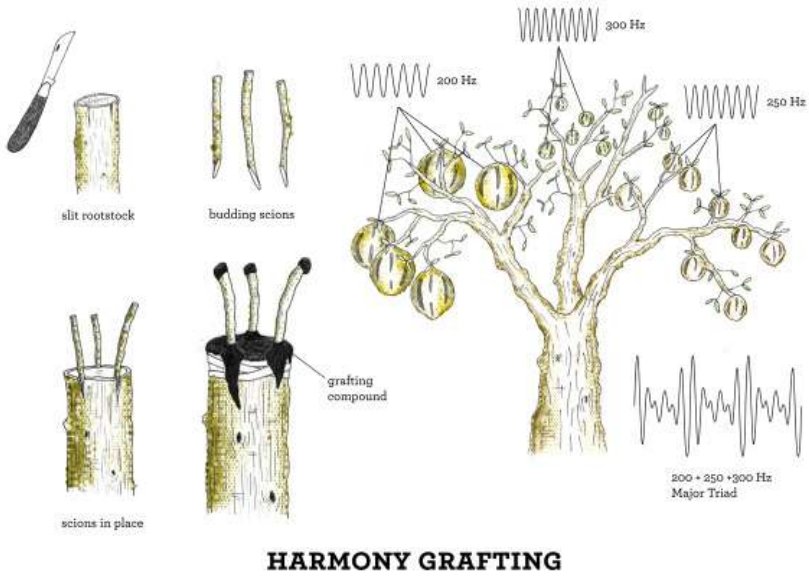
Un ultimo caso che vale la pena considerare è l'interessante progetto di David Benqué, che cerca di esplorare la nostra relazione culturale ed estetica con la natura attraverso il progetto di un giardino acustico, che è parte integrante del suo percorso di dottorato in Design Interactions presso la Royal College of Art di Londra. Il mezzo con cui viene indagata questa relazione è la biologia sintetica: David ha infatti progettato una varietà di piante che sono in grado di produrre suoni e che sono quindi in grado di amplificare l'esperienza estetica dell'utente all'interno del giardino. Quest'ultimo diventa un ecosistema controllato e manipolato al livello bio-sintetico, composto da nuove specie "aumentate" di normali fiori e piante e di seguito ne riportiamo due esemplari.

La "*String-Nut*" è un ibrido tra una noce e delle corde musicali. All'interno del guscio della noce viene inserita, attaccata a delle fibre, una polpa che viene mangiata da insetti che sono stati programmati geneticamente per masticarla secondo un certo ritmo: entrando infatti all'interno del frutto attraverso dei fori praticati sul guscio, questi insetti vi restano fino a che è stata consumata tutta la polpa, lasciando però intatte le fibre più resistenti. Queste ultime, occupando un guscio oramai vuoto che può fungere da cassa di risonanza, diventano delle vere e proprie corde musicali in grado di risuonare vibrando. Attraverso diverse tecniche di innesto, che determinano la variabilità tipologica dei gusci delle noci, si può inoltre influenzare la modalità con la quale il suono delle corde viene propagato.

È possibile in questo modo selezionare diverse specie con cui modulare il range sinfonico e comporre il proprio albero di combinazioni sonore.



▲ Esempi di come, gestendo la tipologia dei gusci delle noci sia possibile variare parametri come il volume, il timbro e l'armonia del suono emesso.
Fonte: *https://davidbenque.com/projects/acoustic-botany/* [ultimo accesso 23.01.2019]



▲ *Harmony Grafting*: innesti per la composizione di diverse armonie.
Fonte: *Ibidem*

In un altro caso, degli agrobatteri modificati vengono impiegati per metabolizzare zuccheri e nutrienti dalla pianta ospite, producendo delle escoriazioni parassitarie piene di gas, che crescono man mano che prosegue l'attività dei batteri. Se sottoposte a pressione, queste escoriazioni diffondono il gas attraverso gli stomi della foglia, emettendo così dei suoni nell'ambiente circostante.

▲ Schema dell'interazione tra gli agrobatteri modificati e le piante, con messa in evidenza delle escoriazioni contenenti gas.
Fonte: *Ibidem*

Quanto detto finora amplifica il paradosso alla base della distinzione natura/cultura, poiché questi artefatti biotecnologici non possono essere considerati interamente naturali o artificiali, ma sono output ibridi dati dalla collisione *naturacultura*[9] : del resto la cultura è un costrutto antropico tanto quanto la biologia può essere culturalmente mediata. La biotecnologia può essere quindi considerata come "terza natura", in cui le forme di vita vengono incrociate e talvolta manipolate geneticamente per crearne di nuove, sintetiche ed aumentate.

La "*next nature*", per dirla con i termini usati da Koert van Mensvoort[10] , potrà anche essere meno "verde", proprio perché sottende l'intersezione con l'agente antropico, ma può essere paragonata ad una versione "ipernaturale" della natura, che si traduce in termini evolutivi in un processo di selezione e implementazione generato dall'intervento dell'uomo che agisce "dentro" e "sulla" natura per innescare meccanismi di co-costruzione e co-evoluzione con quest'ultima.

Ancora una volta è quindi bene rimarcare che la presenza umana non è intrinsecamente maligna e che, cessando di vederci unicamente come una specie anti-naturale, potremo finalmente agire come soggetti potenzialmente catalizzatori di processi eco-simbiotici, e potremo farlo a partire dalle modalità con cui costruiamo le nostre città: perché infatti non incorporare anche in quanto progettisti lo sfocamento *naturacultura* per progettare abitazioni ed infrastrutture che siano "ipernaturali"?

9. Si utilizza la forma contratta "*naturacultura*" di Donna Haraway secondo cui le relazioni costitutive tra uomini, animali, oggetti non sono mai predeterminate ma sono frutto di mutabilità contingenti e relazioni intra-specie in cui vi è un'implosione di natura e cultura in un tutt'uno. Cfr. Haraway, Donna J. 2003, *The Companion Species Manifesto: Dogs, People, and Significant Otherness. Vol. 1.,* Chicago: Prickly Paradigm Press.

10. Cfr. Van Mensvoort, Koert 2012*, "Real Nature is Not Green" in* Van Mensvoort, Koert *et al.* (a cura di)*, Next Nature - Nature Changes Along With Us,* Actar.

È infatti opinione di chi scrive che ci si debba inserire all'interno dei sistemi "naturali" con progettualità, piuttosto che pura conservazione. Come sostiene la Haraway:

> *Non è solo "dio" che è morto, è morta anche la "dea"; o meglio, vengono entrambi rivitalizzati nei mondi pervasi dalla politica microelettronica e biotecnologica.*[11]

La natura, liberata così dal suo stesso confine, diventa NaturaCultura e *Hyper Natura* e, intessendo un rapporto di confusione con la cultura, si mescola e riemerge in essa descrivendo un'entità in continua trasformazione.

11. Haraway, Donna J. 2018 (1995), *Manifesto Cyborg. Donne, tecnologie e biopolitiche del corpo,* Milano: Feltrinelli editore, pag. 57.

2.2

ECOLOGIE IBRIDE

Umani, non-umani e iperoggetti

La nostra relazione con la Natura come stiamo comprendendo è complessa: non possiamo immaginare l'uomo esistere indipendentemente dal suo ambiente, in quanto quest'ultimo è da sempre stato molto più che un semplice scenario di sfondo, dato che siamo inestricabilmente connessi a ciò che ci circonda.

Tuttavia, convenzionalmente, la storia ha collocato l'uomo in una posizione privilegiata, spesso dimenticandosi che la sua relazione con la natura è basata su un principio di reciprocità e contribuendo di fatto allo sviluppo di un'illusoria possibilità che l'uomo stesso possa emanciparsi da essa. Questo processo ha senza dubbio favorito un bias cognitivo, una distorsione a favore di interessi antropocentrici, in quanto attribuiti ai membri della specie identificata come dominante, marcando una posizione che quindi ha assegnato un valore intrinseco significativamente più grande agli esseri umani, rispetto agli altri organismi non-umani.

La prospettiva antropocentrica rende inoltre problematico riconoscere certi errori come prettamente antropici, proprio perché si basa sulla supposta superiorità morale dell'uomo sugli altri membri delle altre specie della Terra.

Ad ogni modo, come abbiamo già affermato (cfr. 1.3 e 2.1) possiamo riferirci all'Antropocene non solo in relazione alla matrice antropogenica dell'attuale crisi degli equilibri ambientali, ma anche nella sua accezione di nuovo paradigma positivo, attraverso il quale riconoscere la forza creatrice dell'uomo (e non solo la sua connotazione distruttiva), per abbracciare la fusione *naturacultura*, superare qualsiasi divisione dualistica ed iniziare a percepire l'umanità in continuità ontologica con la Natura.

Sarebbe, infatti, sbagliato definire l'uomo unicamente come una sorta di malattia autoimmunitaria all'interno degli ecosistemi naturali.

Sono sempre più persistenti riflessioni etiche ed ecologiche sull'argomento e sembra quanto mai necessario sviluppare un nuovo mindset che supporti un certo tipo di "sostenibilità" e di equità nei confronti di tutte le specie che popolano il pianeta.

Attualmente, molte discipline si stanno interrogando proprio su questo e stanno cercando di focalizzarsi su approcci che siano più biocentrici. Per esempio, l'emergere all'interno della filosofia legale di una nuova branca come quella della "Earth Jurisprudence", per la prima volta definita nel 2001 da Thomas Berry[1], è un chiaro segnale di come la questione stia influenzando positivamente diversi campi della nostra cultura, promuovendo tra l'altro uno dei più innovativi ed interessanti contributi in ambito di teoria legale

La "Earth Jurisprudence" infatti enfatizza il rifiuto nei confronti del comportamento legalmente dominante che amplifica il bias a sfavore delle altre forme di vita e che delega la natura ad essere semplice fonte di risorse da sfruttare, non tenendo conto delle conseguenze per gli altri esseri viventi. In poche parole, l'obiettivo è di agevolare un approccio ecosistemico anche in campo legale, che quindi ci aiuti a comprendere come poter condurre le nostre vite in una relazione di co-esistenza e mutuo miglioramento[2], smentendo l'assunto che l'uomo possa essere l'unica fonte di normativa ed aprendosi di fatto alla possibilità che si possa reindirizzare in maniera positiva il nostro ruolo all'interno della biosfera anche attraverso un rinnovamento della pratica normativa.

Con il (ri)posizionamento di noi stessi all'interno della "rete della vita"[3], è infatti possibile abbattere una certa trascendenza legata tradizionalmente all'antropocentrismo normativo, al fine di sviluppare

1. Cfr. Berry, Thomas 2002, "*Rights of the Earth: Recognising the Rights of All Living Things*" in Resurgence n° 214.

2. Cfr. Cullinan, Cormac 2003, *Wild Law: A Manifesto for Earth Justice*, South Africa & United Kingdom: Siber Ink & Green Books.

3. Capra, Fritjof 1997, The Web of Life, New York: HarperCollins.

un coinvolgimento più "incorporato", che sia guidato, cioè, da una consapevolezza ecologica molto più profonda[4].

In linea con il riconoscimento del rapporto di interdipendenza tra gli esseri umani ed il mondo naturale, anche teorie filosofiche come il Nuovo Materialismo/femminismo materialista ed il Postumanesimo suggeriscono una prospettiva comune di "*entanglement*", che potrebbe essere molto utile da conoscere in vista di una possibile applicazione anche nei processi che coinvolgono il design e l'architettura[5].

Nel dibattito accademico contemporaneo in effetti il concetto di "postumano" è diventato un concetto chiave per affrontare l'urgenza di una ridefinizione dell'idea di "umano" in rapporto agli sviluppi scientifici e bio-tecnologici. Tuttavia, spesso viene confuso il paradigma del Postumanesimo con quello del Transumanesimo, che seppur avendo delle radici comuni nel riconoscere la prospettiva di mutazione della condizione umana, risolvono la questione in maniera decisamente diversa.

Il Transumanesimo è molto più legato alla prospettiva di "*enhancement*", ossia di aumento delle capacità antropiche, concependo l'uso delle scoperte scientifiche e tecnologiche come strumento attraverso il quale migliorare capacità fisiche e cognitive. Spesso questa corrente di pensiero ricorre al concetto di *H+*, ossia di *Humanity+*, quindi facendo eco anche alla mostra omonima *HUMAN+. Il futuro della nostra specie*, tenutasi a Palazzo delle Esposizioni a Roma tra febbraio e luglio 2018 (cfr. 3.1) e che raccoglieva molti esempi a favore di una tesi post-organica che vede il corpo biologico come mancante, difettoso o insufficiente all'avanzamento, condizione che può essere superata solo attraverso l'ibridazione tecnologica.

4. Cfr. Pelizzon, A, Ricketts, A. 2015, "*Beyond anthropocentrism and back again: From ontological to normative anthropocentrism*" in Australasian Journal of Natural Resources Law and Policy, vol. 18, n. 2, pp. 105-124..

5. Cfr. Marinelli, Selenia 2019, "*Subjectivity Displacement: Biodesign as interface to explore multispecies collaborations and to overcome normative anthropocentrism*" in Perna, V. et al. (a cura di), *Foreseeing Uncertainty: Design & the Non-Normativity*, Conference proceedings [in press]

Questo processo in realtà rafforza la binarietà, piuttosto che azzerarla, favorendo di fatto una dimensione iper-antropocentrica in cui l'uomo sfrutta il potenziamento bio-tecnologico come nozione cruciale per trascendere i limiti naturali, piuttosto che per integrarsi con essi. Il rischio è quindi di associare alla tecnologia una dimensione evoluzionistica, in grado di elevare ulteriormente la condizione umana e di amplificare la gerarchizzazione ed il bias cognitivo nei confronti delle altre specie.

Esplorare il corpo postorganico significa quindi supportare l'ibridazione di corpi e tecnologia nella doppia direzione dell'innesto tecnologico sul corpo organico e della "disseminazione del corpo nelle reti telematiche"[6].

Lo dimostrano, ad esempio, le sperimentazioni dell'artista australiano Stelarc, che cerca di superare l'obsolescenza del corpo attraverso una vera e propria riprogettazione, che non si limita alla

6. Palumbo, Maria Luisa 2001, *Nuovi Ventri. Corpi elettronici e disordini architettonici*, Torino: Testo & Immagine, pag. 24.

▼ Stelarc, *The Third Hand,* 1980
Fonte: *https://stelarc.org/?catID=20265* [ultimo accesso 16.04.2019]

▲ Stelarc, *Ear on arm,* 2007
Fonte: *https://stelarc.org/?catID=20242* [ultimo accesso 16.04.2019]

modifica corporea superficiale, ma che ricorre al potenziamento cibernetico per eccedere i propri limiti fisici.

La costruzione di un extracorpo avviene attraverso l'uso di protesi meccaniche come in "*The Third Hand*", dove la terza mano è collegata a sensori disposti su altre zone del corpo dalle quali provengono gli stimoli elettrici che provocano il movimento dell'arto artificiale, oppure avviene con modalità ancora più radicali, come avviene quando Stelarc presenta il più avanzato (e perturbante) progetto "*Ear on arm*". In questo caso l'innesto avviene attraverso l'implementazione bio-tecnologica di un nuovo orecchio ricostruito a partire dalla pelle dell'avambraccio dell'artista.

Attraverso alcune operazioni, la protesi diventa un vero e proprio organo uditivo funzionante, che con un microfono è collegato ad un sistema wireless di connessione internet, attraverso il quale

▲ Stelarc, *The Third Hand*, 1980
Fonte: *https://stelarc.org/?catID=20265* [ultimo accesso 16.04.2019]

Neil Harbisson, *diagramma di traduzione dei colori in note in Eyeborg* ▶
Fonte: *https://hpluspedia.org/wiki/Neil_Harbisson* [ultimo accesso 16.04.2019]

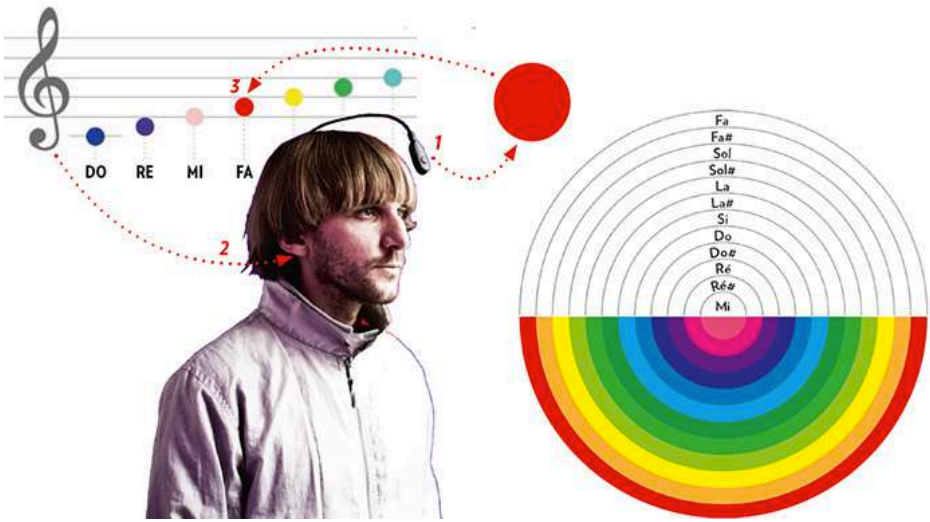
diventa un dispositivo di ascolto a distanza.

Queste strategie post-evolutive sembrano avvalorare l'illusione di rendere l'uomo (ed in particolare il suo corpo) auto-sufficiente rispetto alle condizioni esterne e, soprattutto, di amplificare i processi di esternalizzazione della fisicità stessa, come a rappresentare una trascrizione poetica del desiderio comune di sopravvivere in eterno[7].

Dato che consideriamo il corpo come interfaccia della mente, è chiaro che queste pratiche sembrano raggiungere un iper-umanesimo tecnofilo, pur riconoscendo loro un certo fascino, una notevole importanza nell'ambito delle sperimentazioni artistiche legate alla *performance art* e, soprattutto, la loro potenziale applicazione per il superamento di handicap sensoriali congeniti, come nel caso di Neil Harbisson.

Quest'ultimo, infatti, affetto da acromatopsia – una condizione che gli permette di vedere esclusivamente in bianco e nero – supera questa patologia ricorrendo proprio alla possibilità di estensione sensoriale offerta dalla cibernetica. Nel 2003 sviluppa insieme a Adam Montandon, che aveva conosciuto nel corso di una conferenza sulla cibernetica, un'antenna montata sulla sua testa, che funziona come sensore deputato all'individuazione dei colori ed alla loro successiva conversione in tempo reale in onde sonore.

7. Cravero, Claudio *2011, "Living Works. Eduardo Kac" in* AA. VV.*, Paesaggi del corpo-ambiente, Biella: Eventi & Progetti Editore*, pagg. 16-17.



Nasce, così, "*Eyeborg*", un vero e proprio senso aggiunto, che inaugura una nuova modalità percettiva definita come "sonocromatismo". L'unione tra l'organismo e la protesi cibernetica è col tempo diventata strutturale, grazie alla formazione di un nuovo tessuto neuronale nel cervello, tant'è che progressivamente ha consentito ad Harbisson di trasformarsi davvero in un cyborg.

L'artista ha, inoltre, deciso di donare diversi *eyeborg* a comunità di non vedenti o ipovedenti, seguendo un principio secondo il quale *eyeborg*, in quanto estensione cibernetica del corpo e non semplice dispositivo, debba essere trattato come un vero e proprio organo e, in quanto tale, debba essere donato e non venduto.

Neil Harbisson, *The sound of colors*; slide presentata durante una talk TED nel 2012. ▶
Fonte: *https://ideas.ted.com/the-sound-of-color-neil-harbissons-talk-visualized/* [ultimo accesso 16.04.2019]

▼ Le Scale Sonocromatiche di Harbisson

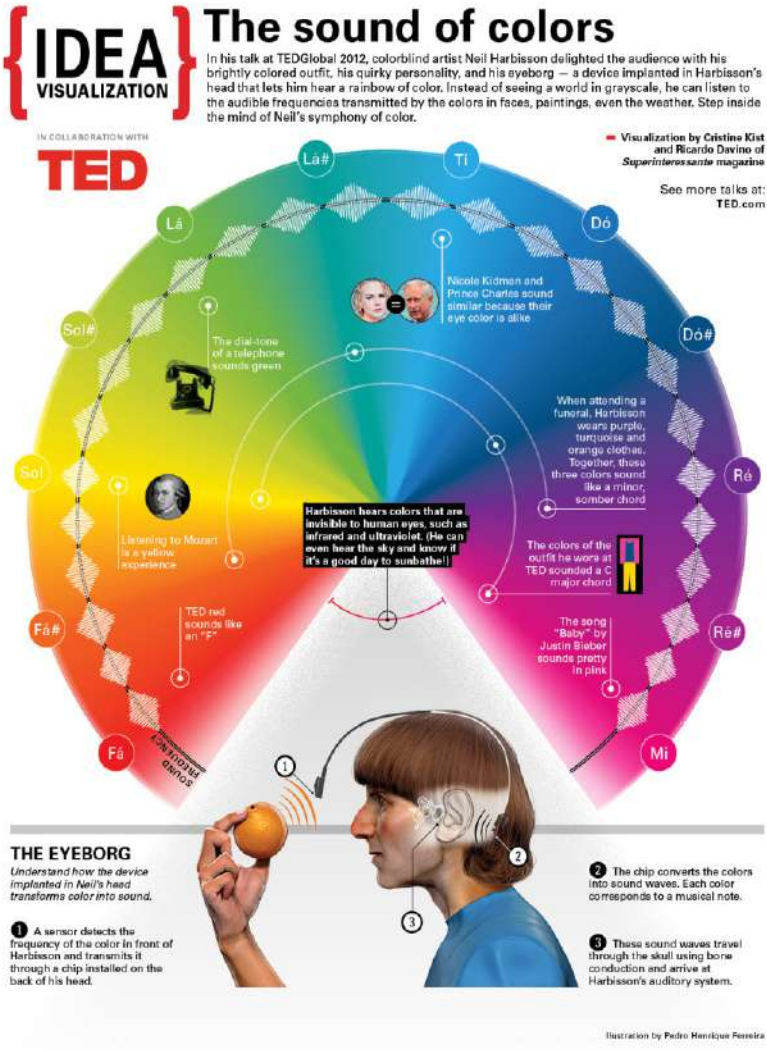
La Sonochromatic Music Scale di Harbisson (2003) è una scala microtonale e logaritmica con 360 note per ottava. Ogni nota corrisponde ad un grado specifico della ruota dei colori. La scala venne introdotta con il primo eyeborg nel 2004.

La Pure Sonochromatic Scale (2005) è una scala non-logaritmica basata sulla transposizione delle frequenze luminose in frequenze sonore. La scala non considera il colore come parte di una ruota di colori e ignora la percezione musical/logaritmica, così da superare i limiti della percezione umana.

Fonte: *https://it.wikipedia.org/wiki/Neil_Harbisson* [ultimo accesso 16.04.2019]

PURE SONOCHROMATIC SCALE		
(invisible)	Ultraviolet	Over 717.591 Hz
	Violet	607.542 Hz
	Blue	573.891 Hz
	Cyan	551.154 Hz
	Green	478.394 Hz
	Yellow	462.023 Hz
	Orange	440.195 Hz
	Red	363.797 Hz
(invisible)	Infrared	Below 363.797 Hz

SONOCHROMATIC MUSIC SCALE (basic 12/360)		
	Rose	E
	Magenta	D#
	Violet	D
	Blue	C#
	Azure	C
	Cyan	B
	Spring	A#
	Green	A
	Chartreuse	G#
	Yellow	G
	Orange	F#
	Red	F



Nel caso del Postumanesimo, invece, la tecnologia non diventa il focus principale, anche se le viene riconosciuto un certo grado di necessità, ma in questo caso viene utilizzata come strumento di accesso ad una consapevolezza dei limiti storici e sociali basati sulle gerarchie umano-centriche, per abbracciare gli ecosistemi in un continuum e interagire positivamente con la biosfera.

Superando il primato umano, il Postumanesimo mira quindi ad un'ibridazione con una natura estesa dove biomi ed antromi si intersecano (cfr. 1.3) e dove la natura stessa non è più percepita

come un "altrove metafisico", ma è un elemento con il quale siamo in stretta continuità ontologica e dove è possibile instaurare rapporti di ecologia tra diversi soggetti (umani e non-umani).

La prospettiva di decentramento è quindi una condizione necessaria a strappare l'uomo dalla supremazia e per stimolare un suo riposizionamento all'interno di uno schema più integrato, che sia policentrico e soprattutto il più possibile inclusivo.

Come, infatti, afferma Caffo in merito alla ricollocazione "periferica" dell'umano:

> *Dalla periferia, il nostro ruolo è in mutazione continua; non si tratta di fissare un nuovo centro in questa periferia, spostando il cerchio che avevamo immaginato in un altro punto dello spazio, ma di comprendere che siamo infinite cose […]. Se facciamo saltare il centro […], salta anche qualsiasi possibilità di discriminazione locale: non solo l'umano come ideale, ma anche l'ideale di umano, diventano simboli di un passato superato.*[8]

Per questi motivi, sembra essere l'approccio filosofico più indicato nell'era dell'Antropocene, dove si riconosce sempre più la necessità di percepirci non come agenti indipendenti, ma come nodi di una rete complessa di relazioni incarnate.

Questo tipo di relazioni non sono solo invisibili, ma anche e soprattutto "materiali", come è affermato ad esempio dalla corrente del Nuovo Materialismo, che proporne un ritorno alle "materia" come elemento essenziale di circostanze incorporate all'interno di un costrutto corporeo, utile per la formazione del soggetto.

La materia non è quindi più vista come passiva o inerte nei confronti dei parametri esterni, ma le viene riconosciuta una sua *agency*, sfidando i modelli lineari basati sul paradigma costruttivista e concentrandosi sullo sviluppo di modelli di pensiero che tengono in conto di complesse inter-azioni attraverso le quali la materia stessa

8. Caffo, Leonardo 2017, *Fragile umanità: Il postumano contemporaneo*, Torino: Giulio Einaudi editore, pagg. 38-39.

emerge, persiste e si trasforma[9].

È, insomma, una strategia per approfondire e radicalizzare la questione della soggettività, enfatizzando la necessità di un pensiero incarnato nel corpo biologico-emozionale d'ognuno e anche nel corpo sociale in cui s'iscrive.

Il materialismo femminista si appoggia proprio su questo punto, per sviluppare ulteriormente il livello epistemologico della nozione di *situated knowledge* di Donna Haraway[10], ossia di conoscenza situata nel corpo (cfr. 1.1, pag. 13), per rompere la dualità del relativismo oggettivo e per sottolineare un meccanismo di co-costruzione nella produzione della realtà. La Haraway in tal senso è stata molto pioneristica con il suo "*Manifesto Cyborg*" del 1995, che può essere a tutti gli effetti definito come il primo testo post-antropocentrico di teoria femminista del Ventesimo secolo, che ha prodotto un cambiamento significativo nella comprensione di come l'uomo sia costituito dall'interazione anche con l'alterità non-umana.

La cosa interessante è che questa osservazione non viene portata avanti con atteggiamento eccessivamente nostalgico, tutt'altro, viene riconosciuta pienamente la potenzialità del mondo high-tech e del mondo dell'informazione e delle telecomunicazioni al fine di un progresso, ma il punto di partenza è non-antropocentrico e la soggettività umana viene concepita nella sua complessità, come insieme di forze in divenire grazie ad una nozione estesa e relazionale del sé. È proprio in quest'ottica che viene proposta la figura del cyborg, un'immagine molto forte che per Haraway rappresenta un'entità di connessione, che condensa concetti di interrelazionalità e comunicazione tra binomi opposti.

Non è, quindi, da fraintendere in chiave transumanista di ibrido corpo-macchina, che accentua le polarità e le distinzioni, piuttosto come collisione e coesistenza di tali polarizzazioni. Questo salto consente alla teoria femminista postumana di conciliare l'esperienza

9. Cfr. Braidotti, Rosi 2002, *Metamorphoses: Towards a Materialist Theory of Becoming,* Cambridge: Polity Press.

10. Cfr. Haraway, Donna J. 2018 (1995), *Manifesto Cyborg. Donne, tecnologie e biopolitiche del corpo*, Milano: Feltrinelli editore.

incarnata all'interno di una società contemporanea che richiede anche un'interazione con la macchina, un dialogo con il discorso postmoderno biotecnico e biomedico, senza tuttavia scadere nel suprematismo o nel relativismo, ma rifiutando il regime della dialettica della differenza ed aprendosi ad una visione più complessa della soggettività come dialogo aperto con l'altro.

Proprio da questa prospettiva nasce anche il neologismo di *naturacultura* coniato dalla Haraway, che rappresenta un nocciolo concettuale cruciale per l'avanzamento del pensiero neomaterialista alla luce del rispetto nei confronti del non-umano, inteso come insieme di organismi viventi ma anche di dispositivi tecnologici.

Sembra esserci una sovrapposizione, o comunque una prossimità di pensiero, con l'*Actor Network Theory* di Bruno Latour[11], che si basa su un modello di relazioni costruito su un network ed un assemblaggio di attori umani e non-umani (definiti come "attanti"), ai quali viene riconosciuta la stessa facoltà di partecipazione e modellazione della realtà.

Così come è interessante vedere come altre scuole di pensiero si allineano a supporto una visione più estesa del concetto di ecologia. Ad esempio, possiamo a questo proposito citare Timothy Morton, membro della *object oriented ontology*, che studia il movimento filosofico orientato agli oggetti nelle intersezioni con l'ecologia. Morton negli ultimi anni ha guadagnato progressivamente interesse per i suoi saggi provocatori che puntano a svuotare la nozione storicamente troppo estetizzata e romantica di natura per costruire una nuova "ecologia senza natura"[12], che coinvolga anche le componenti inorganiche e tossiche.

Nella sua visione più "*dark*" dell'ecologia, Morton si distacca fermamente dal semplice ambientalismo, al quale riconosce lo status di apparato morale dell'ecologia. Sostiene, piuttosto, che in questa epoca sia necessario essere "*environmental*", ossia abbracciare nel

11. Cfr. Latour, Bruno 1993, *We Have Never Been Modern*, Cambridge (MA): Harvard University Press.

12. Morton, Timothy 2007, *Ecology Without Nature. Rethinking Environmental Aesthetics*, Cambridge (MA): Harvard University Press.

continuum relazionale anche quelle entità che generalmente non vengono incluse nel discorso ecologico, pur facendo pienamente parte dell'ambiente che ci circonda, come le sostanze tossiche che produciamo[13] ed alle quali – anche nostro malgrado – siamo legati da un rapporto di contaminazione reciproca. Viene a questo scopo introdotto il concetto di "iperoggetti", un neologismo che include entità relazionali estese come il *global warming* o l'inquinamento (che risultano strettamente associate al concetto di Antropocene, in quanto prodotti diretti dell'uomo), i cui effetti trascendono una specificità spazio-temporale ed all'interno delle quali siamo completamente immersi. Anche in questo caso l'interconnessione ecologica è basata sulla non-località e sul decentramento, intesi come principi di sinestesia attraverso i quali spodestare l'uomo da una posizione privilegiata.

Restando nell'ambito del materialismo femminista, sembra particolarmente utile la prospettiva di non-unitarietà del soggetto, che quindi, nella ricerca di rapporti di potere, promuove un senso allargato di interconnessione tra sé e gli altri, rifiutando un individualismo auto-centrato e promuovendo una filosofia postumana che si basa sulla combinazione di interessi diversi e sullo sviluppo di una eco-filosofia del molteplice[14].

Questo senso allargato di "comunità" promuove lo svilupparsi di ecologie ibride, che sono frutto della convergenza tra organismi biologici, componenti abiotiche (nelle quali a questo punto possiamo inserire anche gli iperoggetti) e dispositivi tecnologici ed artificiali.

Aderendo ad un approccio postumanista anche in architettura potremmo di fatto espandere il soggetto architettonico al di là dell'agente umano. Con l'estensione della nozione tradizionale di materialità ed attraverso l'inclusione di assemblaggi di natura organica ed inorganica, possiamo infatti promuovere una nuova modalità di intendere il design quale interfaccia di co-esistenza e cooperazione tra diversi attori e come luogo intersezionale tra soggetti ibridi tecno-ecologici.

13. Cfr. Morton, Timothy 2018 (2013), *Iperoggetti*, Roma: Produzioni Nero, pag. 143.

14. Cfr. Braidotti, Rosi 2013, *The Posthuman*, Boston: Polity Books.

3 NUOVI MODELLI DI (E)CO-ESISTENZA

◀ Nella pagina precedente: *Tropiques domestiques*, Karine Bonneval, 2017.
Fonte: http://rixc.org/en/home___/0/open-for-visitors-un-green-exhibition-of-rixc-art-science-festival-2019/ [ultimo accesso:20.06.2019]

3.1
PROCESSI DI IBRIDAZIONE BIO-MEDIALE
La Bioarte

Un approccio che per chi scrive è significativo per affrontare con sguardo critico il tema del vivente nelle sue intersezioni con l'inorganico, è senza dubbio l'esperienza della Bioarte.

Il termine è stato originariamente coniato dall'artista Eduardo Kac, in relazione della sua opera-performance "*Time Capsule*" avvenuta nel 1997. In questa occasione (che esamineremo nel dettaglio più avanti), Kac si è innestato nella caviglia sinistra in diretta televisiva un microchip sottocutaneo contenente un numero di identificazione programmato, integrato all'interno di una bobina e un condensatore, tutti sigillati ermeticamente in una capsula di vetro biocompatibile.

Con questo gesto, ha di fatto messo in scena l'*embodiment* radicale tra corpo umano ed apparato tecnologico, inaugurando una nuova era nel mondo dell'arte, che per estensione ha iniziato ad inglobare una serie di artisti che hanno iniziato ad utilizzare le nuove tecniche biologiche e dell'ingegneria genetica.

In questa produzione di artefatti artistici il paradigma del "bio" diventava materia stessa di sperimentazioni pratiche, sia che si trattasse – come in questo caso di Kac – di un processo di internalizzazione ed intersezione del proprio sé biologico con l'alterità tecnologica, sia – come avverrà in altri casi – che si trattasse di un processo esternalizzato di ibridazione o manipolazione della materia organica.

La materia d'arte, quindi, non è più dipinta o scolpita o racchiusa in una dimensione digitale, anche se lo strumento tecnologico può essere di supporto, piuttosto si getta uno sguardo sulle biotecnologie per realizzare l'intersezione con un essere "altro",

con un'alterità non umana.

Questa espressione artistica, per la quale c'è ancora un dibattito aperto in merito al riconoscimento o meno delle sue produzioni all'interno del dominio dell'arte, è un fenomeno del tutto particolare e recente, non ascrivibile ad esperienze precedenti.

Pertanto, è oggetto di studi e ricerche ancora in corso, anche alla luce della progressiva risonanza che questo campo dell'arte si sta guadagnando, sdoganandosi dalla ghettizzazione di ambienti di nicchia ed essendo, finalmente, ospitato anche in musei rivolti ad un pubblico più ampio. Lo dimostrano le recenti mostre avvenute ad esempio a Roma lo scorso anno, in occasione della mostra *HUMAN+. Il futuro della nostra specie*, tenutasi a Palazzo delle Esposizioni tra febbraio e luglio 2018, o la mostra *La Fabrique du vivant*, appena conclusasi lo scorso aprile 2019 al Centre Pompidou di Parigi, che ha intercettato anche le ricadute che la Bioarte continua ad avere in alcune esperienze di design che ne hanno recepito i principi.

Reinterpretando i concetti di vita, di evoluzione e sovvertendo il concetto stesso di "naturalità" – che nel corso della dissertazione abbiamo cercato di introdurre dal punto di vista teorico e filosofico – la Bioarte sceglie come *medium* espressivo la materia vivente, cercando di implementare l'eredità lasciata dal *ready-made* duchampiano con le nuove pratiche innescate dall'arte performativa e dai *new media*.

Le scienze e le biotecnologie alimentano questo nuovo dibattito artistico e la tecnologia non subentra solo come strumento di simulazione o amplificazione della vitalità, come accadeva in alcuni esempi di installazioni interattive o di arte digitale, ma subentra come strumento che irrompe nei processi biologici per produrre nuovi artefatti viventi o semi-viventi.

Come evidenzia Mulatero negli Atti del Convegno internazionale organizzato insieme al gruppo di ricerca del PAV – Parco Arte Vivente di Torino, in questa epoca in cui cerchiamo un nuovo equilibrio tra Uomo e Natura, in cui siamo impegnati nella formulazione di nuovi modelli di sviluppo e dove le culture sono proiettate sulla biologia e l'ecologia, queste ultime diventano cruciali anche nel mondo dell'arte.

L'obiettivo dei bioartisti nello specifico è quindi di riferirsi al

quadro teorico-filosofico di Félix Guattari[1] e Gregory Bateson[2] di praticare una triplice ecologia ambientale, mentale e sociale con l'obiettivo di usare l'arte non solo come mera rappresentazione attraverso immagini iconiche, piuttosto come strumento per incorporarne la logica:

> *Quindi l'arte del vivente crea dei processi estetici nella dimensione del tempo, attraverso la compartecipazione di una pluralità di soggetti e con esiti aperti e indeterminati. Nell'odierna arte del vivente giungono a maturazione e si integrano alcune significative e innovative concezioni dell'arte: la teoria dell'arte come esperienza di John Dewey, la teoria dell'arte come relazione interumana di Nicolas Bourriaud, la teoria dell'ibridazione di arte e tecnoscienza emergente dalla New Media Art e dall'Art Biotech e il Manifesto del Terzo paesaggio di Gilles Clément* [3].

Come sempre accade, infatti, anche nel caso della Bioarte gli artisti recepiscono e reagiscono agli avanzamenti culturali, interrogando in questo caso strumenti e tecniche proprie di un ambito scientifico e biologico per rielaborare questi dirompenti e complessi avanzamenti bio-tecnologici. Il potenziale dell'arte, oltre che di estetizzare, è infatti quello di "capovolgere i concetti per mettere in luce un terreno critico"[4]. In questo modo, si fornisce allo spettatore uno spunto per riflettere sul *continuum* della vita e sui fenomeni di convergenza tra vivente ed artificiale, portando a nuove estensioni di quest'ultimo e ad una dissoluzione della binarietà su cui si fonda la distinzione tra ciò che può essere considerato "naturale" e ciò che

1. Cfr. Guattari, Félix 1991, *Le tre ecologie. L'umanità e il suo destino*, Milano: Edizioni Sonda.

2. Cfr. Bateson, Gregory 2000 (1972), *Verso un'ecologia della mente*, Milano: Adephi Edizioni.

3. Mulatero, Ivana 2007 in Mulatero, Ivana (a cura di), *Dalla Land Art alla Bioarte* (Atti del Convegno internazionale di studi, Torino, 20 gennaio 2007), Torino: hopefulmonster editore, pag. 9.

4. Cfr. intervista che l'autrice ha condotto con Jens Hauser, allegata alla presente dissertazione.

culturalmente è inteso come “non-naturale”.

Tuttavia, come sottolineato da Robert Mitchell[5] e ripreso anche da Jens Hauser[6], ci sono ancora dei dubbi in merito alla definizione stessa di “Bioarte”. La relazione tra arte e scienze avanzate ha infatti dato origine a nuove forme espressive di difficile categorizzazione, in quanto si parla di “Bioarte”, “arte transgenica” o “arte genetica” quasi come fossero realtà indiscriminate.

I critici, soprattutto, hanno difficoltà a decidere se basare il criterio tassonomico sul contenuto (quindi sui bio-media, ossia i bio-soggetti) oppure sui metodi ed i mezzi attraverso i quali le opere vengono realizzate (ossia i bio-medium). Di fatto ci troviamo nell’inedita situazione in cui “il medium è il messaggio” nel vero senso della parola, ossia dove il “bio” è sia mezzo comunicativo che soggetto della comunicazione.

Pier Luigi Capucci, che dai primi anni ‘80 si occupa di sistemi e linguaggi di comunicazione, di nuove forme estetiche e di relazioni tra arti, scienze e tecnologie, propone un grafico per dare una certa sistematicità a questa molteplicità di approcci, ispirandosi ad un intervento dell’artista e teorico statunitense George Gessert (che dal 1985 opera nell’arte genetica in campo vegetale), che definisce:

- la Bioarte come quell’arte che è viva o che è composta da elementi viventi. Non tutta la Bioarte coinvolge le biotecnologie o le modificazioni genetiche. La Bioarte comprende alcune forme di arte ecologica e di *Land Art*. L’arte che rappresenta o simula la vita non è Bioarte: le simulazioni al computer dei processi genetici, dell’evoluzione, della crescita di piante, sono simulazioni della vita e non cose vive, dunque non sono Bioarte;
- l’arte biotecnologica (*Biotech art*) è quella Bioarte che coinvolge

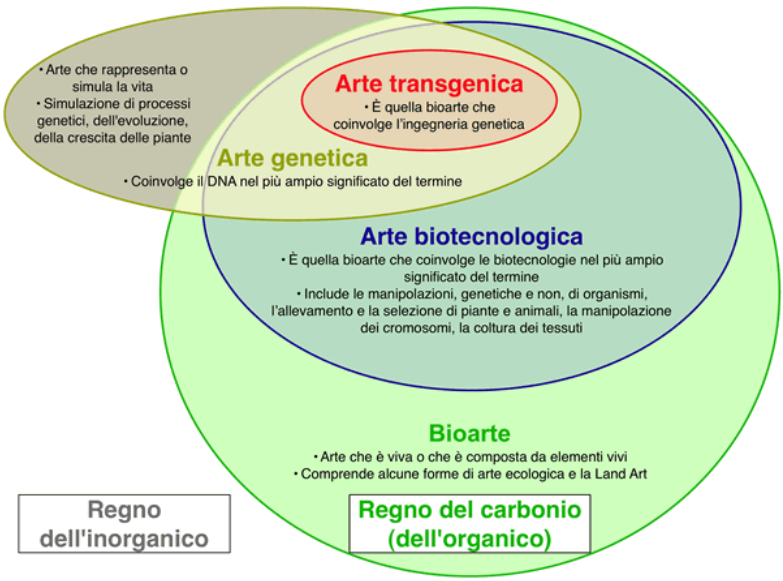
5. Mitchell, Robert 2010, *Bioart and the Vitality of Media*, University of Washington Press.

6. Hauser, Jens 2016, “*Biomediality and Art*” in Hediger, Irene, Scott, Jill (a cura di), *Recomposing Art and Science: artists-in-labs*, Berlin, Boston: De Gruyter, pagg. 201-220; disponibile all’indirizzo: https://www.academia.edu/33982703/Biomediality_and_Art [ultimo accesso 20.05.2019]

le biotecnologie nel più ampio significato del termine, che include le manipolazioni genetiche e non di organismi, l'allevamento e la selezione di piante e animali, la manipolazione dei cromosomi, la coltura dei tessuti ed altre pratiche affini;

- l'arte genetica (*Genetic art*) coinvolge il DNA nel più ampio significato del termine. Include opere che rappresentano, tramite media diversi come la pittura e simulazioni al computer, processi genetici.
- l'arte transgenica (*Transgenic art*) è quella Bioarte che coinvolge l'ingegneria genetica[7].

7. Per una lettura più puntuale delle definizioni originali Cfr. Gessert, George 2006,



▲ Pier Luigi Capucci, schema con le diverse nomenclature all'interno del regno della bioarte, 2007.
Fonte: Capucci, Pier Luigi 2007, "*La doppia articolazione del vivente*" in Mulatero, Ivana, *op. cit.*

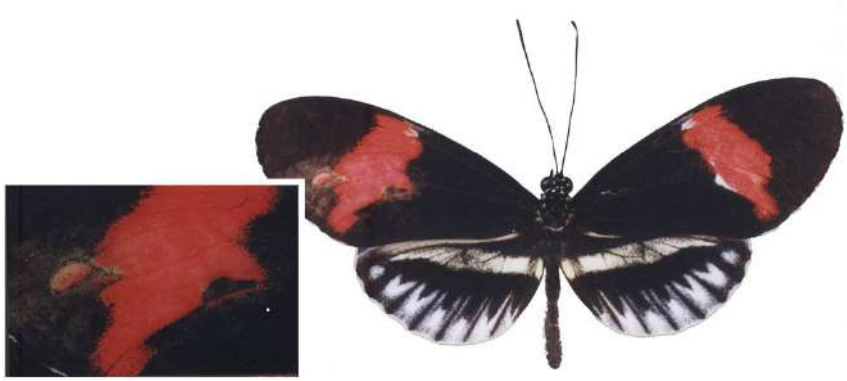
Facciamo alcuni esempi concreti.

Il lavoro dell'artista portoghese Marta de Menezes evoca la definizione di *naturacultura* di Donna Haraway che abbiamo già affrontato (cfr. 2.1) e nel caso dell'opera "*Nature?*" utilizza la farfalla come animale mediatore della relazione tra Uomo e Natura.

▲ Marta de Menezes, *Nature?*, 2000, Live B. Farfalla *anynana* con pattern delle ali modificato. Fonte: http://martademenezes.com/portfolio/projects/ [ultimo accesso 20.05.2019]

Bucando le crisalidi per mezzo di un ago, si configurano delle modifiche alle ali delle farfalle senza reali manipolazioni genetiche, ma modificando il fenotipo dell'animale. Nelle celebri foto delle farfalle con le ali asimmetriche, dove solo in una delle due ali è evidente la manipolazione dell'artista, la Menezes vuole sottolineare le similarità e le differenze tra la natura e la "nuova natura" manipolata; ecco perché inserisce il punto di domanda nel titolare la sua opera: nonostante facciano parte del mondo biologico (le ali sono fatte di normali cellule vive, non dipinte con tinture artificiali), sono state infatti progettate da un'artista.

"*Re: [YASMIN-msg] Exhibiting bioart – Yasmin discussion*", messaggio inviato alla mailing list Yasmin, 25 marzo 2006, cit. in Capucci, Pier Luigi 2007, "*La doppia articolazione del vivente*" in Mulatero, Ivana, *op. cit.*, pag. 140.



▲ Marta de Menezes, *Nature?*, 2000, Live H.
Farfalla *melpomene* con pattern delle ali modificato.
Fonte: http://martademenezes.com/portfolio/projects/ [ultimo accesso 20.05.2019]

Per il suo modo di operare, la Menezes è pertanto ascrivibile all'interno del sottoinsieme della *Biotech art*.

La ricerca di Suzanne Anker può essere invece inclusa all'interno della *Genetic art*. La serie di opere intitolate "*Remote Sensing*" fa riferimento all'omonima tecnologia satellitare utilizzata per raccogliere dati sulle aree geografiche, valutandone diversi fattori (ad esempio geomorfologia, vegetazione e fauna, attività agricole, uso del suolo, dinamiche evolutive del territorio).

Il lavoro, che vuole essere una critica alla tossicità che auto-infliggiamo ai nostri paesaggi, parte quindi da immagini satellitari ad alta risoluzione che vengono processate attraverso dei software in grado di convertire la scala di colore delle foto in estrusioni tridimensionali. Si ottengono così dei prototipi scultorei di micro-paesaggi, inseriti su delle capsule di Petri (dei contenitori utilizzati in genere per ospitare colture biologiche) e prodotti con la stampante 3D adoperando gesso e resina pigmentati.

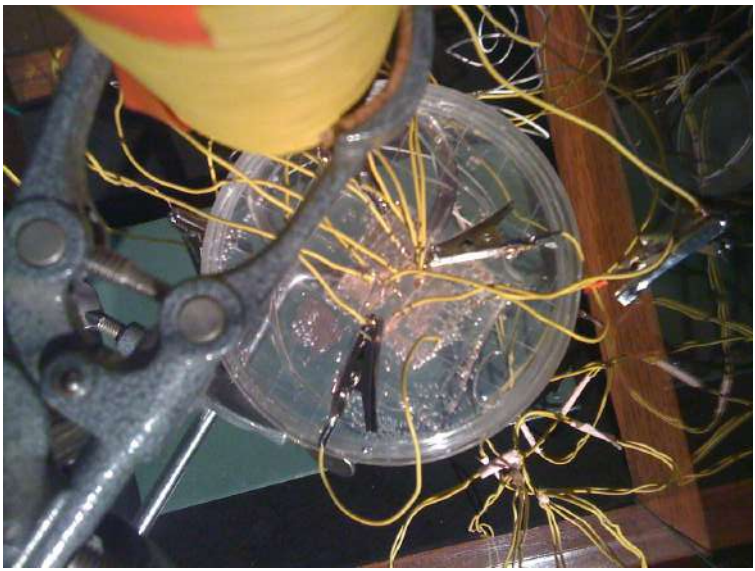
▲ Suzanne Anker, *Remote Sensing*, 2013
Fonte: https://www.interaliamag.org/articles/suzanne-anker/attachment/12-remote_sensing_grid1-suzanne-anker/ [ultimo accesso 20.05.2019]

Joe Davis, infine, rientra all'interno della *Transgenic art* e possiamo analizzare ad esempio la sua opera presentata nel 2012 in occasione del festival austriaco *Ars Electronica*, con la quale per altro ha vinto il premio nella categoria *Hybrid Art*. La "*Bacterial Radio*" (realizzata in collaborazione con Tara Gianoulis e Ido Bachelet del Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering e il laboratorio di George Church nel dipartimento di genetica alla Harvard Medical School) è un autentico esempio di intersezione tra esseri biologici transgenici e circuiti tecnologici.

Davis ha, infatti, disegnato un circuito elettrico in una capsula di Petri sulla quale ha applicato un gel dove sono state poste delle colture batteriche di *Escherichia coli*, geneticamente modificate in modo tale da essere in grado di sintetizzare materiali semiconduttori.

La proteina con la quale sono stati modificati i batteri si trova in un tipo di spugna marina, la *Tethya aurantia*, in grado

di produrre esoscheletri ed endoscheletri di silicio attraverso un enzima che sintetizza l'acqua marina, ma che in assenza di essa tende a polimerizzare sali metallici e semiconduttori. In questo modo, alla coltura sono stati applicati cavi elettrici che mettessero in collegamento i batteri con il circuito radio (antenna, cuffie…), permettendo agli spettatori di ascoltare attraverso le cuffie i programmi in radiofrequenza AM.



▲ Joe Davis, *Bacterial Radio*, 2011
Fonte: https://www.elsevier.com/connect/creating-art-with-genes-and-bacteria [ultimo accesso 20.05.2019]

Il bioartista si confronta quindi con la materia inerte ma anche e soprattutto con quella viva, seppur a volte invisibile come nel caso di batteri, per i quali lo statuto di esseri viventi è ancora oggetto di discussione, anche se possiamo riconoscere un loro "tendere alla vita".

Nel distinguere queste diverse declinazioni artistiche tra i due domini dell'organico e dell'inorganico, tornando per un attimo al grafico elaborato da Capucci, possiamo notare inoltre come quasi tutte le nuove pratiche bioartistiche siano sottoinsiemi della Bioarte, che ne costituisce l'ambito più generale e che può arrivare a comprendere anche alcune forme di *Land Art* e di *performance*.

La Bioarte ed i suoi sottoinsiemi (in parte anche l'arte genetica) sono compresi a loro volta all'interno del regno del carbono, quindi dell'organico, e questo fa presupporre che la categorizzazione segua come criterio-guida la materia utilizzata in queste forme espressive. Ciò crea quindi una netta distinzione nei confronti di quelle forme artistiche che non lavorano direttamente sulla materia o con la materia vivente, ma si basano piuttosto sulla simulazione o la rappresentazione dei processi vitali in forma algoritmica.

Queste forme artistiche fanno prevalere il software rispetto all'hardware (riferendoci con quest'ultima locuzione alla sostanza di cui il vivente è costituito), generano di fatto "organismi sintetici" che si estendono al di là della dimensione dell'organico, ma per "vivere" solo all'interno di una dimensione inorganica (il computer).

Occorre, tuttavia, precisare che, nonostante la *Land Art* in questo schema compaia come appartenente in una certa misura al contenitore generale della Bioarte, c'è in realtà un grande scarto che queste nuove forme artistiche operano rispetto alla *Land Art*. Mentre in quest'ultima la natura viene, infatti, considerata come un quadro di intervento in cui materiali inerti (come legno, pietra, sabbia, terra e fenomeni atmosferici) vengono usati come strumenti di lavoro per condurre ad un'esperienza legata al mondo reale, nella Bioarte, diversamente, il vivente nelle sue dimensioni biologiche e comportamentali diviene un progetto di trasformazione che supera i dati iniziali della natura, portando a "bioibridi" o "tecnoteratogeni"[8], per dirla con i termini di Louis Bec.

L'artista e biologo algerino, uno dei primi ad intrecciare ricerca artistica, biologia ed intelligenza artificiale, rivolgendosi allo studio di nuove tipologie zoomorfe e di forme di comunicazione tra specie naturali ed artificiali, a proposito della Bioarte afferma che la convergenza tra materia vivente e dispositivi tecnologici interattivi in questo campo si moltiplica, proprio attraverso il ricorso a codici genetici, molecolari, neuronici, numerici, microelettronici e nanotecnologici, senza limitarsi ad una mimesi.

8. Cfr. Bec, Louis 2007, "*Per una Ipozoologia*" in Mulatero, Ivana (a cura di), *op. cit.*, pagg. 101-117.

Vista in questi termini, forse il termine "bioarte" sembra essere un po' troppo inclusivo, seppur efficace; ma costituendo un campo d'azioni molto eterogeno, per essere più circoscritti, Jens Hauser propone il concetto di "biomedialità" con l'intento di fare riferimento più specificatamente all'arte biotecnologica. In questo modo, la colloca in un campo che include l'intervento su organismi viventi o processi biologici, siano essi tecnicamente manipolati o meno, con operazioni di organizzazione in maniera interscalare, dal microscopico al macroscopico.

La biomedialità viene quindi intesa come forma di accoppiamento tra entità biologiche de- o ri-organizzate ad una scala inferiore (come ad esempio per nucleotidi e cellule), o ad una scala superiore (come ad esempio avviene per organismi di laboratorio)[9]. Hauser, insomma, vuole porre il focus sulla specificità di queste pratiche, ossia l'intervento diretto sui meccanismi del vivente che, basandosi sulla trasgressione della pura rappresentazione formale o simbolica, agisce sulla presenza organica e materiale e di fatto porta al superamento degli aspetti puramente concettuali di altre procedure artistiche, a favore di una ri-materializzazione fenomenologica[10].

L'estetica della rappresentazione viene dialetticamente integrata ad un'estetica della presenza, inducendo lo spettatore ad un percorso tra spazio simbolico dell'arte e vita reale dei processi messi in scena attraverso la presenza organica. Ne deriva una relazione intersoggettiva tra artista-opera-pubblico, declinata in forma processuale aperta, dove la fascinazione nei confronti della bioinformatica e del *bio-computing* non rimane più legata ad un'ideale cibernetico, ma viene messa a confronto con la materializzazione concreta e corporea.

Questi ibridi tecno-organici, rendendo però invisibile l'aspetto mediale (ossia lo strumento attraverso cui sono stati prodotti) e facendo, invece, emergere la propria biomedialità, ossia la loro prerogativa

9. Cfr. Hauser, Jens 2016, "*Biomediality and Art*" in Hediger, Irene, Scott, Jill (a cura di), *op. cit.*, pag. 210; disponibile all'indirizzo: https://www.academia.edu/33982703/Biomediality_and_Art [ultimo accesso 20.05.2019]

10. Cfr. Hauser, Jens 2007, "*Paesaggi e frammenti. "Natureculture" olistiche nell'era dell'Art Biotech*" in Mulatero, Ivana (a cura di), *op. cit.,* pagg. 119-136.

vitale, generano nello spettatore un'esperienza di "co-corporeità" simile a quella dell'arte performativa. Hauser, in un'intervista online per il sito Digicult[11], proprio in merito a questa reazione afferma che la tensione che si crea tra soggetto e opera d'arte studiata/osservata, che a sua volta è "viva" (o che mostra elementi e caratteristiche che vengono associate alla vita e all'organico), riporta al centro proprio il fattore esperienziale, piuttosto che solo l'oggetto estetico.

Queste opere d'arte quindi suggeriscono un certo effetto di presenza che può sfociare in una proiezione corporea dello spettatore, generando un senso di "empatia" che supera la decodificazione simbolica. Al tempo stesso però si innesca un paradosso, in quanto, proprio per la zona grigia tra arte e scienza in cui la Bioarte si situa, la messa in scena del concetto di vita (e della manipolazione della stessa), più che innescare una reale identificazione empatica, induce nello spettatore un'esperienza estetica di *Unheimliche*[12], di perturbante.

È come se, quindi, le opere bioartistiche si fondassero su una doppia istanza, su un doppio sguardo, dove anche il "guardato", in quanto vivente o semi-vivente, guarda a sua volta in guardante, producendo un'immagine dialettica che si presenta sia nella sua dimensione di "crisi" o "sintomo", che nella sua dimensione di analisi critica, di sospensione; è, insomma, un'immagine critica in quanto "immagine che critica l'immagine" e che quindi critica anche il nostro modo di vederla, nel momento in cui, guardandoci, ci obbliga a guardarla veramente[13].

Si può a questo punto comprendere meglio una delle affermazioni fatte in incipit, ossia che la Bioarte cerca di implementare l'eredità lasciata dal ready-made duchampiano con le nuove pratiche

11. Intervista disponibile all'indirizzo: http://digicult.it/it/news/dialogues-on-bio-art-1-a-conversation-with-jens-hauser/ [ultimo accesso 18.05.2019]

12. Per approfondire il concetto di *Unheimlich* in senso psicanalitico Cfr. Freud, Sigmund 2002 (1919), *Il perturbante*, Milano: Bompani.

13. Questo parallelismo con l'immagine dialettica di Benjamin è mutuato dalle osservazioni che Didi-Huberman avanza in merito alla dialettica dello sguardo nell'arte contemporanea e che per chi scrive può essere applicabile anche nel caso della Bioarte; Cfr. Didi-Huberman, Georges 2008 (1992), *Il gioco delle evidenze. La dialettica dello sguardo*

innescate dall'arte performativa e dai *new media*.

Come con i dadaisti, anche in questo caso si ha la parvenza di essere attratti ma allo stesso tempo respinti dalle opere, perché, per dirlo con le parole di Walter Banjamin:

> *Coi dadaisti, dalla parvenza attraente o dalla formazione sonora capace di convincere, l'opera d'arte diventò un proiettile. Venne proiettata contro l'osservatore*[14].

Similmente, le opere di Bioarte che guardiamo, ci riguardano e provocano una sensazione perturbante proprio perché contemporaneamente "ci riguardano", in quanto coinvolgono materiale biologico, una materia di cui noi stessi siamo composti. Vengono inoltre aperte questioni sul fronte sociale ed etico, riguardo alle pratiche utilizzate dagli stessi bioartisti e riguardo al ruolo dell'arte nei confronti degli strumenti biotecnologici e genetici.

Ed emerge una maggiore difficoltà nell'istituire una relazione con entità viventi o semi-viventi, piuttosto che con organismi inorganici; paradossalmente abbiamo infatti la tendenza ad accettare più facilmente le sperimentazioni nel campo nella robotica, quindi nel dominio dell'inorganico, ma ci sentiamo più disturbati nei confronti delle sperimentazioni che intaccano il nostro dominio, ossia quello organico, proprio perché "ci riguarda".

Sarà consapevoli di questa "controindicazione" che verranno quindi analizzati più nello specifico alcuni artisti all'interno di un panorama così complesso ed esteso come quello della Bioarte.

Gli esempi scelti sono ritenuti centrali nel movimento ed in particolare in nella *Biotech Art* e nella *Transgenic Art* e sono Eduardo Kac, Oron Catts e Ionat Zurr del *The Tissue Culture & Art Project* ed infine Guy Ben-Ary; questi ultimi tre sono tutti ricercatori del laboratorio *SymbioticA* della University of Western Australia.

---

nell'arte contemporanea, Roma: Fazi Editore.

14. Benjamin, Walter 1966 (1936), *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Torino: Einaudi.

3.1.1

EDUARDO KAC: TELEPRESENZA E BIOARTE

Dialoghi inter-specie e manipolazioni transgeniche

Il titolo di questa parte trae ispirazione dal libro "Telepresenza e bioarte. Interconnessioni in rete fra umani, conigli e robot"[1] dello stesso Eduardo Kac, dove l'artista brasiliano procede con un excursus delle sue principali opere per mettere in luce il suo obiettivo artistico: quello di utilizzare gli strumenti della biologia, la tecnologia ed i dispositivi di comunicazione per instaurare una dimensione dialogica inter-specie. L'esperienza intersoggettiva è infatti cruciale fin dai suoi primi esperimenti artistici, dove Kac ha spinto sulla dimensione relazionale data dal paradigma informatico per farne dispositivo di interconnessione tra organismi biologici e dispositivi elettronici. Il fondamento dialogico si reifica quindi in quella che Kac indica come "telepresenza", che punta all'interazione conversazionale tra bio-telecomunicazioni, bio-robotica e utenti umani e non-umani (animali, piante e computer), cercando di indagarne aspetti cognitivi, biologici e sociali.

Si parte da una considerazione debitrice alla teoria della Umwelt di von Uexküll[2], che tutti gli altri esseri viventi compiono esperienze percettive del mondo in maniera differente tra di loro e rispetto all'uomo stesso, proprio perché ognuno è chiuso all'interno della propria "bolla percettiva". Kac afferma quindi che la non consapevolezza delle diverse modalità di percezione può diventare materia d'arte, utilizzando quindi il medium artistico per comprendere l'esperienza

1. Kac, Eduardo 2016 (2005), *Telepresenza e bioarte. Interconnessioni in rete fra umani, conigli e robot*, Bologna: Clueb Editrice

2. Cfr. von uexküll, Jakob 2013 (1933), *Ambienti animali e ambienti umani. Una passeggiata in mondi sconosciuti e invisibili*, Lavis (TN): Quodlibet

estetica del mondo non-umano, iniziando a fare arte "per" e "con" il non-umano.

La telepresenza è quindi strumento, interfaccia attraverso cui riconnettere empaticamente i soggetti coinvolti, ma nei lavori più maturi di Kac cede il passo ad un'applicazione bioartistica e transgenica, dove la comunicazione non è più superficiale, ma si sintetizza in un'intersezione più profonda. I suoi ultimi lavori hanno infatti assorbito il paradigma biotecnologico, sollevando anche questioni di natura bioetica sulla legittimità per fini estetici di queste pratiche transgeniche. Tuttavia, l'intento dell'artista è quello di allontanarsi da una visione utilitaristica della scienza volta al perfezionamento della specie, che sfocerebbe nell'eugenetica che in secoli di ibridazione e allevamento selettivo ha originato specie vegetali nuove e con fini unicamente decorativi. Kac vuole, piuttosto, creare dei soggetti transgenici con cui stabilire una relazione, un dialogo, per instaurare anche un meccanismo di introiezione di un soggetto nell'altro, riconoscendo queste creazioni nuove come soggetti sociali, piuttosto che puri oggetti d'arte. Attraverso l'arte transgenica si prefigura quindi una connessione inter-specie, per cercare di riabilitare il concetto di "transgenico" che spesso viene associato a qualcosa di "mostruoso", e puntare a costruire una dimensione dove un primo soggetto può abitare la posizione del secondo e dove l'altro – a tutti gli effetti creazione nuova inserita in un preciso contesto sociale – necessita di responsabilità, di cure e di interazione dialogica[3].

3. Cravero, Claudio 2011, "*Living Works. Eduardo Kac*" in **AA. VV.**, *Paesaggi del corpo-ambiente*, Biella: Eventi & Progetti Editore

Titolo: Essay Concerning Human Understanding
Anno: 1994
Location: tra Lexington (Kentucky) e New York

Citando esplicitamente l'omonimo libro *An Essay Concerning Human Understanding* (in italiano: *Saggio sull'intelletto umano*) pubblicato dal filosofo britannico John Locke nel 1690, Eduardo Kac nel 1994 inaugura quello che considera il suo primo lavoro progettato esplicitamente per due soggetti non-umani.

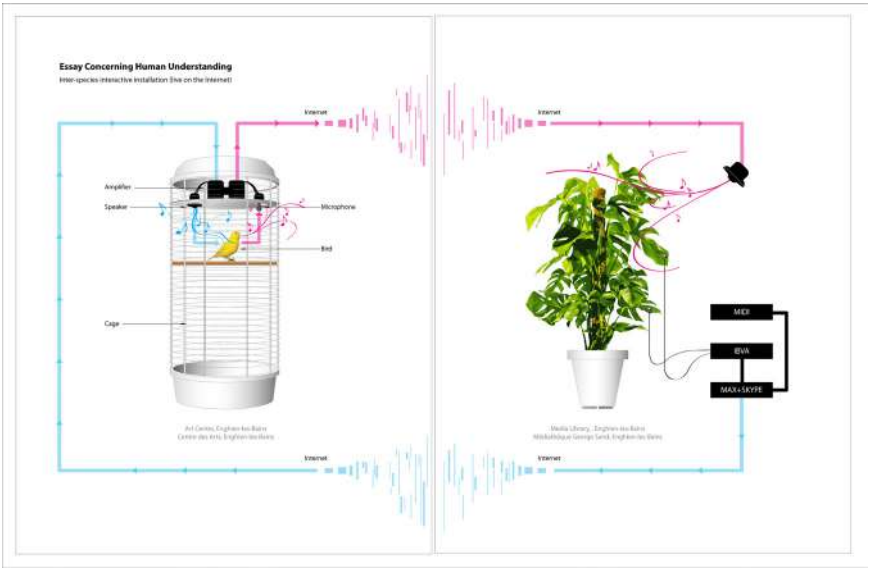
Con atteggiamento critico nei confronti del pensiero filosofico occidentale che prima dello sviluppo dell'etologia cognitiva degli anni '80 pensava che gli animali non fossero in grado di produrre un loro linguaggio, Kac utilizza quindi la tecnologia come strumento per rendere esplicita proprio la comunicazione tra specie che, altrimenti, sarebbe invisibile ai nostri occhi.

Realizzata insieme a Ikuo Nakamura, l'installazione sonora live, bi-direzionale, interattiva, telematica si basa sulla comunicazione tra un canarino ed una pianta di filodendro dislocati rispettivamente

al Center for Contemporary Art dell'Università del of Kentucky a Lexington ed alla Science Hall di New York.

I due soggetti sono collegati attraverso una linea internet telefonica: attraverso dei sensori la melodia del canarino arriva alla pianta e le influenze elettromagnetiche prodotte dal vegetale sono simultaneamente restituite alla gabbia in cui l'animale alloggia, in una progressione circolare e potenzialmente infinita.

La presenza dell'uomo subentra come fattore di interferenza nella comunicazione, interagendo sia con la pianta che con l'uccello ed alterandone il comportamento anche solo attraverso la prossimità fisica, che in alcuni casi porta ad un maggior stimolo del canarino che, sollecitato dall'interazione umana, aumenta il proprio canto, provocando una reazione simultanea anche nella pianta. Il circuito quindi è in continua evoluzione rispetto al comportamento dei soggetti che lo compongono e delle contingenze esterne.



▲ Eduardo Kac, Diagramma di funzionamento dell'installazione.
Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

Consentendo a un animale isolato ed in gabbia di avere una conversazione telematica con un membro di un'altra specie, quest'installazione drammatizza il ruolo della comunicazione e delle telecomunicazioni. L'esperienza comunicativa inter-specie osservata nella galleria riflette il nostro desiderio di interazione, il nostro desiderio di raggiungere e rimanere in contatto; pertanto vuole essere un rimando alla creazione di un'opera d'arte per non-umani ma allo stesso tempo è uno spunto per riflettere sull'isolamento e la solitudine umana.

Questo pezzo fa inoltre emergere le complessità della comunicazione umana mediata elettronicamente su organismi non-umani.

In occasione della prima mostra personale italiana dedicata a Eduardo Kac e dal titolo "*Living Works*", organizzata nel 2011 dal PAV – Parco Arte Vivente di Torino, l'opera viene riproposta collocando il canarino all'interno del PAV e il filodendro nella sala lettura della Manica Lunga del Castello di Rivoli. Kac, in un intervento[4] fatto durante il workshop, aggiunge un interessante commento, sottolineando cosa succede dal punto di vista dell'esperienza umana: il visitatore, vedendo solo uno dei due soggetti della comunicazione, non è mai in grado di vedere la totalità dell'installazione; solo innescare un processo di delocalizzazione rende possibile ricomporre l'opera come un unicum e, di conseguenza, percepirne l'aspetto dialogico, facendo emergere come sia importante essere coscienti della soggettività del proprio punto di vista, che non può che essere parziale ed instabile, dinamico ed imprevedibile proprio come un dialogo.

4. È possibile guardare il video con il montaggio dell'intervento a questo indirizzo: https://www.youtube.com/watch?v=XDFvTxyZLLs [ultimo accesso 22.05.2019]

Riproduzione dell'opera in occasione della mostra personale "*Living Works*" nel 2001 a Torino.
Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

Titolo: Teleporting An Unknown State
Anno: 1994-1996
Location: New Orleans

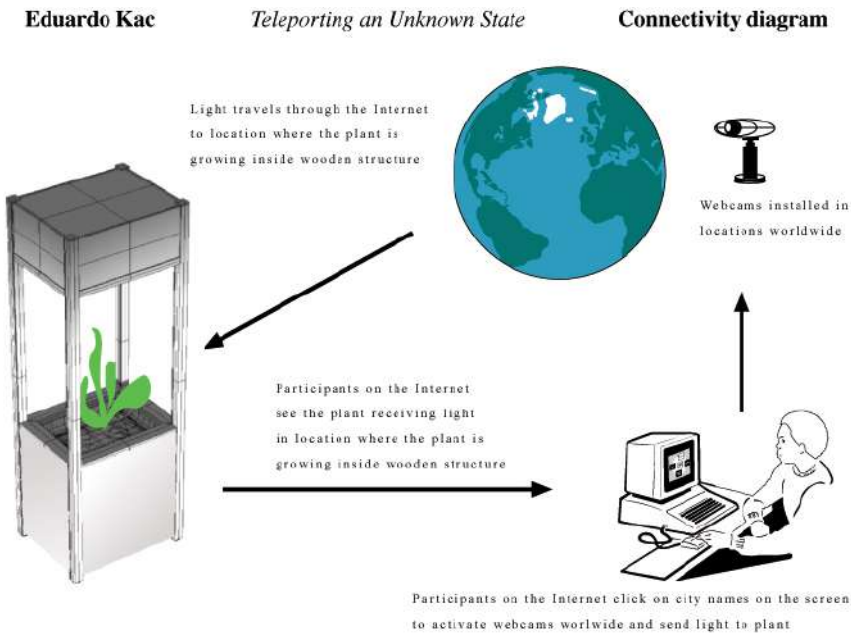
L'installazione viene definita come un'installazione interattiva "biotelematica", che si serve dell'intersezione tra le nuove tecnologie ed i processi biologici.

Lo spazio buio della Kibla Art Gallery di New Orleans funge da vivaio per la crescita di una pianta che è posta su un piedistallo, sopra cui è sospeso un videoproiettore e davanti al quale è posto un computer connesso alla rete Internet. Per agevolare la trasmissione di luce in via remota e consentire alla pianta di innescare il processo di fotosintesi, Kac prende ispirazione dall'idea del teletrasporto di particelle (e non di materia) fuori dal contesto scientifico per mutuarlo artisticamente nel dominio dell'interazione sociale consentito da Internet e proseguire il filone di sperimentazione delle forme di comunicazione con i media elettronici e le differenti specie.

I partecipanti dislocati fisicamente dalla galleria e situati

in otto diverse regioni della Terra (Chicago, Vancouver, Cabo San Lucas, Parigi, Antartico, Mosca, Tokyo e Sydney) possono accedere al sito web dell'installazione ed inviare tramite webcam immagini del luogo dove si trovavano. A questo punto, la galleria di immagini recepita dal sito viene trasmessa al videoproiettore che la riproduce sul pavimento della galleria dove era situata la pianta, donandole la luce necessaria.

La trasmissione remota di fotoni attraverso il videoproiettore avviene quindi grazie al medium delle immagini video, ma queste vengono usate non per il loro contenuto rappresentativo, piuttosto per il fenomeno ottico generatore di luce che consente la crescita biologica della pianta.



▲ Eduardo Kac, Diagramma di funzionamento dell'installazione.
Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

Durante l'operazione, scaturisce un senso di comunità e responsabilità collettiva nei confronti di un altro organismo vivente, senza la necessità di scambiarsi messaggi verbali, ma solo attraverso dei "fatti", delle azioni di cui individui anonimi possono rendersi partecipi da diverse parti del mondo, sovvertendo il modello unidirezionale generato dallo standard di trasmissione dell'industria delle comunicazioni.

Kac è infatti in aperta polemica con il bombardamento mediatico di informazioni o di messaggi specifici nei confronti di ricevitori passivi e con "*Teleporting An Unknown State*" vuole mettere in luce una riflessione sull'ecologia di Internet e sulla possibilità di utilizzare in maniera positiva l'aspetto sociale e collaborativo delle relazioni virtuali.

In questo modo si genera un network tra lo spazio fisico della galleria, la vita da supportare in tempo reale e lo spazio intangibile della rete, esprimendo il concetto di interconnessione intersoggettiva dato dal flusso di informazioni tra i diversi soggetti coinvolti.

Attraverso l'infrastruttura tecnologica si crea un'esperienza dove la connessione Internet non è solo fatto comunicativo, ma diventa sistema di supporto vitale.

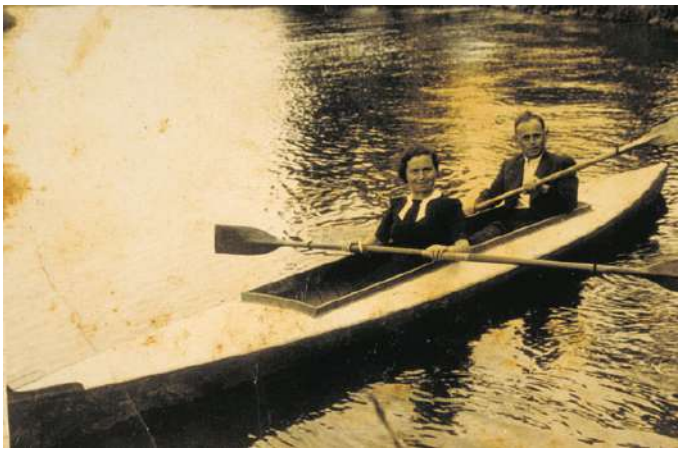
Due immagini dell'utilizzo dell'installazione attraverso l'app sul cellulare, in occasione di una riproduzione dell'opera nel 2011.
Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

Titolo: Time Capsule
Anno: 1997
Location: San Paolo del Brasile

"*Time Capsule*" rappresenta un momento chiave nella ricerca artistica di Eduardo Kac: è da questo momento che, infatti viene coniato il termine "bioarte" (cfr. 3.1) per legare non più solo l'aspetto figurativo alle opere, ma per incarnare l'attuale ibridazione e sperimentazione delle nuove biotecnologie al livello metabolico e negli aspetti molecolari del corpo.

Si può considerare come a metà tra un evento-installazione, un lavoro *site-specific* (dove il "sito" è dislocato tra il corpo dell'artista ed il database remoto) ed una trasmissione simultanea sia televisiva che informativa. Il titolo della performance deriva dal nome dato ad un microchip sottocutaneo contenente un numero di identificazione programmato, integrato all'interno di una bobina e un condensatore, tutti sigillati ermeticamente in una capsula di vetro biocompatibile.

L'oggetto è stato innestato nella caviglia sinistra in diretta televisiva dal centro culturale Casa das Rosas di San Paolo del Brasile, nella cui stanza erano state disposte sette fotografie color seppia, scattate negli anni '30 e ritraenti famigliari est-europei di Kac.



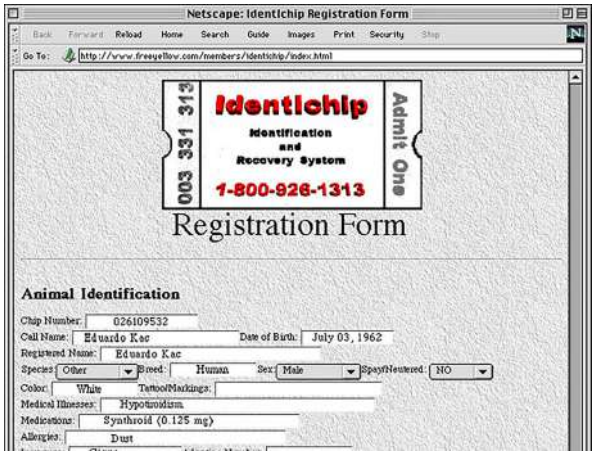
▲ Una foto contenuta nella capsula innestata nella caviglia di Kac, ritraente i suoi nonni. Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

Queste immagini funzionano come prima capsula temporale, ponendo gli spettatori davanti alla memoria di un passato congelato in quelle foto, per poi solo successivamente concentrare l'attenzione dei precedenti sul processo di incorporamento del concetto di memoria all'interno del proprio corpo, questa volta però con un sistema tecnologico più avanzato.

In "*Time Capsule*" la presenza del chip all'interno del corpo ci costringe infatti a considerare la co-presenza con ricordi vissuti e memorie, che diventano vere e proprie protesi nel corpo, in una fusione cibernetica tra carne e circuiti.

La scansione dell'impianto genera inoltre un segnale radio che eccita il microchip per trasmettere il codice numerico unico associato al chip al display del computer posto in sala. Tramite questo è possibile accedere ad un database remoto situato negli Stati Uniti, usato generalmente per registrare gli animali e dove precedentemente l'artista aveva inserito i suoi dati e che dà la possibilità di spiare

all'interno dei dati contenuti nella capsula.



▲ Uno screen del database dove è stato registrato il numero identificativo del chip di Eduardo Kac.
Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

Utilizzando come medium le immagini ed i dati contenuti nel microchip, Kac apre una doppia istanza interpretativa della performance. Innanzitutto, ha voluto aprire una riflessione sulla progressiva invasione nella società contemporanea di valori legati all'immagine, in gran parte slegati dalla necessità di scattare una foto per questioni puramente legate alla memoria, ma proiettati, piuttosto, ad un uso più superficiale ed estetico del mezzo.

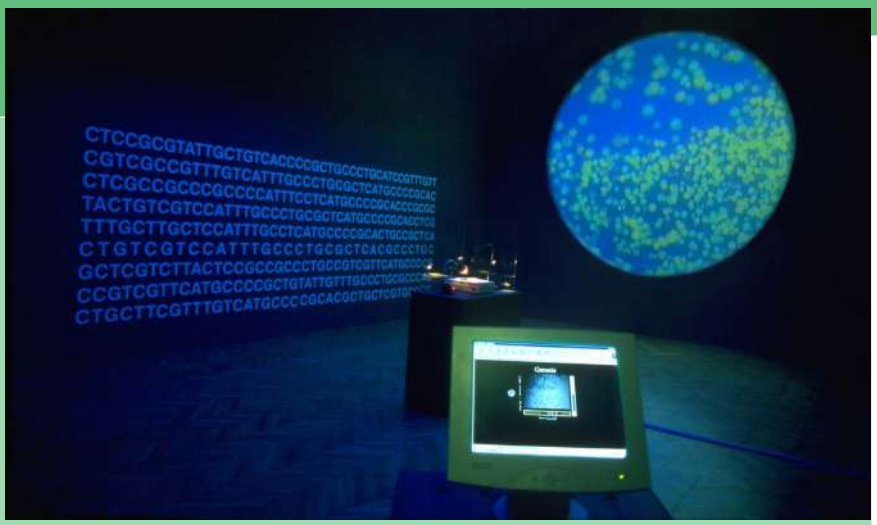
La possibilità di manipolazione offerta infatti dai media digitali ha aperto ad una serie di conseguenze che riguardano l'importanza che noi stessi diamo all'immagine, spesso ritenuta valida solo se modificata per cambiare in meglio il nostro aspetto originale, e che nelle estreme conseguenze porta ad un disallineamento tra come si appare e come si vorrebbe apparire, risolto con la chirurgia estetica che di fatto cancella la memoria della precedente immagine di noi stessi.

Un secondo livello della performance è invece legato alla pervasività del digitale, che penetrando letteralmente nel corpo, rende obsoleto considerare la pelle come confine che delimita i nostri confini corporei.

Allineandosi quindi al pensiero transumanista che abbiamo accennato parlando delle esperienze di potenziamento corporeo nel capitolo precedente (cfr. 2.2), grazie all'intersezione con le tecnologie il sé fisico può trovare molteplici espansioni nei network digitali.

▲ Sequenza della performance tenuta in diretta televisiva in cui è possibile vedere l'iniezione del microchip sottocutaneo, il meccanismo di scansione del codice identificativo e una radiografia del piede dell'artista dove è possibile vedere il chip in alto a sinistra.

Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]



Titolo: Genesis
Anno: 1999
Location: Linz, Austria

"*Genesis*" è il primo dei tre lavori della trilogia della creazione (con "*GFP Bunny*" e "*The Eighth Day*") e rappresenta l'applicazione del *Manifesto della Transgenic Art* scritto da Eduardo Kac nel 1998.

L'opera d'arte transgenica esplora l'intricata relazione tra biologia, sistemi di credenze, tecnologia dell'informazione, interazione dialogica, etica e Internet. L'elemento chiave del lavoro è un "gene dell'artista", cioè un gene sintetico che è stato inventato da Kac e che non esiste in natura.

Questo gene è stato creato traducendo una frase di un passo biblico tratto dal Libro della Genesi in codice Morse e dal quale, successivamente veniva sintetizzata una sequenza di DNA; più precisamente è stato scelto il passo il seguente:

> *"E l'uomo domini sui pesci del mare e sugli uccelli del cielo, e su ogni essere vivente che striscia sulla terra."*

È chiaro che la scelta del passo non è casuale, perché l'artista si vuole porre in contraddizione con le implicazioni di una dichiarazione del genere che sembra sancire "divinamente" la legittima supremazia dell'umanità sulla natura.

Il Codice Morse fu invece scelto perché, spingendo sulla dimensione "dialogica" e quindi sul "linguaggio", si è voluto creare un riferimento esplicito a quello che fu di fatto il primo linguaggio impiegato dall'uomo per comunicare a distanza tramite radiotelegrafo e che rappresenta l'alba dell'era dell'informazione, la genesi della comunicazione globale.

A questo punto, il passo in codice Morse viene, successivamente, tradotto in una sequenza di DNA, che informa un gene sintetico che viene incorporato in alcuni batteri di *Eschierica Coli*, esposti in una galleria d'arte in occasione del festival *Ars Electronica* di Linz del 1999.

▲ Eduardo Kac, *Encryption Stones*, lastre di granito incise a laser con le operazioni intersemiotiche alla base del processo di traduzione dell'installazione.

Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

Qui, vi è collocato un contenitore con i batteri transgenici: alcuni sono provvisti di una proteina naturale, la GFP, che li rende verdi fluorescente se esposti alla luce ultravioletta; altri, contengono il gene sintetico, vengono alterati in modo da ottenere una colorazione da verde a blu con una proteina (la ECFP: *Enhanced Cyan Fluorescent Protein*); successivamente questi vengono messi insieme ad altri batteri *E. Coli* privi del gene sintetico, la cui colorazione viene alterata in giallo (EYFP: *Enhanced Yellow Fluorescent Protein*).

In contatto gli uni con gli altri questi batteri interagiscono tra loro dando vita a possibili mutazioni, visibili sempre attraverso i raggi UV, a cui si aggiunge anche la mutazione causata dell'interazione del pubblico: grazie ad un'apparecchiatura controllata via Internet, il pubblico può infatti gestire l'accensione dei raggi UV, accelerando il processo di mutazione che avviene al livello genetico ma che è reso evidente anche attraverso il cambiamento di colorazione.

Durante l'esposizione in galleria i batteri sono contenuti in un vetrino e su un piedistallo al centro della sala, ripresi da una videocamera collegata a dei computer: uno è on-line e consente agli utenti di attivare con un click i raggi UV, l'altro sintetizza la musica del "gene d'artista" con un mixer progettato per leggere la sequenza di DNA in evoluzione.

Usando un gesto elementare come quello del click, i partecipanti quindi possono decidere se interferire con i processi o lasciare che l'interazione tra i batteri segua un decorso naturale.

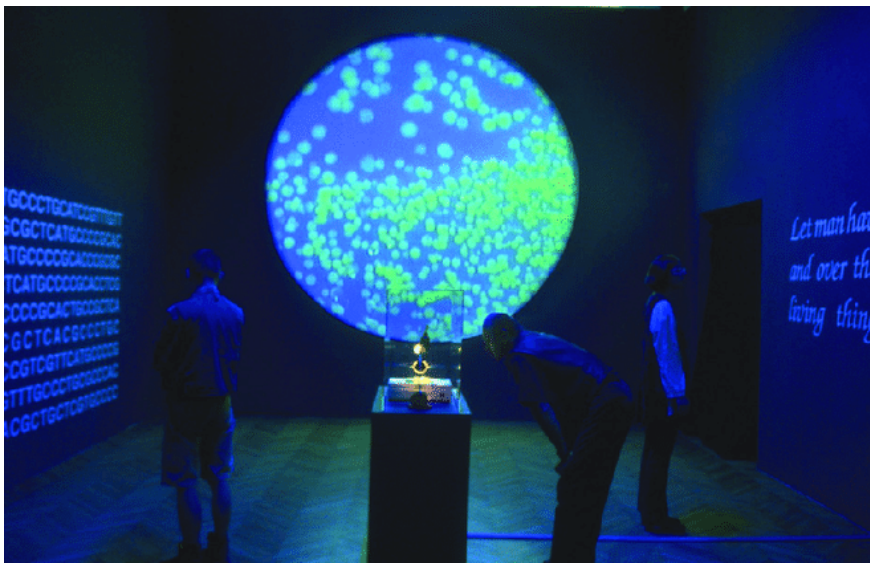
Questo diventa occasione per evidenziare un paradosso: la disinvoltura con cui l'ingegneria genetica può trascendere al livello più ordinario della nostra esperienza ed il fatto che la decisione del partecipante non acquista solo valenze etiche, ma anche simboliche. Decidendo di intervenire o meno sulla modificazione dei batteri, infatti, si decide anche se modificare la frase biblica iniziale che essi contenevano.

Non c'è più separazione tra le cose: il DNA diventa informazione e l'informazione diventa DNA, che può cambiare un con un click.

I confini tra organico e digitale con "*Genesis*" diventano quindi sempre più sfumati.

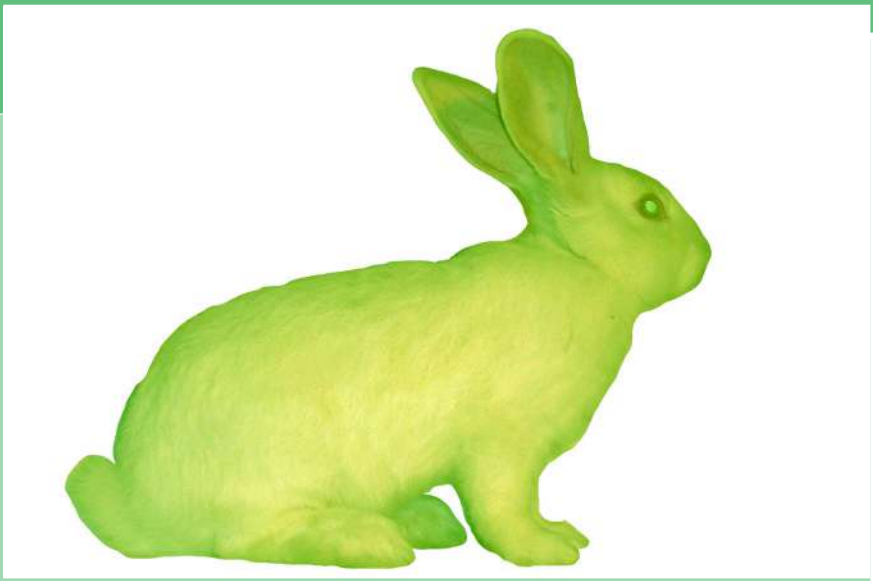
> *Si tratta di rimettere in discussione la supremazia del DNA. Il progetto Genesis rende evidente che la 'vita' non può più essere considerata come un fatto puramente biochimico, ma costituisce un fenomeno complesso, all'incrocio tra credenze, economia, diritto, decisioni politiche, leggi scientifiche, costrutti culturali*[5].

5. Citazione dello stesso Eduardo Kac estratta da un'intervista di Maurizio Bolognini del 2004 per LuxFlux, disponibile online all'indirizzo: http://www.luxflux.net/bioestetica-arte-transgenica-e-il-coniglio-verde-conversazione-con-eduardo-kac-2/ [ultimo accesso 22.05.2019]



▲ Vista della sala della galleria: al centro si può vedere il piedistallo con i batteri e la videocamera collegata al computer da cui è possibile gestire la mutazione genetica. Sulla parete di fondo vi è la proiezione live dell'immagine circolare dei batteri, ottenuta con una macrocamera, mentre sulle pareti laterali sono presenti la sequenza di DNA dei nucleotidi e la frase originale dell'Antico Testamento.
Kac trasforma lo spazio espositivo in un ambiente dialogico poliglotta dove si intersecano tre linguaggi: quello alfabetico, quello biologico e quello Morse/digitale.

Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]



Titolo: GFP Bunny
Anno: 2000
Location: Avignone, Francia

Veniamo all'opera più conosciuta e controversa di Eduardo Kac: dopo "*Genesis*" l'artista decide di spingersi oltre e, insieme a scienziati genetisti, come il precedentemente citato Louis Bec (cfr. 3.1), decide di realizzare un organismo complesso geneticamente modificato.

Nel 2000 nasce Alba, il coniglio albino anche conosciuto come "*GFP Bunny*", dal nome della proteina con cui è stato modificato per diventare verde fluorescente sotto la luce UV.

Proprio per questo, l'esperimento viene giudicato sia drastico, per l'invasività di tale procedura, che minimo, perché in condizioni normali gli effetti di questa manipolazione non sono visibili, per cui c'è sempre stata una certa ambiguità anche nel considerarla come un'opera radicale ed al tempo stesso non particolarmente preoccupante, in quanto il coniglio di fatto non ha

subìto alcun maltrattamento e l'obiettivo di tale opera è di fare alcune considerazioni sulla normalità genetica e sulla sua conseguente alterazione. La tensione è generata dal paradosso che si crea tra la familiarità generalmente associata ad un qualsiasi coniglio, che viene accettato socialmente per la sua "normalità", e la repulsione provata invece nei confronti di Alba, che lo equivale ma che contiene una piccola alterazione, per altro esplicita solo in determinate condizioni, e che pertanto è invece divenuta sinonimo di una chimera spaventosa, verso la quale provare sensazioni di non familiarità.

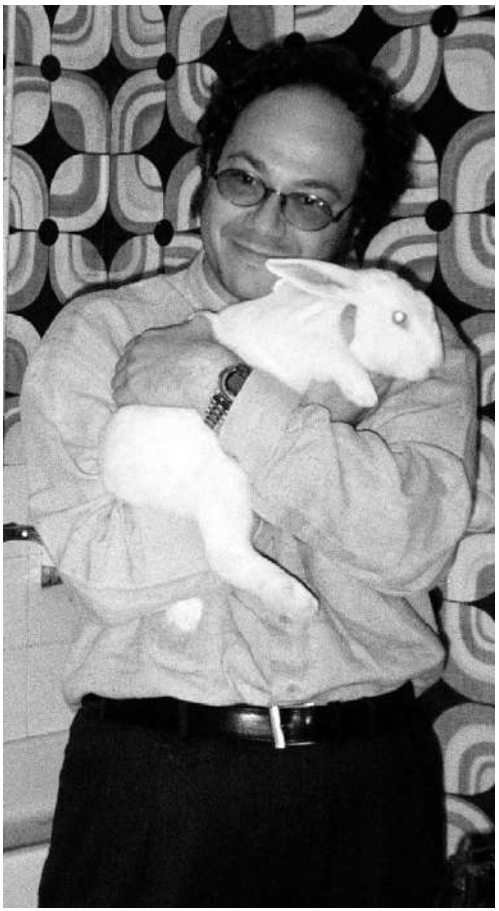
Alba sarebbe dovuta essere presentata ad Avignone a giugno del 2000, nel corso della manifestazione "*Artransgénique*", ma fu censurata a seguito delle polemiche, pertanto non si è avuto il tempo di analizzare effettivamente tutte le ripercussioni dell'opera, che come secondo step sarebbe dovuta entrare a far parte del nucleo famigliare dello stesso Kac, accettata quindi come individuo sociale e, soprattutto, accudita.

Si possono, tuttavia, fare alcune riflessioni a riguardo. Innanzitutto, la proteina con cui Alba è stata creata (la EGFP: *Enhanced Green Fluorescent Protein*) è responsabile della bioluminescenza naturale di alcuni organismi come la medusa *Aequorea Victoria* e viene normalmente utilizzata nel campo nella biologia molecolare e nei laboratori scientifici per verificare la presenza di determinate proteine in un organismo (proprio per l'effetto luminescente che provoca) e, di conseguenza, questo rappresenta un primo dato sull'innocuità della stessa, che non avrebbe rappresentato un fattore di rischio per la salute del coniglio.

Ma la cosa più interessante è che Kac vuole sottolineare l'aspetto sociale, piuttosto che quello formale, di tutto l'esperimento, costituendo Alba stessa un evento sociale complesso, che apre anche alla fase di dibattito sulla legittimità di un'operazione di ingegneria genetica che per la prima volta viene associata alla presunta "inutilità" dell'arte, che non trova una sua giustificazione nelle finalità della ricerca scientifica per le quali invece l'operazione sarebbe passata del tutto inosservata.

Quello che Kac è riuscito a fare è, insomma, un fatto-atto comunicativo: dalla metafora si passa ad un fatto, trasformando un esperimento scientifico in un linguaggio performativo.

L'evento ha attivato e attirato confronti, relazioni, scontri, enfatizzando il nocciolo centrale che per Kac ha l'arte transgenica, ossia l'aspetto sociale della biodiversità, che sfida l'idea di purezza genetica per mettere in luce la fluidità del concetto di "specie" in un contesto sociale che è esso stesso sempre più "transgenico".



▲ L'artista con la coniglietta transgenica Alba.
Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

Titolo: GFP Bunny
Anno: 2000
Location: Avignone, Francia

La terza opera sulla triade della creazione è "*The Eight Day*", inaugurata nell'Arizona State University nel 2001. Anche qui i riferimenti biblici non mancano e chiaramente la posizione polemica diventa evidente nel momento in cui all'ottavo giorno si associa un tipo di creazione che ha come base l'arte transgenica.

Dopo le censure subìte con la manipolazione a cui era stata sottoposta la coniglietta Alba, Kac infatti non si ferma ed in questa ulteriore opera decide di riproporre un'intera nuova ecologia in piccola scala, composta da creature fluorescenti contenute all'interno di una cupola di plexiglas. Non è chiaro il motivo per il quale quest'opera non abbia ricevuto le stesse critiche del suo precedente, possiamo però immaginare che l'utilizzo di un animale domestico come un coniglio, così famigliare all'uomo, possa destare più problemi da un punto di vista etico/bioetico, piuttosto che altre specie come i topi utilizzati in

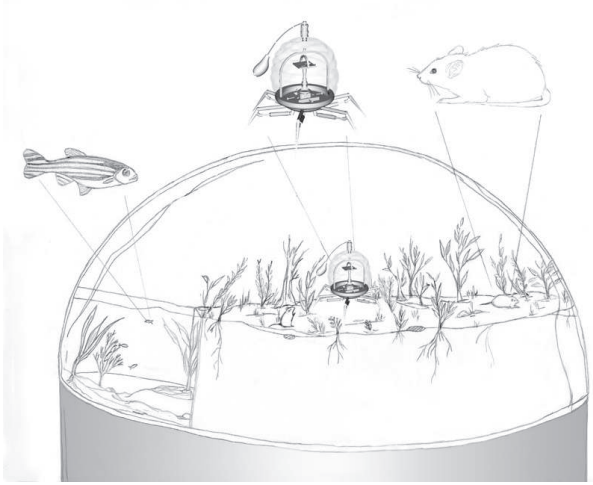
quest'opera, per i quali l'utilizzo come cavie da laboratorio è ben più consolidato ed accettato.

Oltre a stimolare quindi una riflessione proprio su questo aspetto, Kac nell'installazione ha più che altro voluto sperimentare l'interazione tra soggetti geneticamente modificati con la proteina verde fluorescente ed un robot biologico, il BioBot.

Ne deriva quindi un ecosistema ibrido, di piante, topi, pesci transgenici ed un biorobot che contiene nel suo "cervello" una colonia di amebe che ne influenzano il comportamento.

Oltre ad essere un'interfaccia per utenti esterni che attraverso la rete internet possono connettersi con il robot e partecipare all'installazione immedesimandosi nel suo sguardo, diviene quindi anche un organismo semi-vivente, che si integra e reagisce con le altre specie.

▲ Zoom sui vari organismi che costituiscono l'ecosistema transgenico.
Fonte: https://crossings.tcd.ie/gallery/Kac/Eighth_Day/ [ultimo accesso 23.05.2019]



▲ Schema delle componenti dell'installazione.
Fonte: https://crossings.tcd.ie/gallery/Kac/Eighth_Day/ [ultimo accesso 23.05.2019]

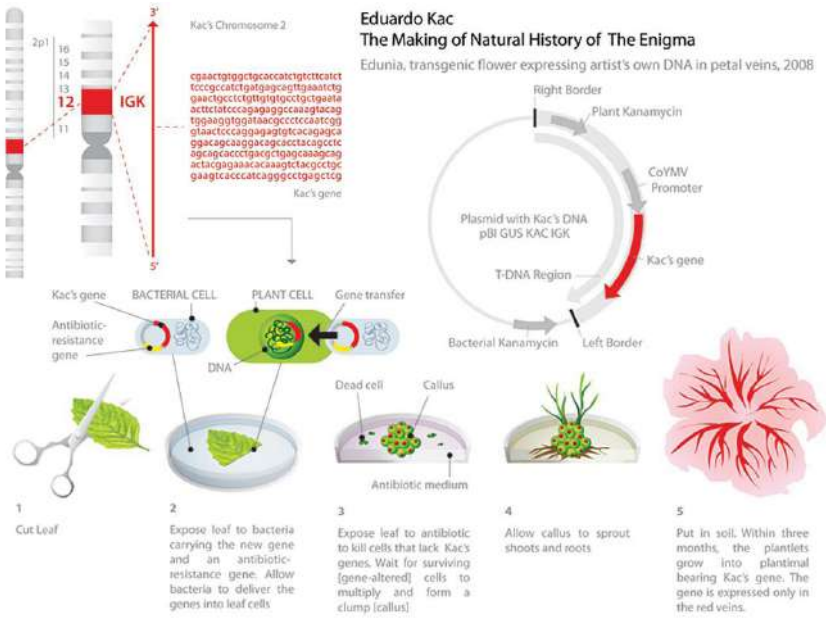
Titolo: Edunia
Anno: 2003-2008
Location: Minneapolis, Minnesota

"*Edunia*" è, infine, uno dei progetti più recenti e parte dalla volontà di ricucire la disconnessione tra Uomo e altre specie, a partire dalla teoria evoluzionista che ci vede separati dalle piante. Kac vuole, invece, esprimere il concetto di co-evoluzione, portando alla definitiva dissoluzione dei confini inter-specie e portando alla creazione di una nuova specie vegetale, risultato dell'intersezione di una pianta di petunia con un gene umano.

Viene, infatti, prelevato un campione del sangue dell'artista, da cui viene isolata una sequenza genetica che è parte del sistema immunitario, che quindi è atta a identificare la presenza di corpi estranei. La foglia di petunia viene tagliata ed esposta al batterio trasportatore del gene sintetizzato e ad un antibiotico che resiste al gene e che consente il trasferimento del materiale genetico all'interno delle foglie.

Un ulteriore passaggio consente l'abbattimento di alcune cellule all'interno della foglia che però sono mancanti nel gene di Kac e che lasciano quindi la possibilità alle cellule restanti di moltiplicarsi per formare un cumulo che rappresenta il seme della nuova pianta-ibrido. Il cumulo, germogliando, in tre mesi porta alla luce il plantanimal con il gene di Kac, espresso attraverso delle venature rosse che compaiono nei sistemi vascolari dei petali di "*Edunia*".

L'immagine che ne scaturisce è molto forte, sia perché anche percettivamente si ha la sensazione che ciò che è di fronte a noi abbia qualcosa di "umano", sia perché il parallelismo tra le venature della pianta ed il sangue umano è pressoché immediato, rendendo più esplicita quella che è in realtà una similitudine comprovata, tra sistema vascolare animale e vegetale, che avevamo già evidenziato nel capitolo precedente della dissertazione, in occasione dell'esperimento per la ricostruzione di tessuto cardiaco a partire da una foglia di spinacio (cfr. 2.1).



▲ Schema del processo di ibridazione tra il DNA di Kac ed il fiore di petunia.
Fonte: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

3.1.2

THE TISSUE CULTURE & ART PROJECT

Grotteschi artefatti da "coltivare"

Risale al 1996 la coniazione del termine "semi-vivente", utilizzato dai ricercatori Oron Catts e Ionat Zurr per descrivere entità composte a partire da tessuti estratti da organismi complessi e mantenute in vita all'esterno del corpo da cui provengono con l'aiuto di tecnologie.

Con questa definizione ci si riferisce principalmente a quel tipo di tessuti coltivati senza avere scopo biomedico, ma che vengono utilizzati come entità evocative, create con l'intento artistico di utilizzare questi prototipi concettuali di organismi semi-viventi per interrogarsi su una nuova modalità di concepire la vita.

Una vita che nel porsi a metà tra il vivente ed il non vivente più propriamente detti, può essere senza genere, multirazziale e senza specie (o multi-specie)[1], divenendo input per la riarticolazione del rapporto tra umano e non-umano in un'ottica post-antropocentrica (cfr. 2.2).

Con il loro *The Tissue Culture & Art Project* (abbreviato *TC&A Project*) Catts e Zurr vogliono quindi utilizzare i metodi sviluppati dall'ingegneria tissutale per arrivare alla manipolazione di organismi semi-viventi coltivati in bioreattori, mettendo in crisi il concetto stesso di oggetto e soggetto, di artefatto nato naturalmente o prodotto artificialmente, di essere in crescita o in costruzione.

Di fatto la biomassa coltivata è viva e, proprio grazie al collegamento ad un sistema di sostentamento nutritivo, le viene impedito il passaggio ad uno stato non-vivente. La condizione di semi-vita mette in crisi la classificazione canonica e pone una

1. Cfr. Zurr, Ionat 2008, *Growing semi-living art*, tesi di dottorato, UWA Design School

questione molto interessante, alla quale i ricercatori cercano di rispondere utilizzando il medium artistico, ossia quella che cellule e tessuti, nonostante siano a tutti gli effetti vivi ed in grado di crescere al di fuori dagli organismi dai quali sono stati originati, perdono lo status di soggetti viventi, perché questa qualità è apparentemente legata al corpo fisico da cui provengono e non alle singole entità che lo costituiscono. Spesso, infatti, queste entità vengono adoperate in campo scientifico in maniera utilitaristica, senza riconoscere loro una *agency* o una *proto-agency* che dovrebbe essere intrinseca al loro status di esseri semi-viventi; vengono, invece, comparate ad oggetti inerti, proprio perché estrapolate dal contesto morfologico che le fa percepire come organismi, dimenticandoci che il corpo stesso è in realtà composto proprio dalla cooperazione ed associazione di singole cellule.

Tuttavia, l'inserimento delle cellule tissutali in un corpo tecnologico in qualche modo ricostruisce quell'unità corporea dissolta e funge da incubatore per il passaggio delle sostanze nutritive necessarie alla vita delle cellule stesse.

Ne risulta una nuova percezione di "corpo esteso"[2], che a questo punto comprende anche lo status ibrido di semi-vivente, dove il concetto di "corpo" ritrova la una sua unità fisica proprio grazie alla mediazione tecnologica che funge anche da amplificatore della vita.

Catts e Zurr, insomma, affermano con le loro sperimentazioni la necessità di rivedere l'attuale sistema tassonomico di Linneo, risalente oramai al diciottesimo secolo, in quanto non tiene conto dei più recenti progressi biotecnologici che rompono le consuete modalità di intendere la vita, le specie e ciò che può essere considerato "naturale".

2. Cfr. Zurr, Ionat, Catts, Oron 2006, "*Towards a New Class of Being: The Extended Body*" in Intelligent Agent vol. 6 n. 2; disponibile all'indirizzo: http://www.tca.uwa.edu.au/publication/ia6_2_transvergence_catts_zurr_extendedbody.pdf [ultimo accesso 22.06.2019]

Titolo: Semi-living Worry Dolls
Anno: 2000
Location: Linz, Austria

Il progetto ha visto la collaborazione del duo di ricercatori insieme a Guy Ben-Ary, che in questa fase faceva ancora parte del gruppo TC&A Project, ed è stato presentato per la prima volta in occasione dell'edizione del 2000 del festival *Ars Electronica* a Linz.

L'ispirazione proviene dalle *muñecas quitapenas* della tradizione folkloristica del Guatemala, dove queste "*worry dolls*" (bambole scacciapensieri) sono fatte a mano ed utilizzate come strumento apotropaico per allontanare le preoccupazioni.

Usanza vuole infatti che i bambini, prima di andare a letto, debbano confessare i propri pensieri negativi a ciascuna delle sei bambole contenute nella scatola, ognuna delle quali è deputata all'ascolto ed alla risoluzione di un problema specifico.

Ne nasce, quindi, una versione rivisitata in chiave biotecnologica che trasforma questi oggetti in sculture semi-viventi

composte da aggregati di cellule coltivate, che assumono un aspetto inquietante e quasi disgustoso, che chi scrive ha avuto modo di vedere di persona in occasione della mostra *Human+*[3], qui al Palazzo delle Esposizioni di Roma nel 2018, dove la celebre opera di Catts e Zurr veniva esposta insieme ad altri conturbanti installazioni.

Questi pupazzi di carne assumono una forte valenza simbolica e rappresentano la prima opera semi-vivente ad essere stata mai presentata in un contesto espositivo.

Ce ne sono in tutto sette, contrassegnate da lettere dell'alfabeto:

Doll A = rappresenta la preoccupazione delle verità Assolute e delle persone che pensano di detenerle.
Doll B = rappresenta la preoccupazione della Biotecnologia e le forze che la guidano. (vedi bambola C)
Doll C = sta per la paura del Capitalismo e delle Corporazioni
Doll D = sta per la paura della Demagogia e della Distruzione.
Doll E = sta per la preoccupazione per l'Eugenetica e per le persone che pensano di essere abbastanza superiori per praticarla.
Doll F = è la paura della Paura stessa.
G = è la paura dell'editing genetico
Doll H = simboleggia la nostra preoccupazione per la Speranza e per le conseguenze non intenzionali che derivano da coloro che ne hanno.

Le bambole scacciapensieri semi-viventi sono fabbricate a mano con polimeri biodegradabili (PGA e P4HB) e suture chirurgiche, a cui vengono successivamente incorporate cellule viventi endoteliali, muscolari e osteoblastiche (provenienti cioè da pelle, tessuto muscolare e tessuto osseo) che gradualmente si sostituiscono ai polimeri posti all'interno di un bioreattore in microgravità, che funge da macchina per il supporto vitale, da utero artificiale.

3. Cfr. Kramer, Cathrine (a cura di) 2018, *Human+. Il futuro della nostra specie*, Roma: Edizioni Palazzo delle Esposizioni, pagg. 108-109.

Alla crescita dei tessuti, corrisponde la degradazione dei polimeri.

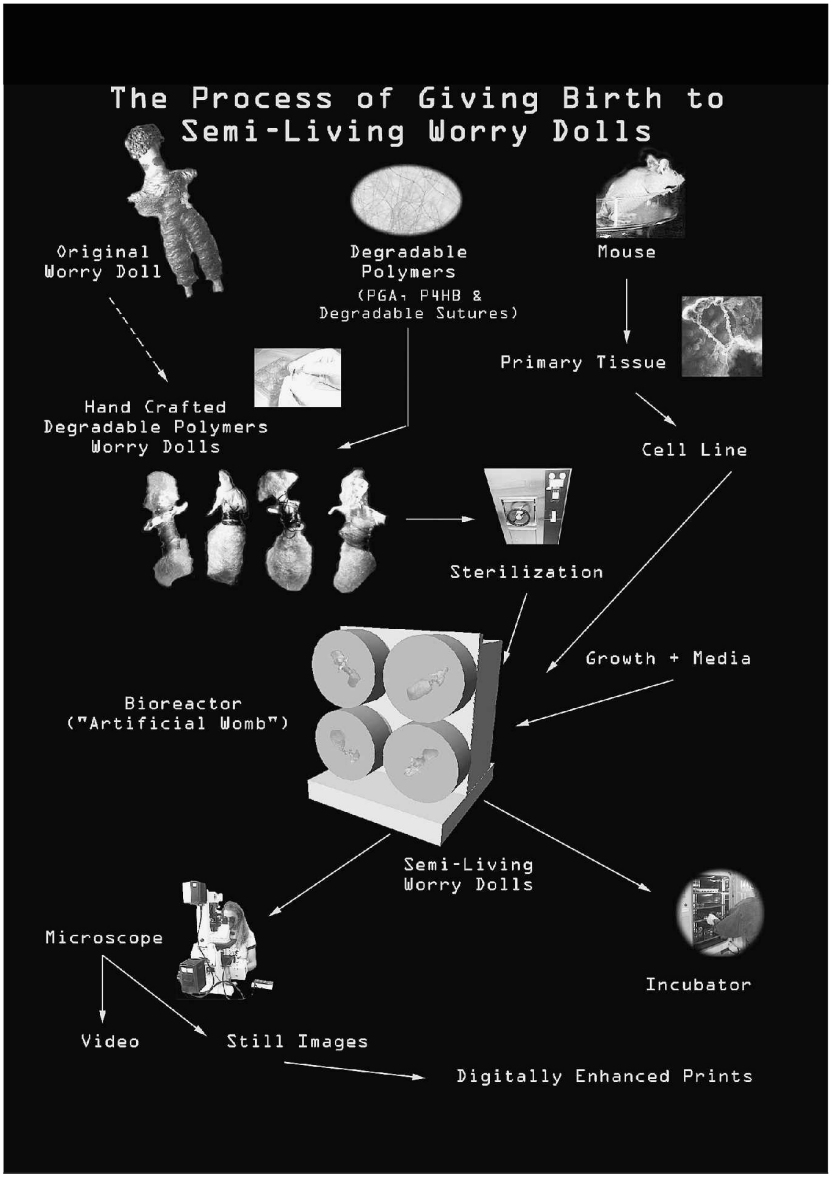
In questo modo le bambole diventano veri e propri artefatti parzialmente vivi con i quali il visitatore è chiamato ad interagire, sussurrando le proprie preoccupazioni attraverso un microfono posto in connessione con la teca che ospita il bioreattore con le *worry dolls*.

Nell'installazione non viene solamente messo in luce un pensiero critico nei confronti del tema della vita e del semi-vivente, ma si punta anche a stimolare una riflessione sul tema della morte. Alla fine di ogni mostra, le opere devono infatti essere uccise, data l'impossibilità di mantenere attivo il meccanismo di alimentazione necessario alla crescita dei tessuti.

Il Rituale della Morte avviene quindi portando le bambole scacciapensieri al di fuori del loro bioreattore, rendendo partecipe il pubblico stesso. I visitatori vengono a questo punto invitati a toccare le sculture: il contatto con i funghi ed i batteri contenti nell'aria e nelle mani provoca la contaminazione delle cellule, portandole alla morte.

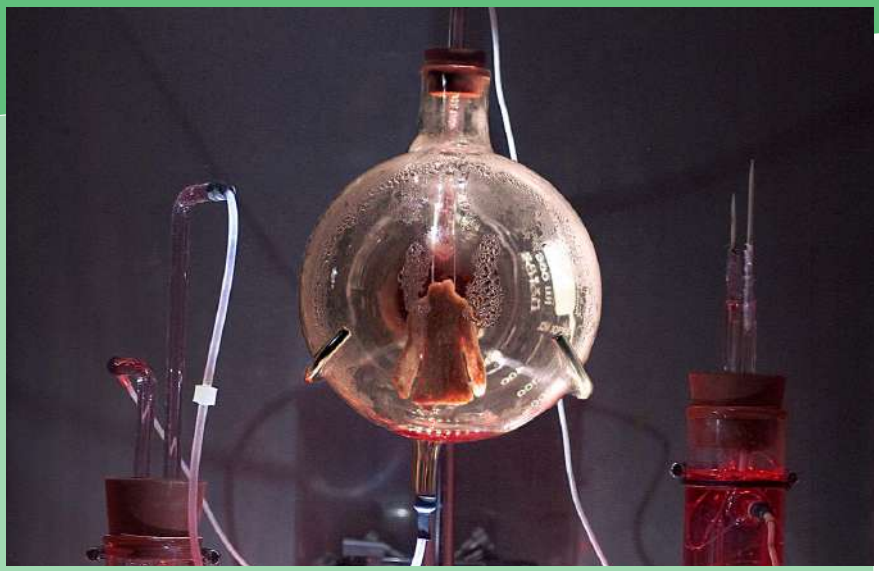
Paradossalmente, è solo nel momento in cui interrompiamo la loro vita che il loro essere delle sculture semi-viventi si manifesta ai nostri occhi.

Viene sottolineata, così, la temporalità dell'arte vivente e le responsabilità che ne conseguono, sia da parte del pubblico che dei creatori.



▲ Diagramma illustrativo dei materiali e dei metodi usati per la creazione e la crescita della semi-living worry dolls.

Fonte: Catts, Oron, Zurr, Ionat 2002, "*Growing Semi-Living Sculptures: The Tissue Culture & Art Project*" in Leonardo, vol. 35, n. 4, pp. 368.



Titolo: Victimless Leather
Anno: 2004
Location: Perth, Western Australia

Qualche anno dopo le bambole scacciapensieri, la sperimentazione di TC&A Project si spinge sulla coltivazione del prototipo di un indumento cresciuto in un "corpo tecnoscientifico".

La riflessione parte dal fatto che l'uomo ha progressivamente associato agli indumenti non solo accezioni utilitaristiche, volte quindi alla protezione del corpo dagli agenti esterni, ma lo ha caricato di ulteriori significati, legati all'espressione dell'identità, della classe sociale o politica e "*Victimless Leather*" vuole problematizzare questo concetto rendendo un capo come la giacca un essere semi-vivente.

Con un procedimento analogo a quello visto nell'esempio precedente, la giacca è composta da cellule coltivate in un bioreattore dove viene inserita una matrice composta da polimeri biodegradabili che funge da struttura per la crescita dei tessuti, simulando la miniatura di una giacca. È coltivata all'interno di una camera di perfusione

personalizzata, ispirata alla pompa di perfusione originariamente progettata nel 1938 da Alexis Carrel e Charles Lindbergh per tessuti e organi in vitro, che ha un sistema automatizzato per il nutrimento delle cellule tramite gocciolamento.

Chiaramente la scelta di associare la "pelle" con l'aggettivo "senza vittima" vuole essere una polemica nei confronti delle implicazioni morali che ci sono dietro all'uso nel settore dell'abbigliamento di indumenti che comportano l'uso di parti di animali morti (come le pellicce, la pelle) e che vengono utilizzati per ragioni estetiche. Non ci si sofferma, tuttavia, solo ad un aspetto moralista della questione, piuttosto lo scopo dell'installazione artistica fa riferimento alla possibilità concreta di indossare pelle (in tutti i sensi) che però, cresciuta in laboratorio, non implichi la morte di animali, ponendoci in posizione più consapevole in rapporto agli altri esseri viventi che sfruttiamo consumisticamente.

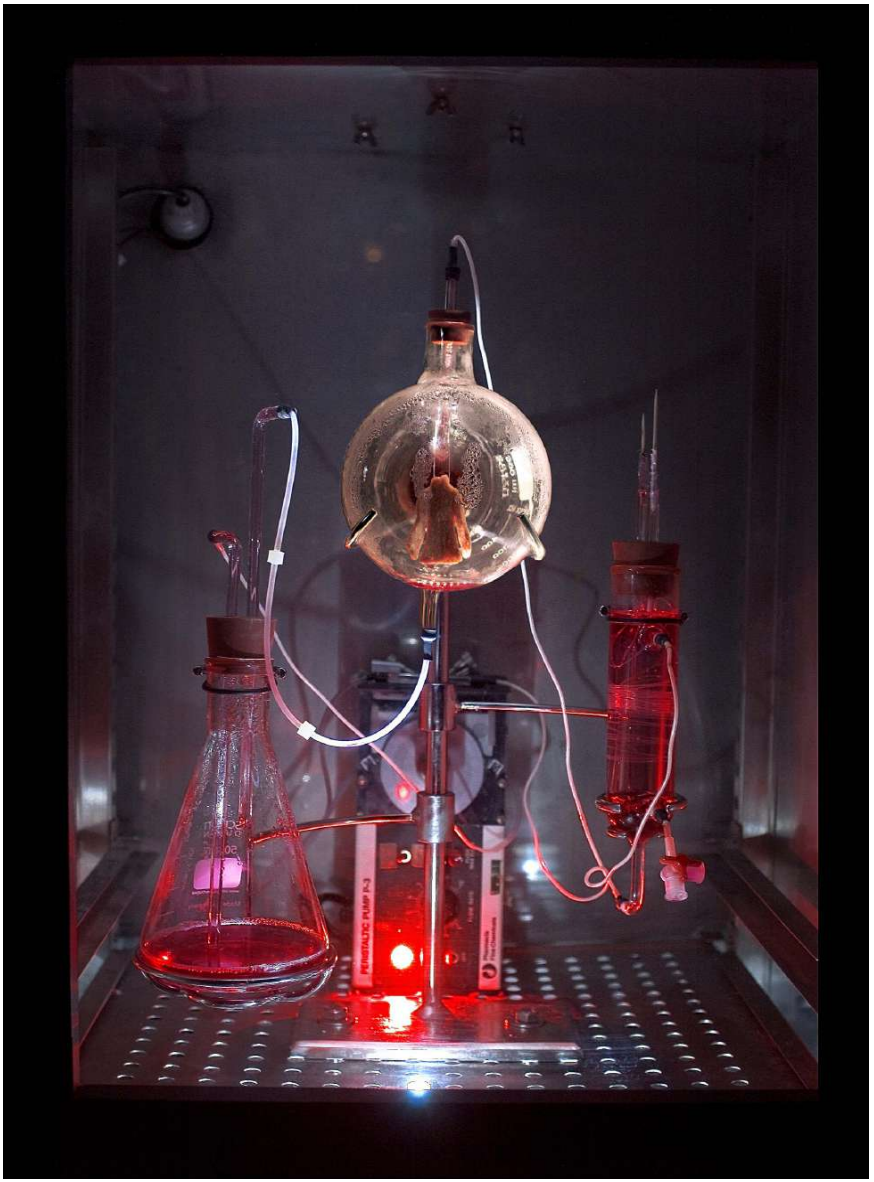
Il punto è quindi non sviluppare un altro prodotto consumistico ma che apra a prospettive future più rispettose e compatibili con "l'altro" da noi.

Esposto al MoMA di New York in occasione della mostra *Design and the Elastic Mind* del 2008, *Victimless Leather* ha inoltre messo in luce un altro problema, ossia quello di confrontarsi con delle cellule che sono effettivamente esseri semi-viventi, in continua crescita all'interno dell'utero biotecnologico.

Durante l'esposizione, la cultura ha infatti iniziato a moltiplicarsi molto velocemente, tanto che l'incubatore si stava iniziando a intasare, per cui, dopo essersi consultata con il gruppo *SymbioticA*, la curatrice della mostra Paola Antonelli ha interrotto la somministrazione dei nutrienti diretti alle cellule, procurandone la morte e sentendosi anche crudele nel compiere questo gesto[4].

Come nel caso precedente, quindi, mettersi in relazione con le installazioni di *SymbioticA* ci aiuta ad espandere il concetto di vita anche in artefatti che non ci sembrano appartenere al regno vivente.

4. Cfr. Schwartz, John "*Museum Kills Live Exhibit*" pubblicato su nytimes.com il 13.05.2008; disponibile all'indirizzo: https://www.nytimes.com/2008/05/13/science/13coat.html [ultimo accesso 20.06.2019]



▲ TC&A Project, *Victimless Leather*, 2004.

Fonte: https://www.vice.com/en_au/article/avykm8/the-strange-ethically-ambiguous-world-of-biological-art [ultimo accesso 23.05.2019]

3.1.3

GUY BEN-ARY

Ibridazioni bio-tecnologiche e organismi senzienti cibernetici

Guy Ben-Ary collabora nel laboratorio di ricerca *SymbioticA* e per qualche anno (dal 1999 al 2003) ha fatto parte anche del *Tissue Culture & Art Project* con Oron Catts e Ionat Zurr. Mentre però questi ultimi due si concentrano soprattutto sulla ricerca afferente alla coltura tissutale, Ben-Ary si focalizza sull'arte interattiva, la cibernetica e la robotica e sulla commistione di vita/intelligenza artificiale e vita/intelligenza biologica.

L'imitazione della vita e dei suoi processi è da sempre obiettivo di molti artisti, tuttavia in questo caso non si punta al semplice uso della tecnologia come medium per creare forme di vita simulata, ma si utilizzano reti neurali provenienti dalla corteccia cerebrale di un essere vivente o dall'ingegnerizzazione di cellule tessutali umane, che agiscono in collaborazione con reti elettroniche per trasformare robot in vere e proprie macchine intelligenti e senzienti.

Amplificando il fattore artistico ed il potenziale creativo di queste sperimentazioni, emerge anche una riflessione sulle eventuali ripercussioni che potrebbe generare una prospettiva di integrazione di entità semi-viventi come queste all'interno delle dinamiche quotidiane.

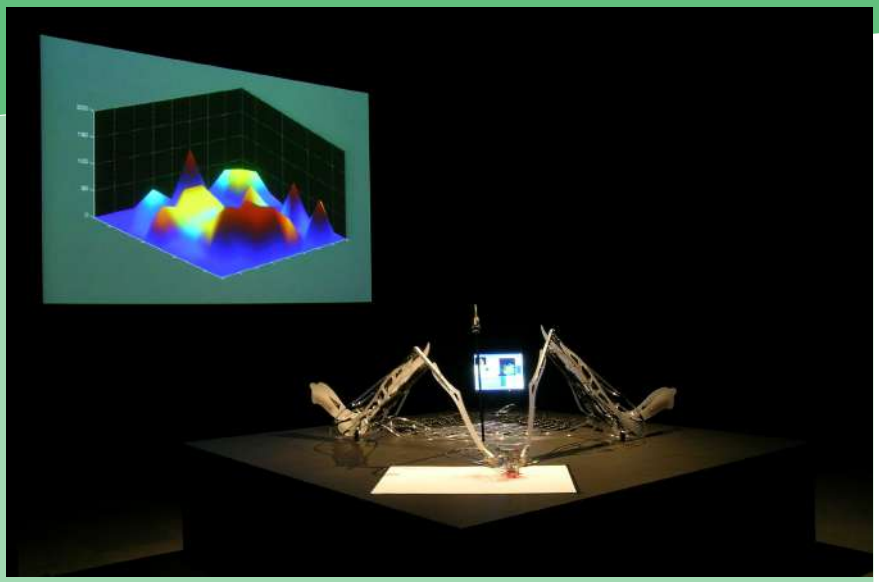
Ben-Ary non si limita quindi ad una simulazione dell'aliveness ma, soprattutto in una fase più matura e recente, arriva ad un embodiment bio-tecnologico più profondo tra artefatto robotico ed entità biologica. L'organismo che deriva dall'ibridazione dei due regni viene infatti dotato di un'unità computazionale organica che è in grado di reagire in maniera responsiva agli stimoli e che controlla anche gli output della componente inorganica.

Agisce, insomma, non "come se" ma in quanto vero e proprio

cervello biologico.

La ricerca dell'artista fa quindi emergere nuove questioni sui processi di adattamento e senzienza che è possibile incorporare all'interno di artefatti robotici, che potrebbero aiutarci ad estendere la nostra comprensione dei sistemi viventi ma anche ad espandere la concezione di "vivente" o di "semi-vivente".

Includendo in queste categorie non più solo organismi che contemplano unicamente materiale biologico, è possibile infatti percepire come tali anche gli ibridi biologici, meccanici ed elettronici.



Titolo: MEART – The Semi Living Artist
Anno: 2004
Location: Mosca, Russia

"*MEART – The Semi Living Artist*" è descritto dall'autore come "progetto di ricerca bio-cibernetico geograficamente dislocato", attraverso cui esplorare gli aspetti della creatività nell'era delle nuove biotecnologie.

Può essere pertanto considerato un lavoro prototipico di uno degli ambiti principali della ricerca di Ben-Ary, ossia la cooperazione interattiva tra circuiti cibernetici a sistemi biologici. Sviluppato all'interno del laboratorio di ricerca *SymbioticA*, il progetto è guidato da un "cervello" costituito da una coltura di cellule nervose che vengono coltivate nel laboratorio di neuro-ingegneria del Georgia institute of Technology in Atlanta, USA.

La parte che invece rappresenta il "corpo" dell'installazione è posizionata in una location diversa ed è costituita da un braccio robotico in grado di produrre disegni bidimensionali, che comunica

con il cervello in tempo reale nel corso della performance/mostra.

Potenzialmente la separazione dell'unità corpo-cervello sottintende il fatto che ci possano essere più entità robotiche dislocate in diverse location, quindi l'aspetto interessante è la possibilità che l'interazione sia basata sull'ubiquità e molteplicità del corpo, mettendo in qualche modo in crisi l'assunto per il quale l'esistenza sia costituita da un'unica entità prestabilita.

Il progetto viene descritto come un assemblaggio di tre componenti principali:

- una componente "*wetware*", rappresentata dai neuroni cresciuti dalla corteccia di un ratto e posti su una matrice multielettrodo
- una componente "*hardware*", costituita dalle braccia robotiche
- una componente "*software*", che è il sistema che permette l'interfaccia tra *wetware* e *hardware*

Il tutto viene messo in connessione attraverso la rete Internet, che è anche il medium per ricucire la separazione tra le varie componenti che sono dislocate in diverse location e che funziona come "sistema nervoso".

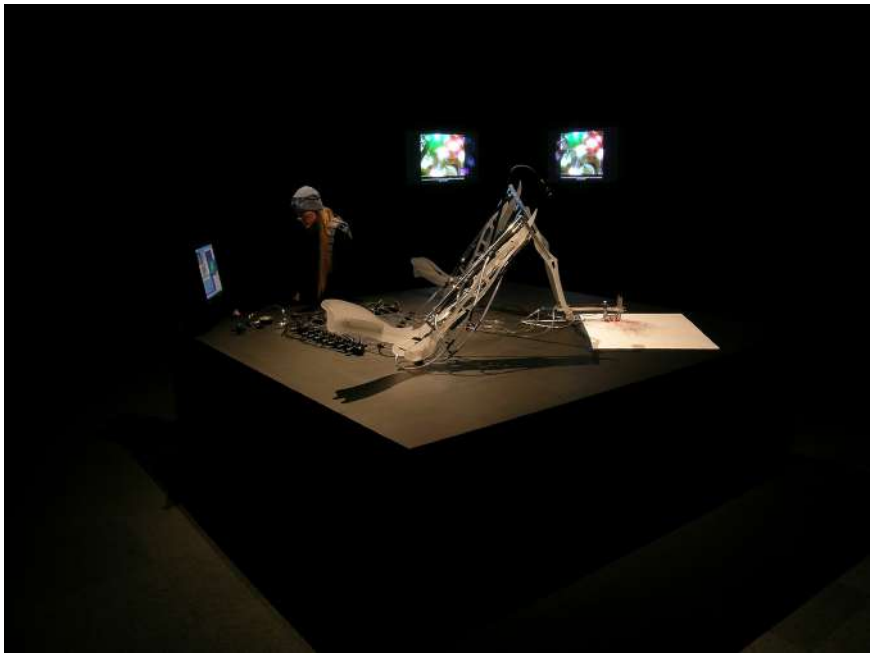
▲ Guy Ben-Ary, *MEART – The Semi Living Artist*, 2004.
Fonte: http://guybenary.com/work/meart/ [ultimo accesso 23.05.2019]

L'apparato visuale di *MEART* è rappresentato da una camera che ha l'abilità di processare ciò che vede, trasformando l'immagine catturata attraverso un software che ne produce una mappa di stimolazione che serve a stimolare i neuroni sulla matrice multielettrodo.

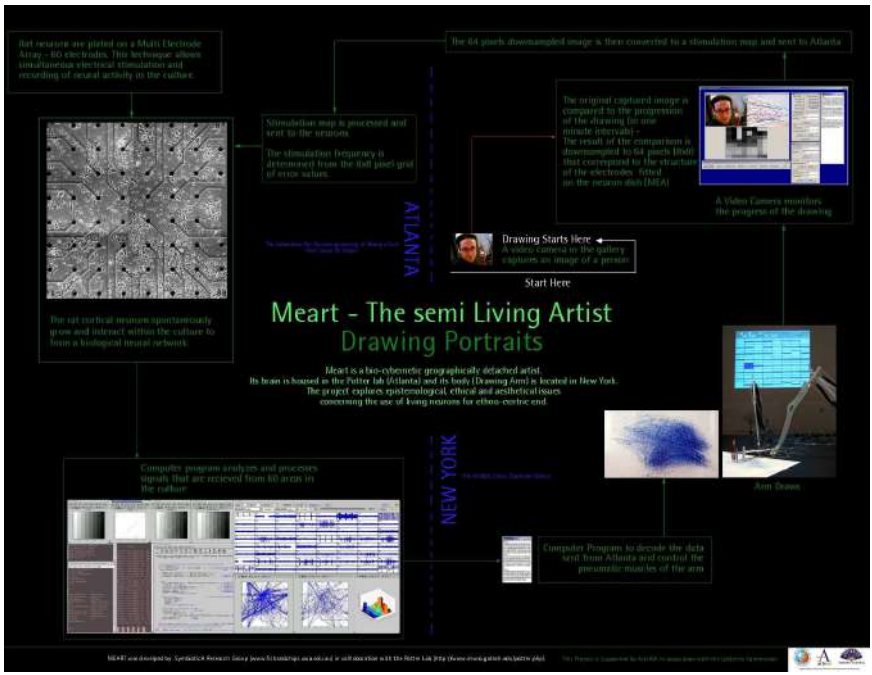
Questi, reagendo agli impulsi, trasmettono un segnale elettrofisiologico che viene registrato ed i cui dati vengono processati per essere utilizzati come input per il controllo ed il movimento del braccio robotico dislocato. In qualche modo è come se l'immagine reale venisse re-interpretata ed attraverso questa manipolazione di dati restituita in forma astratta, rappresentando la base di un'altra immagine che a sua volta viene processata in una mappa di stimolazione, in un feedback loop continuo che cessa nel momento in cui viene superata una certa soglia di segni sulla carta.

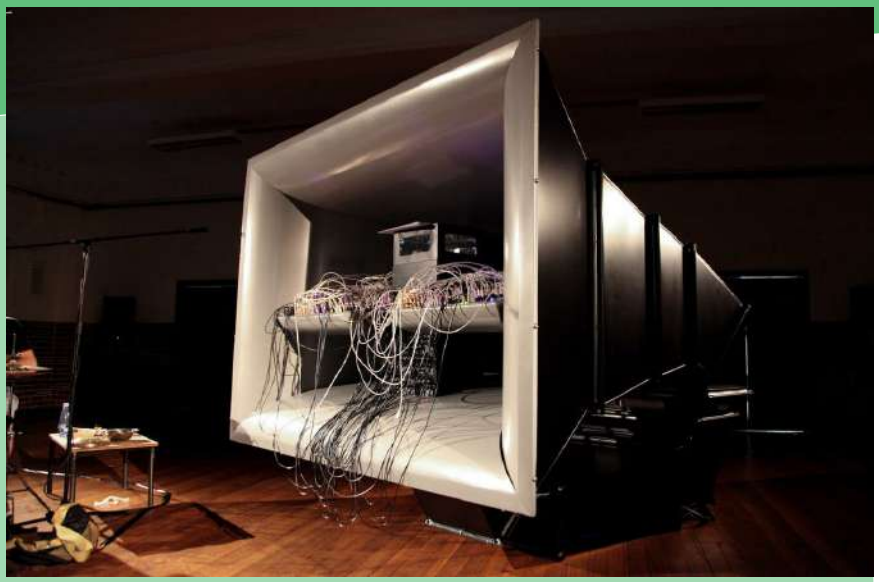
Il suggerimento insito in questa installazione è indagare la possibilità di creare e "crescere" nelle entità pensanti e che potrebbero essere dotati di intelligenza, sfruttando l'imprevedibilità della loro interazione come fattore di originalità creativa o di apprendimento.
MEART, essendo un artefatto ibrido di materia organica ed inorganica è a tutti gli effetti un'entità semi-vivente, un artista senziente cibernetico con un'identità mutevole, che si sviluppa e progredisce in combinazione con i risultati delle varie iterazioni tecnologiche.

Schema del complesso funzionamento del meccanismo di *feedback* dell'installazione.
Fonte: http://guybenary.com/work/meart/ [ultimo accesso 23.05.2019]



▲ Guy Ben-Ary, *MEART – The Semi Living Artist*, 2004.
Fonte: http://guybenary.com/work/meart/ [ultimo accesso 23.05.2019]





Titolo: CellF
Anno: 2015
Location: Perth, Western Australia

L'opera senza dubbio più avanzata ed interessante fatta finora da Ben-Ary è "*CellF*", il primo sintetizzatore neurale al mondo il cui "cervello" è fatto da network neurali ottenuti dalla manipolazione di materiale biologico proveniente dall'artista stesso.

Il progetto è il risultato di un'intensa collaborazione di un team composto da designer, *new media artist*, ingegneri elettronici, musicisti, scienziati e neuroscienziati, che hanno rivestito un ruolo fondamentale per la realizzazione di questa complessa installazione.

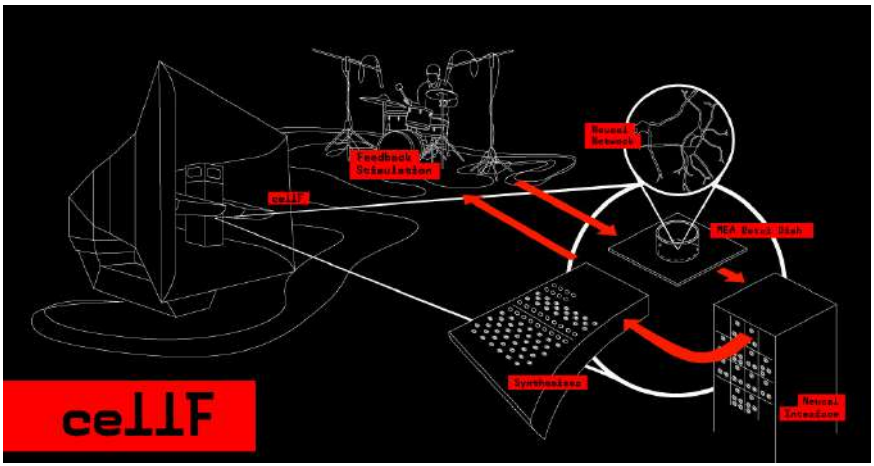
Il punto di partenza è stata la biopsia prelevata dal braccio di Ben-Ary, necessaria per coltivare fibroblasti (cellule tipiche del tessuto connettivo) presso i laboratori di *SymbioticA*. Le cellule di coltura tessutale sono state successivamente divise in flaconi congelati criogenicamente e poi inviate al Pluripotency Laboratory dell'Università di Barcellona.

Qui sono state riprogrammate in cellule staminali[1] neurali inducendo l'attività elettro-fisiologica su piatti di *Multi Electrode Array* (MEA). Queste matrici multielettrodo rappresentano di fatto il cervello esterno dell'artista e sono formate da griglie di elettrodi in grado di registrare segnali elettrici prodotti dai neuroni e contemporaneamente inviare degli stimoli ai neuroni stessi. Fungono, insomma, da interfaccia di lettura e scrittura per la rete neurale che, mostrando plasticità nell'elaborazione e produzione dei dati, di fatto può essere considerata come un essere "semi-vivente".

La componente interattiva viene introdotta attraverso la presenza di musicisti che suonando instaurano una connessione con i neuroni del "cervello", inducendo una loro reazione le cui conseguenze sono evidenti nella modulazione dei sintetizzatori.

Il progetto è stato per la prima volta presentato a Perth nel

1. "Nel 2006, Shinya Yamanaka ha fatto una sensazionale scoperta che, solo sei anni più tardi, gli è valsa il premio Nobel in fisiologia e medicina: ha scoperto un nuovo modo per 'riprogrammare' cellule specializzate adulte in cellule staminali. Queste cellule cresciute in laboratorio sono pluripotenti – ossia possono produrre ogni cellula del corpo - e vengono chiamate cellule staminali pluripotenti indotte, o cellule iPS. In natura solo le cellule staminali embrionali sono per natura pluripotenti. La scoperta di Yamanaka significa che, in teoria, ogni cellula del corpo capace di dividersi può ora essere trasformata in una cellula pluripotente".
Fonte: https://www.eurostemcell.org/it/cellule-ips-e-riprogrammazione-trasformare-ogni-cellula-del-corpo-una-cellula-staminale [ultimo accesso 26.05.2019]



▲ Schema di funzionamento di *CellF*.
Fonte: http://guybenary.com/work/cellf/ [ultimo accesso 23.05.2019]

2015 e, successivamente è stato utilizzato durante una performance live a Tokyo insieme al musicista australiano Darren Moore, che aveva partecipato insieme all'equipe alla costruzione del progetto.

Gli impulsi generati dalla batteria del musicista sono infatti convertiti in stimoli elettrici e inviati al cervello di "*CellF*", che suona una melodia improvvisata attraverso i synth, che Ben-Ary definisce come "postumana".

▲ Un'immagine della performance inaugurale di con il musicista Darren Moore.
Fonte: http://guybenary.com/work/cellf/ [ultimo accesso 23.05.2019]

Per la concettualizzazione musicale il team si è ispirato a diverse opere come quella del futurista Russolo o la più celebre opera di John Cage, *4'33''*, che nel suo essere fondamentalmente un'opera basata sul silenzio, enfatizza il rumore dell'ambiente circostante.

Quest'ultima è divenuta il riferimento principale per lo sviluppo della spazializzazione del suono all'interno dell'opera. Infatti sono stati disposti 16 speaker, controllati proprio dalla rete neurale, che avevano il ruolo di amplificare l'attività delle cellule che si muovono all'interno dello spazio della capsula di Petri. Questo permette all'utente di usufruire dello spazio performativo avendo però la percezione di camminare all'interno dello spazio dove risiede il cervello di "*CellF*".

La cosa interessante di questa sperimentazione è che quindi,

differentemente all'esempio fatto in precedenza, in questo caso è unicamente l'apparato biologico bio-ingegnerizzato a gestire e controllare il sistema di sintetizzatori, nessun programma o computer sono stati coinvolti nel processo, ma a far funzionare l'opera è proprio la commistione bio-tecnologica tra materiale organico e circuiti analogici, rendendo "*CellF*" uno strumento "*wet-analogue*", che genera un continuum tra reti ibride.

L'obiettivo futuro è di collaborare con musicisti di diversi generi musicali per testare come i diversi stili possano influenzare la plasticità funzionale della rete neurale, anche per capire quali potrebbero essere le implicazioni terapeutiche.

La musica, come infatti già è noto, negli adulti migliora l'attività dei circuiti cerebrali dopo un ictus e può essere d'aiuto anche nelle malattie neurodegenerative come il Parkinson, per cui "*CellF*" può essere visto come strumento per problematizzare l'uso delle nuove biotecnologie e contestualizzarle in un ambito artistico che funga da vettore di pensiero. L'artista infatti si chiede quali potrebbero essere le potenzialità di opere d'arte come questa, che utilizzano tecnologie biologiche e robotiche, e che potrebbero sollevare nuove domande e, conseguentemente, aprire nuove strade di ricerca.

▲ Un dettaglio dell'impianto neurale di *CellF* con i circuiti collegati al synth.
Fonte: http://guybenary.com/work/cellf/ [ultimo accesso 23.05.2019]

3.2
ECO MIND-SHIFT
Interfacce tra ambiente e tecnologia

La ricerca di una co-esistenza tra umano e non-umano come abbiamo visto può essere reificata con l'uso delle biotecnologie, che ne potrebbero costituire una strategia di *hard technology*, che spinge sui concetti di manipolazione della vita, di estensione verso la nuova categoria del "semi-vivente" e sul concetto di collisione tra specie, a favore di una ibridazione inter-specie.

Facendo un salto di scala e passando dalla dimensione del manufatto bio-artistico ad una dimensione più estesa, possiamo tuttavia intercettare altre strategie artistiche a supporto di questa modalità di intrecciare il "tecnologico" con il "naturale", questa volta basandoci su un approccio di *soft technology*, che guardando più nello specifico alla bio-informazione ed all'interattività punta alla creazione di strumenti che fungano da *gataway*, ovvero da interfaccia tra ambiente, tecnologia e organismi.

Come infatti abbiamo accennato nell'equazione "*Tecnosfera + Biosfera = Natura+*" (cfr. 1.3), i dispositivi tecnologici potrebbero divenire strumenti di correlazione tra biomi e antromi, divenendo così supporto attivo per la biodiversità in un'ottica simbiotica e non parassitaria. Si aprirebbe in questo modo una nuova prospettiva di relazione tra "tecno" e "bio", basata su un bio-network di interconnessioni tra sistemi, che contribuirebbe di fatto allo sviluppo di una forma "aumentata" di Natura.

Si intende a questo punto raggruppare alcuni degli approcci artistici in cui l'apporto della componente tecnologica porta ad un'intersezione tra i livelli naturali ed artificiali che innesca meccanismi di interazione reciproca e co-dipendenza.

L'interattività avviene su più livelli ed in maniera interscalare – dal "micro", ossia alla scala dell'invisibile, al "macro", ossia alla scala paesaggistica ed urbana – concorrendo di fatto alla sintesi di una nuova ecologia dove la performance diventa chiave di lettura in funzione anche di una sensibilizzazione nei confronti di alcune tematiche ecologiche.

Il lavoro artistico diventa quindi un bypass critico, svolgendo una triplice funzione di assorbimento dell'ansia di dare una risposta alla crisi climatica globale, attraverso una sollecitazione esperienziale riconnessione emotiva ed empatica con il naturale, attraverso la trasformazione degli elementi naturali in sensori attivabili creazione di bio-ibridi cyborg che amplificano l'ambiente circostante dotandolo di connotazioni performative e producendo una simbiosi tra naturale ed artificiale.

Nel panorama esteso che si presenta su questo argomento sono stati selezionati alcuni esempi particolarmente rappresentativi e maggiormente significativi per gli scopi della presente dissertazione, nonché esemplificativi delle precedenti funzioni menzionate.

3.2.1

L'AMBIENTE ED IL CLIMA COME MATERIE

Andrea Polli, Olafur Eliasson, Fujiko Nakaya

Il tema dei cambiamenti climatici diventa materia a tutti gli effetti di alcuni artisti, che utilizzano l'atmosfera ed il clima come medium estetici per materializzare l'esigenza di una ricollocazione attiva dell'uomo all'interno dei processi ambientali. In questi casi, si promuove un coinvolgimento della percezione fisica dell'utente che si fa coscienza ambientale nell'immergersi all'interno delle installazioni. Il medium digitale è utilizzato per rendere più palpabili gamme di dati scientifici talvolta spazializzandoli, per dare risalto a ciò che generalmente è astratto.

È il caso di alcune opere dell'artista Andrea Polli, che con le sue opere cerca connessioni tra tematiche ambientali, tecnologia, scienza, intessendo collaborazioni con professionisti del campo in modo da creare processi di feedback anche nella comunità scientifica. Ad esempio, nel progetto "*Atmospheric/Weather Works*" Polli ricorre al processo di sonificazione per rappresentare fenomeni naturali complessi a partire dai modelli MESO, che corrispondono ai dati comportamentali degli uragani a cinque punti di elevazione, testati nelle ore di maggiore attività ed attraverso alcune variabili (pressione atmosferica, vapore acqueo, umidità relativa, punto di condensazione, temperatura e velocità del vento)[1].

Vengono in particolare presi i dati relativi a due tempeste accadute nel cielo di New York nel 1979 e nel 1991, successivamente elaborati in effetti sonori che danno forma ad un'installazione sonora

1. Cfr. Bindi, Gaia 2011, "*L'uomo al centro del clima. Andrea Polli*", in Cravero, Claudio (a cura di), *Paesaggi del corpo-ambiente*, Biella: Eventi & Progetti Editore, pagg. 96-101.

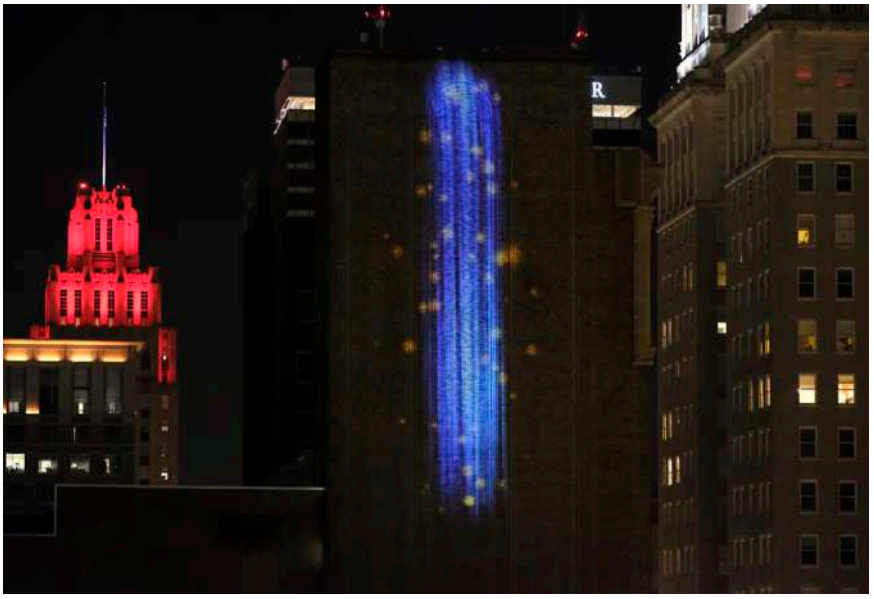
multicanale che utilizza le variabili prima menzionate come variabili di manipolazione della composizione finale, che contiene anche suoni proveniente dalla natura come i rumori di insetti.

La sonorità più alta è legata alla velocità del vento, comunicando all'utente l'effetto drammatico della spazializzazione acustica legata alla maggior attività dell'uragano, mentre la pressione atmosferica è legata a frequenze molto basse che regalano un coinvolgimento più fisiologico che acustico.

L'uomo quindi torna al centro dell'ambiente e viene chiamato a mettersi in relazione con queste installazioni, non solo percettivamente ma proprio in maniera fisica, come accade nell'opera "*Particle Falls*", una proiezione temporanea proiettata sulla facciata di un edificio, reattiva in tempo reale ai dati ambientali, che vuole rendere visibile un dato così invisibile come la qualità dell'aria.

Nella pagina accanto è possibile distinguere gli agglomerati sferici color giallo-arancione che rappresentano la quantità di particolato nell'aria in tempo reale.
Fonte: https://www.fuelwhatmatters.org/tag/andrea-polli/ [ultimo accesso 10.07.2019]

Andrea Polli, *Particle Falls*, 2018; foto dell'installazione proiettata sulla facciata dello Stevens Center building a Winston-Salem, NC.
Fonte: https://www.fuelwhatmatters.org/tag/andrea-polli/ [ultimo accesso 10.07.2019]



Una cascata di luce muta infatti fisionomia in base alla rilevazione dell'inquinante PM2.5 e per effetto di fumatori di passaggio per le strade della città, alimentando una certa consapevolezza ecologica nei cittadini.

Possiamo inoltre citare "*Breather*" e "*Cloud Car*", delle installazioni che hanno come protagoniste due vecchie Fiat 500 e Fiat 126, avvolte da una coltre di nebbia che simula lo smog urbano, uno strato sospeso che si anima e muta in relazione alla presenza umana.

◀ Andrea Polli, *Cloud Car*, 2011 foto dell'installazione riprodotta nel cortile del PAV a Torino.

Fonte: http://www.projetcoal.org [ultimo accesso 10.07.2019]

Un intento medesimo lo troviamo anche nell'artista danese Olafur Eliasson, che come elementi base della sua ricerca pone le condizioni metereologiche, oltre agli elementi naturali come l'acqua, la luce, la temperatura, la pressione.

La natura viene reintrodotta all'interno di uno scenario artificiale dove l'artista stimola il visitatore a riflettere sull'ambiente che lo circonda, inducendo un processo di immedesimazione con il contesto che porta l'utente a sentire di esserne parte sia fisicamente che psicologicamente. Non ci si limita, infatti, solo a sensazioni superficiali, in quanto l'esperienza dell'atmosfera avviene navigandola spazialmente e non solo essendone passivo spettatore.

Il motto di Eliasson (che è anche il titolo di una sua installazione del 2001 al MoMa di New York) è infatti "*seeing yourself sensing*", ossia invita il visitatore a "guardare sé stesso sentire", in un cortocircuito esperienziale.

L'artista indaga i fenomeni naturali sia dal punto di vista scientifico, che nella loro influenza sulla vita dell'uomo, cercando di materializzarli per fornire degli strumenti cognitivi che ci facciano riflettere sulla relazione tra noi e l'ambiente.

Una forte volontà di incorporamento di elementi naturali all'interno della struttura architettonica emerge ad esempio in una delle sue prime installazioni, "*Moss Wall*", del 1994, dove il muschio ricopre interamente l'intera parete di una sala del museo, crescendo liberamente durante la mostra e conferendo alla staticità dell'edificio una temporalità data proprio dal continuo cambiamento della forma e del colore del muschio, oltre che dell'odore pungente emanato nelle immediate vicinanze dell'installazione.

Nello specifico viene usata la *Cladonia rangiferina*, un tipo di muschio proveniente dalle regioni nordiche come l'Islanda, terra d'origine della famiglia dello stesso artista: in qualche modo il muro diventa rappresentazione dell'imprinting e fondendosi con il muschio diventa simbolo di una "natura costruita".

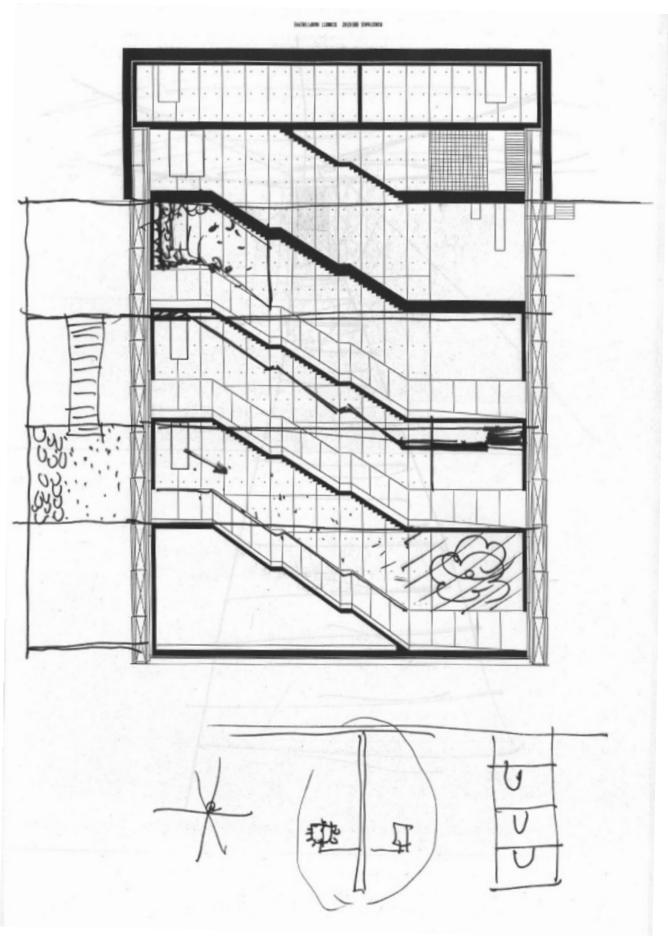
Olafur Eliasson, *Moss wall*, 2016, foto dell'installazione al Samsung Museum of Art, Seoul. ▶
Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101810/moss-wall [ultimo accesso 10.07.2019]

▲ Olafur Eliasson, *Moss wall*, 1996, foto dell'installazione al Museet for Samtidskunst, Roskilde, Danimarca.
Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101810/moss-wall [ultimo accesso 10.07.2019]

▲ Olafur Eliasson, *Moss wall*, 2016, dettaglio dell'installazione a Seoul. Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101810/moss-wall [ultimo accesso 10.07.2019]

▲ Olafur Eliasson, *Moss wall*, 2009, foto dell'installazione al Museum of Contemporary Art Chicago; Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101810/moss-wall [ultimo accesso 10.07.2019]

In "*The Mediated Motion*", in risposta all'architettura della Kunsthaus Bregenz di Peter Zumthror, in Austria, Eliasson in collaborazione con l'architetto paesaggista Günther Vogt ha lavorato riproducendo condizioni paesaggistiche all'interno dei quattro livelli dell'edificio: al piano terra i visitatori entrano in uno spazio con una serie di tronchi sui quali germoglia una specie di funghi (la *Lentinula edodes*); salendo ai piani superiori si fa esperienza di uno stagno con delle lenticchie d'acqua, oppure si può attraversare un ponte sospeso su una stanza densa di nebbia che termina bruscamente con un muro bianco.



▲ Olafur Eliasson, *The mediated motion, 2001*, Kunsthaus Bregenz, Austria.
Sezione dell'edificio.
Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101206/the-mediated-motion [ultimo accesso 10.07.2019]

▲ Dettaglio dei tronchi con le efflorescenze di funghi.
Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101206/the-mediated-motion [ultimo accesso 10.07.2019]

▼ Olafur Eliasson, *The mediated motion, 2001*, Kunsthaus Bregenz, Austria.
Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101206/the-mediated-motion [ultimo accesso 10.07.2019]

▲ Olafur Eliasson, *The mediated motion, 2001*, Kunsthaus Bregenz, Austria.
Foto della sala con le lenticchie d'acqua.
Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101206/the-mediated-motion [ultimo accesso 10.07.2019]

▼ Dettaglio della sala con il ponte sospeso nella nebbia.
Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101206/the-mediated-motion [ultimo accesso 10.07.2019]

Emblematico è anche il "*The Weather Project*", dove viene rappresentato un sole sintetico che domina su una stanza, la Turbine Hall del Tate Modern di Londra, la cui spazialità viene aumentata ricorrendo all'uso di specchi che creano un gioco di continui rimandi e riflessi tra le persone, lo spazio e la luce stessa dei raggi del "sole", quest'ultimo riprodotto con l'uso di centinaia di lampade monofrequenza, generalmente utilizzate per l'illuminazione stradale.

L'effetto è straniante, ma al tempo stesso magico, e proprio grazie agli specchi viene amplificata la sensazione di essere interconnessi all'interno di uno spazio atmosferico e rarefatto, data la presenza di una leggera nebbia. Nel corso del giorno, infatti, la nebbia si accumula generando delle conformazioni che ricordano le nuvole, per poi dissiparsi nello spazio.

Una delle recenti installazioni di Eliasson è "*Ice Watch*", progettata insieme al geologo Minik Rosing, che ha debuttato nella piazza del Municipio di Copenaghen dal 26 al 29 ottobre 2014, rimarcando la pubblicazione del quinto report sul *climate change* realizzato dalla Intergovernmental Panel on Climate Change.
L'opera è composta da dodici blocchi di ghiaccio ricavati dalla calotta glaciale della Groenlandia, nel fiordo al di fuori di Nuuk. Questi vanno a comporre un orologio che chiaramente rimanda al tempo che scorre rispetto all'urgenza di ricorrere a soluzioni che contrastino i danni ambientali causati dall'intervento dell'uomo.

▲ Olafur Eliasson, *Ice Watch*, 2018; foto dell'installazione in occasione della sua riproposizione sulle banchine fuori il Tate Modern di Londra.
Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK109190/ice-watch [ultimo accesso 10.07.2019]

◀ Olafur Eliasson, *The weather project*, Tate Modern, Londra, 2003
Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101003/the-weather-project [ultimo accesso 10.07.2019]

◀ Olafur Eliasson, *The weather project*
Dall'alto verso il basso: l'installazione al Tate Modern di Londra nel 2018 e le immagini dell'installazione presentata per la prima volta alla piazza del Municipio di Copenhagen nel 2014.

Fonte: https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK109190/ice-watch [ultimo accesso 10.07.2019]

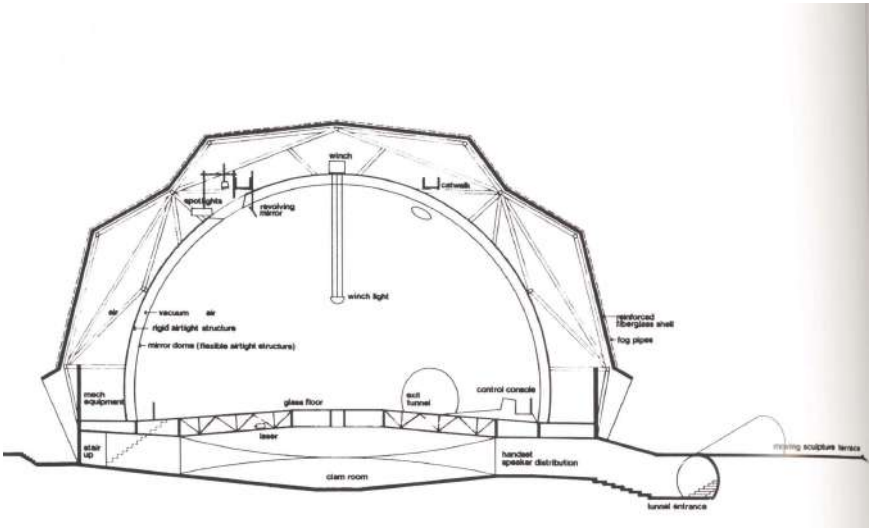
In ultimo, per questa sezione vale la pena di menzionare anche l'artista giapponese Fujiko Nakaya, che presenta ufficialmente il suo lavoro basato sull'uso "scultoreo" della nebbia con la presentazione nel 1970 del *Pepsi Pavilion* per l'Expo di Osaka che aveva come tema principale "*Progress and Harmony for Mankind*".

L'artista faceva parte dell'E.A.T. (*Experiments in Art and Technology*), un'organizzazione no-profit fondata nel 1966 dagli ingegneri elettrici Billy Klüver e Fred Waldhauer e dagli artisti Robert Rauschenberg e Robert Whitman. Il principale intento era riunire ingegneri, scienziati, architetti ed artisti contemporanei in un'unica piattaforma di collaborazione in modo da creare una relazione forte tra due mondi storicamente separati come la scienza e l'arte, sfruttando l'effetto catalizzante dell'industria delle nuove tecnologie per produrre installazioni immersive e basate sul connubio della performance artistica e dell'apporto tecnologico.

Fujiko Nakaya quindi interviene nel *Pepsi Pavilion* proprio insieme all'E.A.T. nello sviluppare un concetto di ambiente come risultato di azioni generative di modifiche dell'ambiente stesso, che quindi diventava non un ambiente precostituito, piuttosto il risultato di trasformazioni spaziali e, soprattutto, di una ricostruzione sensoriale frutto dell'esperienza soggettiva.

Oltre all'interessante progetto degli interni, che presentava anche un sofisticato progetto di spazializzazione del suono e di uso delle luci, ci soffermeremo soprattutto sull'allestimento della superficie esterna del padiglione, che è stata interamente curata dall'artista giapponese. L'intento principale è di coinvolgere i partecipanti esponendoli ad un'esperienza sensoriale basata sulla dimensione dell'immateriale, data dai cumuli di nebbia emanati dall'involucro.

▲ Fujiko Nakaya, *Pepsi Pavilion*, 1970, Expo di Osaka
Foto dell'esterno del padiglione dov'è possibile vedere le nebulizzazioni di vapore acqueo.
Fonte: http://www.uncubemagazine.com/blog/13753251 [ultimo accesso 12.07.2019]



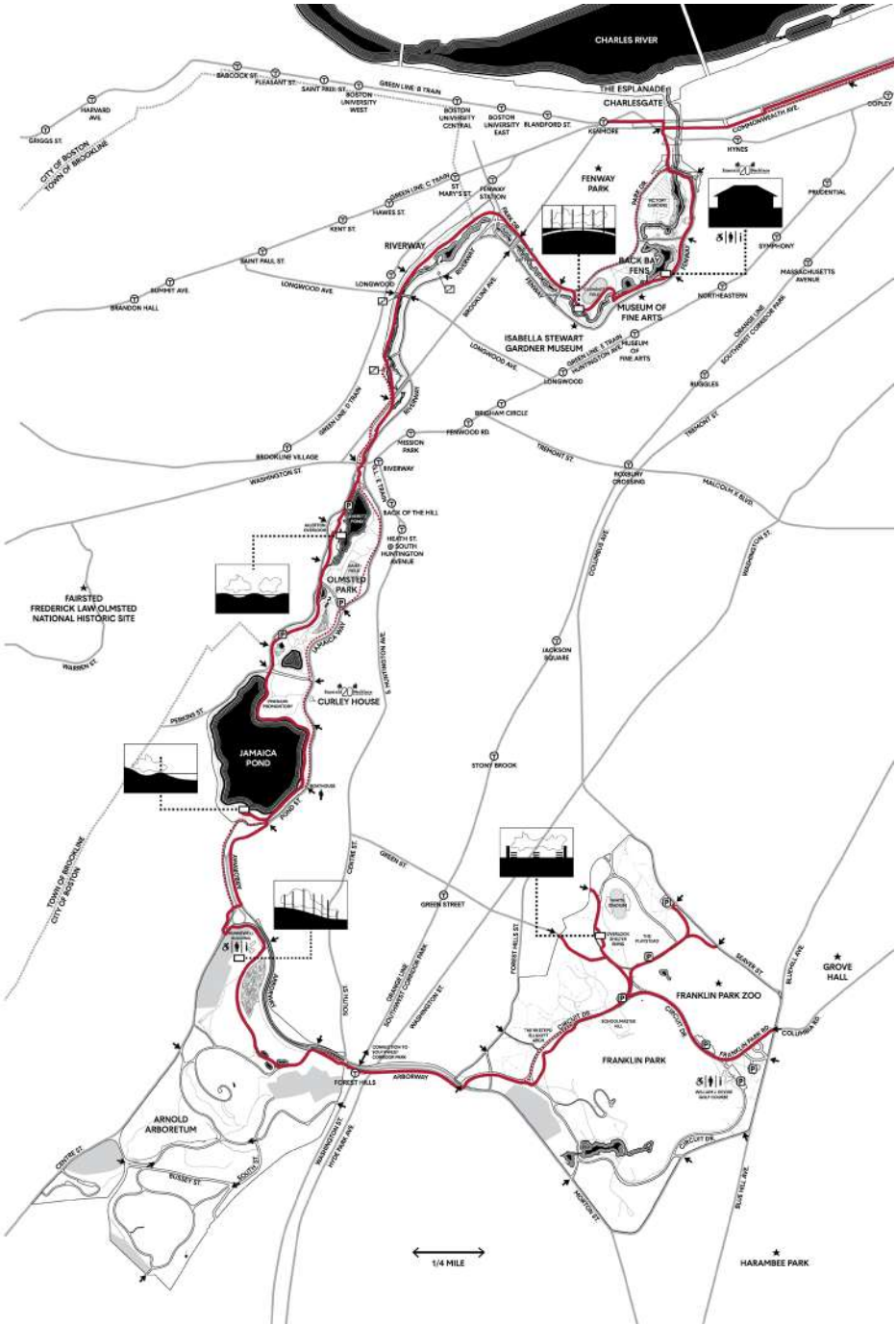
▲ Fujiko Nakaya, *Pepsi Pavilion*, 1970, Expo di Osaka
Diagramma schematico del padiglione che mostra il tunnel d'ingresso, la *Clam Room* e la *Mirror Dome* con i sistemi di illuminazione e audio.
Fonte: http://www.uncubemagazine.com/blog/13753251 [ultimo accesso 12.07.2019]

Ciò era possibile grazie alla presenza di 2.520 ugelli in grado di irrorare piccole particelle di acqua nebulizzata che aumentavano l'umidità dell'aria circostante. Per non appannare l'edificio, erano inoltre stati inseriti degli anemometri e dei sensori per la regolazione della temperatura e dell'umidità, con i quali era possibile quindi tenere monitorata la situazione, aumentando o diminuendo la nebbia.

Fino ad allora, Nakaya aveva fatto sperimentazioni di sculture di nebbia molto piccole, per cui questa esperienza ha rappresentato una sfida molto importante, costituendo la prima applicazione di questa tecnica a grande scala, senza la quale di certo non sarebbe stata possibile immaginare "*Blur*" di Diller&Scofidio, che chiamarono Nakaya stessa come consulente per il padiglione costruito per l'Expo svizzera del 2002.

▲ Diller&Scofidio, *Blur*, 2002, Expo Svizzera di Yverdon-les-Bains.
Fonte: http://architectuul.com/architecture/blur-building [ultimo accesso 12.07.2019]

Il suo ultimo progetto è il "*Fog x FLO*", inaugurato nel 2018, include cinque installazioni climatiche responsive, dislocate lungo la cosiddetta Emerald Necklace, una catena di parchi di 1.100 acri collegati da strade e corsi d'acqua tra Boston e Brookline, nel Massachusetts.



Create in modo da essere interattive rispetto ai corsi d'acqua e ai paesaggi progettati da Frederick Law Olmsted (FLO), le sculture di nebbia di Nakaya invitano i visitatori ad immergersi nell'atmosfera creata dalla nebulizzazione dell'acqua nelle diverse location dove sono inseriti gli ugelli: il Jamaica Pond, il Franklin Park, i Fens, il Leverett Pond, e l'Arnold Arboretum della Harvard University[2].

Controllando il numero di ugelli e il diverso tipo di pressione, si creano così dei micro-ambienti che interagiscono con la natura e con le condizioni climatiche esterne.

2. Per un approfondimento, leggi l'articolo di Rebecca Coleman "*Nakaya's fog sculptures lift Boston parks*", pubblicato sulla The Harvard Gazette e visitabile al link https://news.harvard.edu/gazette/story/2018/09/fujiko-nakayas-fog-x-flo-sculptures-encase-emerald-necklace/ [ultimo accesso 10.07.2019]

▲ Fujiko Nakaya, *Fog x FLO*, 2018; foto del Jamaica Pond.
Fonte: http://emeraldnecklace.org [ultimo accesso 12.07.2019]

◀ Mappa del *Fog x FLO* con evidenziate le installazioni di Fujiko Nakaya.
Fonte: http://emeraldnecklace.org [ultimo accesso 12.07.2019]

▲ Fujiko Nakaya, *Fog x FLO*, 2018; foto dei Fens.
Fonte: http://emeraldnecklace.org [ultimo accesso 12.07.2019]

▲ Fujiko Nakaya, *Fog x FLO*, 2018; foto della nebbia creata sulle rovine di Overlook, nel Franklin Park.
Fonte: http://emeraldnecklace.org [ultimo accesso 12.07.2019]

3.2.2

GLI ELEMENTI NATURALI COME MICROCHIP

Scenocosme

Grégory Lasserre e Anaïs met den Ancxt nel 2003 fondano *Scenocosme* con l'intento di unire arte digitale, interattività, sound art e performance collettive con lo scopo di mettere in risalto le relazioni invisibili tra i corpi e l'ambiente.

Le loro installazioni sfruttano l'ibridazione tra elementi naturali e tecnologia per rendere visibili le minuscole variazioni energetiche degli esseri viventi ed amplificarne la dimensione poetica durante l'esperienza che gli utenti fanno delle loro opere. È possibile, dunque, instaurare un senso di empatia con l'elemento naturale grazie ad un tipo di comunicazione intersoggettiva che stimola una relazione attiva con l'ambiente e che al tempo stesso stimola meccanismi di attivazione della consapevolezza della propria unità psico-fisica con esso.

Il concetto di nuvola viene utilizzato nel loro caso come metafora dell'invisibile e della metamorfosi, proprio per la sua forma indeterminata, e come riferimento alle diverse nuvole che ci circondano, naturali e artificiali (quelle legate al clima, a fattori biologici, all'energia o all'elettromagnetismo)[3].

"*Akousmaflore: Sensitive and interactive musical plants*" è esemplificativo di questo concetto e, inaugurata per la prima volta nel 2007, chi scrive ha avuto modo di interagirvi personalmente anche in occasione della mostra *Hortus 2.0*, organizzata da giugno a settembre

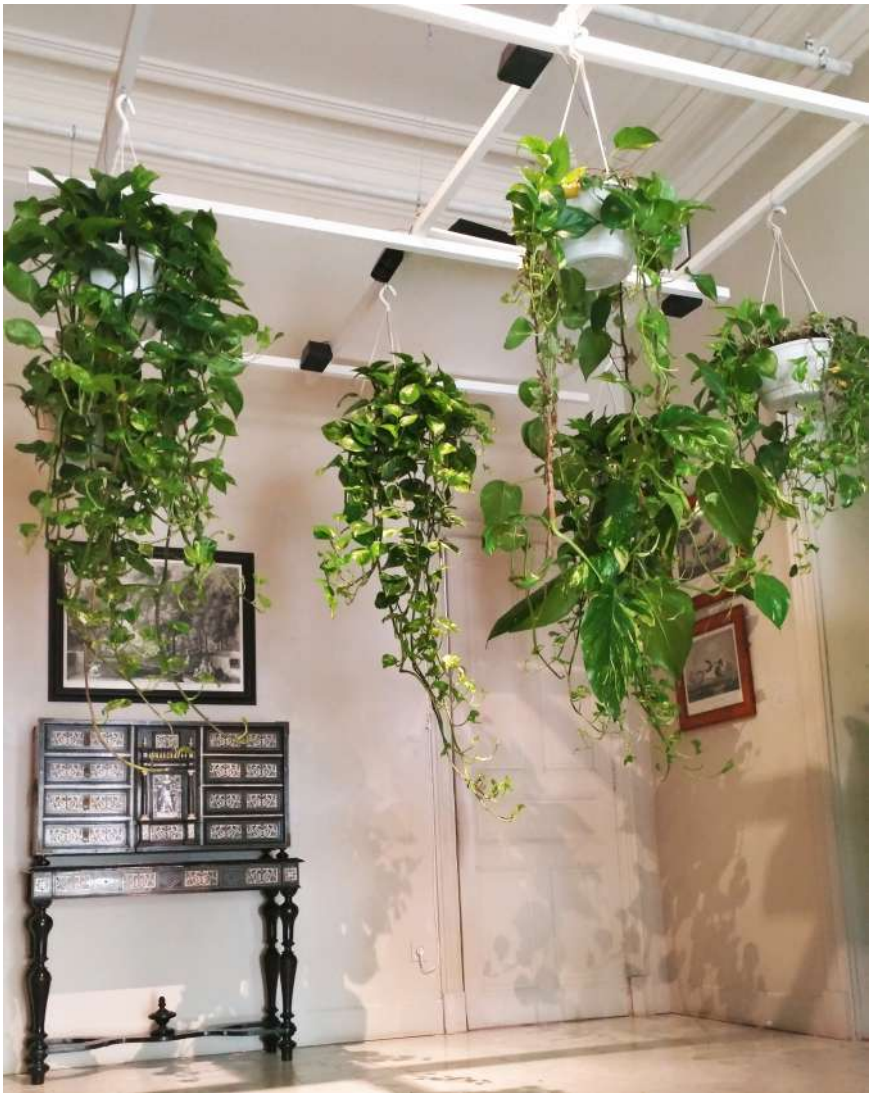
3. Lasserre, Grégory, met den Ancxt, Anaïs 2014, *Hybrid and sensory Interactive Artworks*, disponibile all'indirizzo: http://www.scenocosme.com/PDF/Scenocosme_hybrid_and_sensory_artworks.pdf [ultimo accesso 10.07.2019]

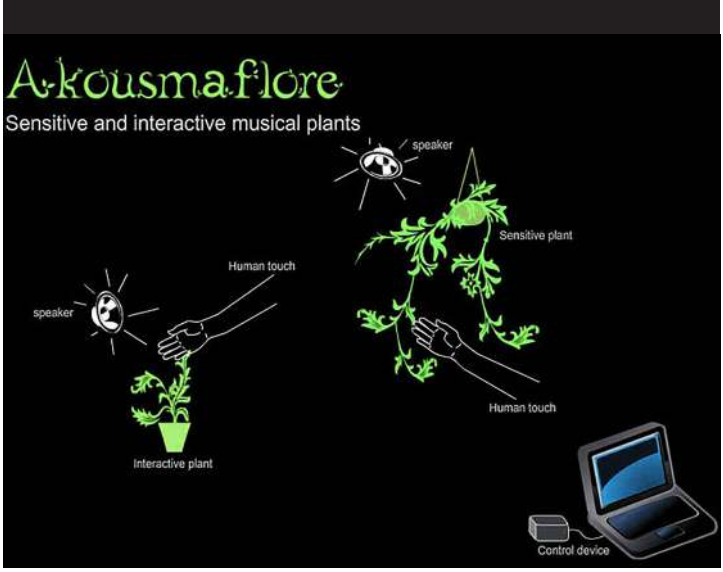
2017 presso il Museo Louis Vouland di Avignone e che ha ospitato numerose installazioni che si confrontavano con il tema del giardino e degli elementi naturali a fronte delle trasformazioni scientifiche e tecnologiche di oggi.

"*Akousmaflore*" è un piccolo giardino interattivo composto da diverse piante musicali, che reagiscono alla presenza dell'utente emanando un suono specifico che varia per ciascuna pianta e che dipende dal contatto o dalla prossimità.

Schema di funzionamento dell'installazione.
Fonte: http://www.scenocosme.com/PDF/akousmaflore_en.pdf [ultimo accesso 12.07.2019]

▼ Scenocosme, *Akousmaflore*, 2017; l'installazione riprodotta al Museo Louis Vouland di Avignone in occasione della mostra *Hortus 2.0*.
Foto dell'autrice.





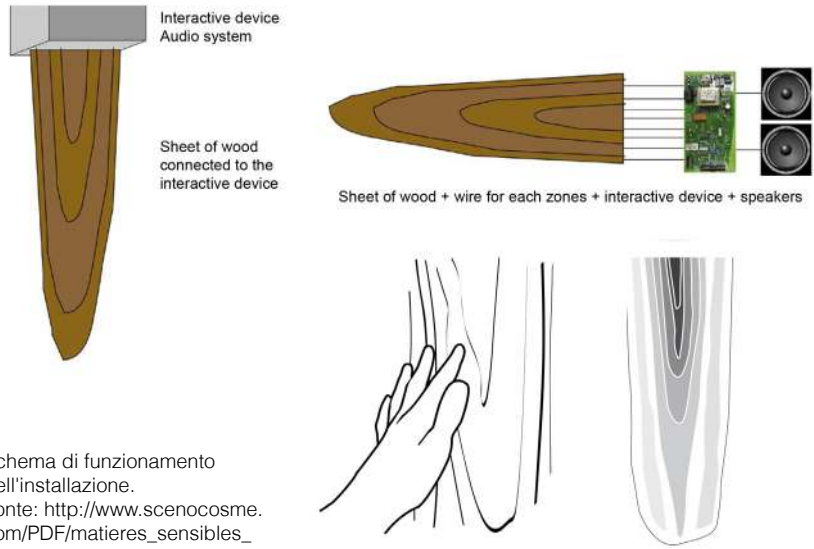
Le piante sono infatti naturalmente sensibili alle variazioni nei flussi energetici e la nostra energia elettrostatica, seppur invisibile, agisce direttamente sulle piante ed attraverso la manipolazione dei dati raccolti dai sensori posti a contatto con le radici delle piante, che vengono processati da un PC connesso a degli speaker che materializzano i dati in suoni. Questi rappresentano il *feedback* che le piante emettono in comunicazione con lo spettatore e la tipologia di suono dipende sia dal set specifico di suoni associati a ciascuna varietà (ognuna ha una propria "voce"), scelti in base alla forma ed alla consistenza delle foglie, sia all'intensità del tocco dell'utente.

▼ Scenocosme, *Akousmaflore*, 2009; l'installazione riprodotta alla Ormeau Baths di Belfast. Fonte: http://www.scenocosme.com/PDF/akousmaflore_en.pdf [ultimo accesso 12.07.2019]

In "*Matières sensibles: Sound Sculpture on wood / Interactive marquetry & Bio hacking*" il duo francese mette invece in mostra delle sculture realizzate con fogli sottili di legno di frassino impiallacciato.

Le venature naturali del legno diventano delle aree sonore che si attivano al tocco dell'utente, conformando uno spartito musicale distribuito su diverse zone delle sculture.

Questo processo di *bio-hacking* viene definito dagli stessi Scenocosme come "intarsio interattivo", ossia si basa sull'inserimento di fili che seguono le venature e che confluiscono nel dispositivo interattivo ed infine negli amplificatori, entrambi nascosti in una scatola alla base del pannello.



▲ Schema di funzionamento dell'installazione.
Fonte: http://www.scenocosme.com/PDF/matieres_sensibles_en.pdf [ultimo accesso 12.07.2019]

◀ Scenocosme, *Matières sensibles*, 2013
Fonte: http://www.scenocosme.com/matiere.htm [ultimo accesso 12.07.2019]

In ultimo, interessante è anche l'installazione "*Kymapetra: The singing stones*", anch'essa presente alla mostra *Hortus 2.0*.

Tema centrale in questo caso è l'interazione tra l'uomo, i minerali e le pietre. Cinque pietre di diversa tipologia, grandezza e forma, circondano una vasca di acqua alla quale sono collegate con dei sensori che intercettano il tocco del visitatore sulle pietre e producono delle vibrazioni sonore che increspano la superficie dell'acqua stessa.

I disegni geometrici rappresentano quindi la traduzione dell'effetto risonanza tra utente ed elementi naturali (pietra e acqua) e variano a seconda delle pietre toccate e dell'intensità dell'energia elettrostatica del corpo. Il lavoro rimanda alla cristalloterapia, una pratica di medicina alternativa che sostiene che pietre e dei minerali siano in grado di entrare in risonanza con ogni forma di essere vivente del regno animale attraverso scambi energetici e vibrazionali.

▲ Scenocosme, *Kymapetra*, 2008; foto dell'installazione riprodotta a L'espinoa - Espace culturel di Baignes nel 2012.
Fonte: http://www.scenocosme.com/PDF/kimapetra_fr.pdf [ultimo accesso 12.07.2019]

▲ Nelle due immagini è possibile vedere i diversi motivi geometrici che si creano nell'acqua in base allo scambio vibrazionale tra l'utente e la pietra.
Fonte: http://www.scenocosme.com/PDF/kimapetra_fr.pdf [ultimo accesso 12.07.2019]

3.2.3

BIO-RIMEDI CYBORG PER LA SOSTENIBILITÀ

Natalie Jeremijenko, Gilberto Esparza

Un'ultima interessante applicazione del concetto di interazione tra attori biologici (come piante e microorganismi) e dispositivi tecnologici è il caso della creazione di dispositivi tecnologici che si inseriscono in una dimensione più vasta.

Il salto di scala e l'applicazione di questi bio-rimedi cyborg a livello ambientale ed urbano permette di entrare in risonanza con l'ambiente circostante, dotandolo di performatività e generando una vera e propria ecologia ibrida, dove la prospettiva non-antropocentrica favorisce una relazione con un mondo tecno-naturale basata sul sostegno di una co-esistenza multispecie.

Natalie Jeremijenko, ad esempio, è una designer, artista ed ingegnere australiano che con la sua *Environmental Health Clinic* all'NYU - dove è professore associato - mira ad accoppiare la pratica artistica con l'attivismo ambientalista, col fine di sensibilizzare sulle questioni ecologiche e sulle relazioni tra umano e non-umano non solo passivamente, ma in modo che il pubblico possa prendere parte attiva al processo e partecipare in maniera civica alle problematiche.

Non è un caso che associ la sua attività a quella di una clinica, perché la sua esplorazione punta proprio all'implementazione tecno-ecologica per la riabilitazione ambientale, spingendo ad una comprensione più profonda delle potenzialità delle tecnologie, che grazie ad una reinterpretazione artistica possono essere rilette in maniera positiva e soprattutto innescare meccanismi di reciprocità per ricucire la dissociazione tra comunità biologiche e dispositivi tecnologici.

Definisce la sua pratica come *xDesign*, abbreviazione

di "*experimental design*" e, nel richiamare la variabile "x", vuole conferire al termine "design" una maggior versatilità. Nel distaccarsi dall'accezione più consumistica del prodotto di design, la Jeremijenko infatti cerca di sfruttare le sue creazioni per costruire modelli da mettere a servizio della popolazione.

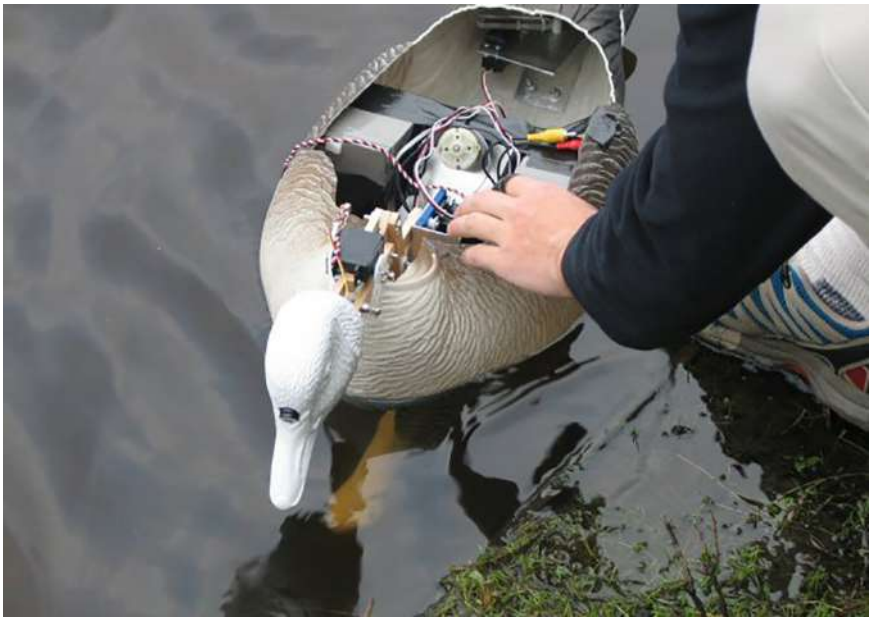
La progettazione di sistemi socio-ecologici è il suo principale obiettivo, sottolineando da una parte il disinteresse nei confronti dell'*art for art's sake* (dell'arte per l'arte) per rimarcare, al contrario, la volontà di utilizzare l'arte per l'*eco-mindshift*[4], ossia come opportunità per creare un obiettivo condiviso e renderla strumento partecipativo per supportare un cambiamento sociale, tecnologico ed ambientale.

In una delle sue prime installazioni nel 2003 intitolata "*OOZ*", ad esempio, la Jeremijenko entra in polemica con le condizioni costrittive che gli zoo impongono agli animali per proporre la sua versione di luogo in cui gli animali rimangono per scelta e non perché bloccati in delle gabbie.

Il gioco linguistico usato per l'installazione è proprio a indicazione del ribaltamento concettuale che si vuole operare ed è comprensivo di una serie di siti in cui gli animali e gli esseri umani possono interagire attraverso dei dispositivi robotici che si trasformano in mezzi di comunicazione. L'interazione ed il dialogo avvengono sulla base di due processi: la reciprocità, ovvero si possono dirigere azioni verso gli animali che a loro volta possono rispondere con un'altra azione; l'informazione, ovvero l'osservazione e l'interpretazione dei dati e dei comportamenti registrati attraverso questi dispositivi robotici, che quindi creano una nuova base relazionale.

Le "*Robotic Geese*" sono, infatti, delle vere e proprie oche robot comandate a distanza che consentono ai partecipanti di interagire con delle oche presenti nei contesti acquatici urbani. L'interfaccia robotica si mimetizza tra gli animali per creare una

4. Cfr. l'intervento di Natalie Jeremijenko "*The art of the eco-mindshift*" nel corso della TED Talk presso la Business Innovation Factory ad ottobre 2009; video disponibile all'indirizzo https://www.ted.com/talks/natalie_jeremijenko_the_art_of_the_eco_mindshift [ultimo accesso: 27.07.2019]

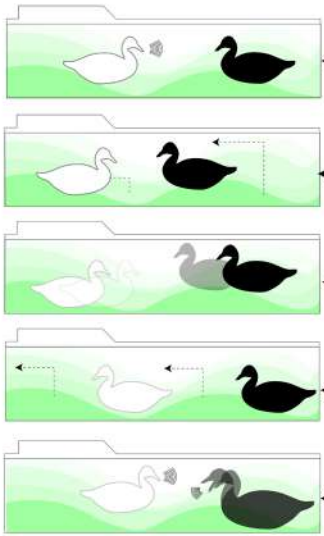


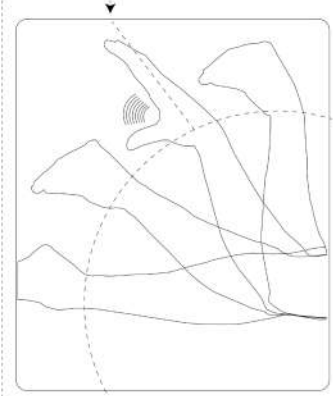
▲ Natalie Jeremijenko, *Robotic Geese*, 2003; in foto è possibile vedere la Robotic Geese composta da un involucro in pastica, parti elettroniche ed una video camera. Funziona come dispositivo controllato in remoto dai partecipanti che in questo modo possono interagire con le oche vere in contesti urbani.

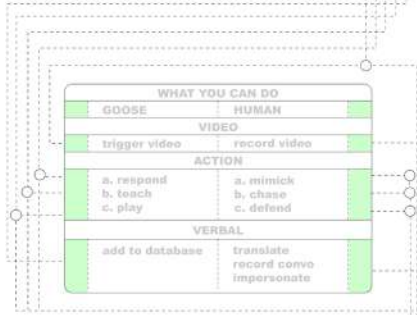
Fonte: http://www.fondation-langlois.org/html/e/page.php?NumPage=1830 [ultimo accesso 20.07.2019]

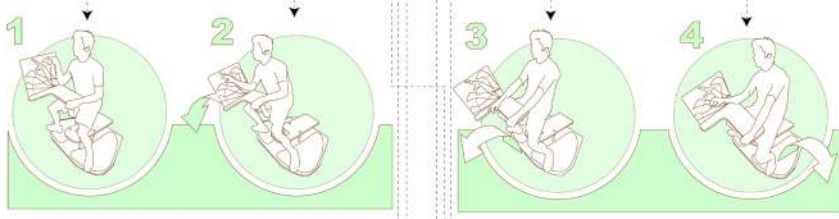
relazione di prossimità, seguendoli da vicino per osservarli nella loro quotidianità, ma anche consentendo all'utente che la comanda di interagire attraverso una gamma di comportamenti che consentono la comunicazione tra esseri umani e animali, che altrimenti non sarebbe possibile.

Agendo come meccanismi di traduzione, questi robot permettono agli utenti di "parlare" con le oche, in quanto sono in grado di emettere espressioni che imitano versi e suoni tipici di determinati segnali comportamentali. Ad ogni emissione sonora viene innescata la videocamera impiantata nella testa del robot, che è in grado di catturare le immagini e registrare le risposte delle oche reali, che convogliano in un database pubblico di "*goosepeak*", dove il messaggio fornito dagli animali viene tradotto.









Actions

a) they can follow chase, attack, push or avoid Leda, communicating how much they like or don't like the human behavior Leda is channeling.
b) they can use other (subtle) social and visible cues to communicate with Leda (ie. you): turn their back to you; or wing fluffing to warn you or scare you;
c) they can play with you.

Audible

The sounds that the geese make will be channeled into the gallery to the goose cockpit from the mikes embedded in Leda; where they will be matched against similar sounds. If a translation exists the goose call will be translated into human.

Visible

They can see you goosing inside the gallery they can trigger the camera in leda head pushing images to you. geese trigger the camera on by uttering something in close proximity to the Leda, or by pecking at Leda (mike triggered)

Actions

1. You can follow the geese: you can direct Leda for ward or turn left or right. (no backwards)
2. You can chase a goose; you can be chased; you can drive around in circles and see what the geese think of that;
3. You can chase, attack or talk to a person who is in the geese's environment (i.e. you can provide some security services for the geese);

Remote

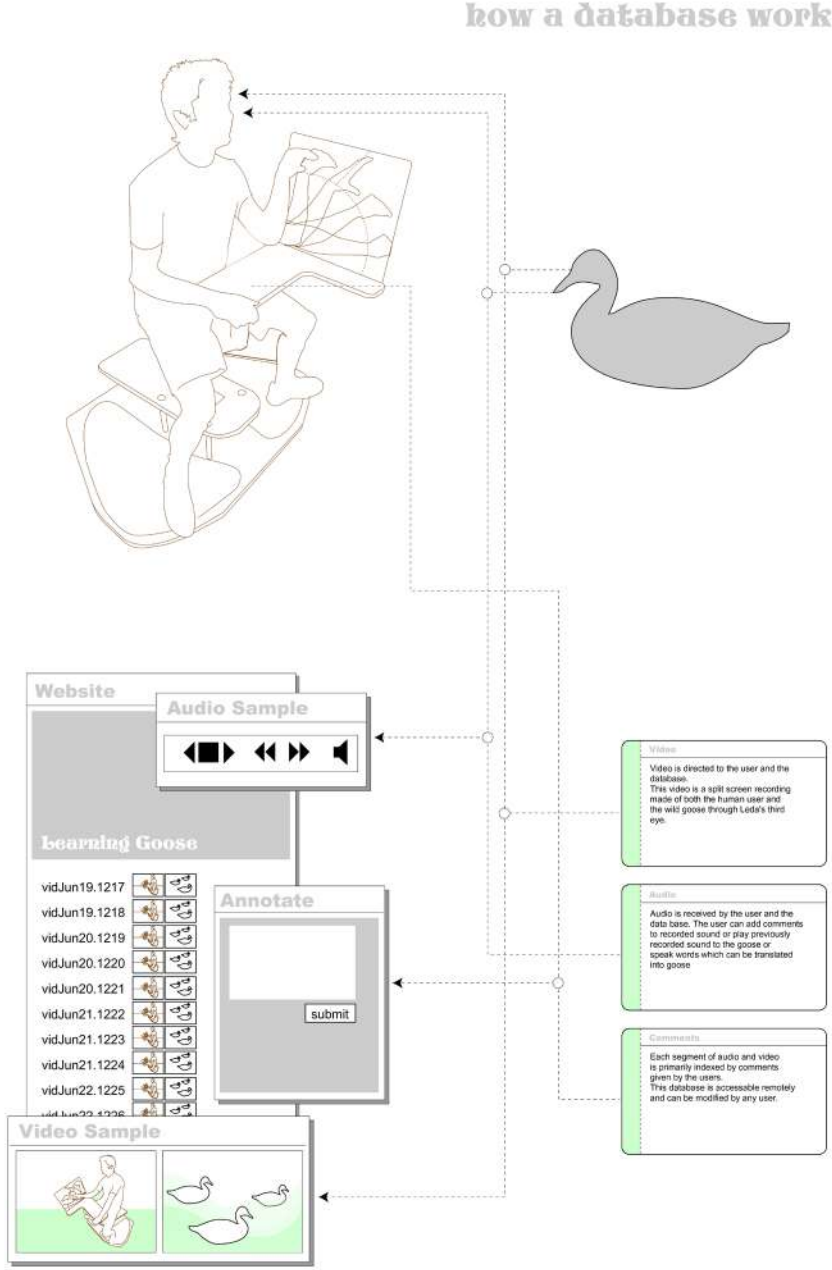
You can watch the database of video and audio; and you can annotate another interpretation of what the geese are doing what the geese can do when you are not there: geese can think about how to have a good time in this environment; judge whether or not they will tolerate humans; they will make individual and social decisions on this.

Verbal

1. you can talk to the geese or a goose from the cockpit inside the gallery. you can records conversation with the geese to the public database; (you can annotate the file with an interpretation of what you think happened in the database remotely)
2. you can tr y your own goose impersonation sounds directly using Leda ventriloquism; and you can save these to a database if you get any interesting response. Leda will open its mouth when you speak issuing; controlled by your goose mouth action shadow.

Visible

You can turn on Leda' video camera and get a close up view of the interaction; you can save that piece of video to a database with an annotation of why it was interesting, what you thought the interaction was about;



▲ Schemi di funzionamento del software di traduzione.
Fonte: http://www.nyu.edu/projects/xdesign/ooz/pics/OOZinstructtall.pdf [ultimo accesso 20.07.2019]

◀ Schemi delle varie interazioni possibili attraverso il dispositivo robotico.
Fonte: http://www.nyu.edu/projects/xdesign/ooz/pics/OOZinstructtall.pdf [ultimo accesso 20.07.2019]

Avvicinando gli utenti umani alla comprensione del linguaggio animale, viene quindi generato un archivio di correlazioni semantiche che aiuta ad un avvicinamento linguistico tra specie e che costituisce una raccolta aperta di materiale, non generata da una serie di regole, ma proprio dalla ricchezza empirica delle interazioni effettive generate.

Nel 2012 al Museo Noguchi è stata inaugurata la mostra in due parti *Civic Action: A vision for Long Island City* e ad alcuni artisti, tra cui Jeremijenko, è stato chiesto di presentare visioni alternative per il tratto industriale settentrionale della città. I team erano molto eterogenei, comprendendo architetti, artisti, urbanisti, scrittori e altri consulenti al fine di re-immaginare l'area e far fronte allo sviluppo residenziale crescente, oltre che alle minacce ecologiche, con installazioni site specific e attività partecipative e sociali. Jeremijenko e il suo team si sono concentrati sulla produzione di dispositivi per sfidare la comprensione delle nostre relazioni nei confronti degli animali ed aiutarci a sentirci pienamente parte delle ecologie urbane, progettando due installazioni nel Socrates Sculpture Park di New York.

Il progetto "*Salamander Superhighway*" mette in luce una delle grandi crisi relative all'estinzione delle specie anfibie delle salamandre, che sono organismi chiave nell'ecologia soprattutto della parte nord-orientale degli Stati Uniti. Il punto di partenza è l'osservazione dell'incessante distruzione dei corridoi migratori delle salamandre, con la disseccazione degli stagni primaverili in cui si riproducono o semplicemente a causa della mancanza di attenzione che i cittadini rivolgono al loro passaggio sulle strade.

Jeremijenko si è posta una semplice domanda: possiamo adattare la nostra infrastruttura urbana per supportare gli organismi da cui dipende la salute del nostro ecosistema?

Il risultato è un micro-dosso che cerca di collegare gli habitat delle salamandre, per proteggerle ed al tempo stesso attirare l'attenzione degli altri utenti che utilizzano l'infrastruttura.

Il dispositivo è realizzato con piccoli fori per imitare il tipo di illuminazione puntuale a cui sono abituate le salamandre in natura ed alcuni sensori sono installati nel tubo per rilevare il loro movimento e innescare l'invio di alcuni messaggi ad un account Twitter a cui sono collegati[5].

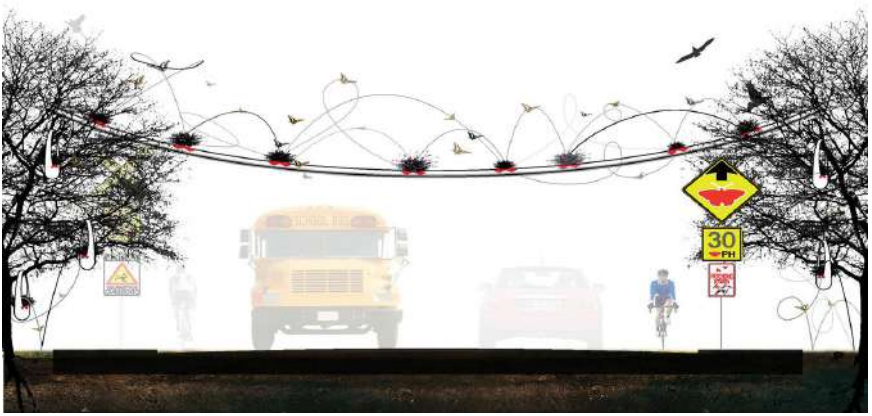
▲ Natalie Jeremijenko, *Salamander Superhighway*, 2012.
Fonte: https://urbanomnibus.net/2011/10/civic-action-vision-long-island-city-part-b/ [ultimo accesso 27.07.2019]

La seconda installazione è il "*Butterfly Bridge*", una sporgenza fiorita progettata per attirare le farfalle lontano dal traffico cittadino e preservarle in questo modo dall'impatto contro i parabrezza delle auto.

Lo scopo è quello di fornire una modalità più sicura per le

5. Cfr. Marinelli, Selenia 2019, "*Subjectivity Displacement: Biodesign as interface to explore multispecies collaborations and to overcome normative anthropocentrism*" in Perna, V. et al. (a cura di), *Foreseeing Uncertainty: Design & the Non-Normativity*, Conference proceedings [in press]

farfalle stesse di spostarsi negli ambienti urbani, con un dispositivo attrattore che funziona anche da impollinatore per rendere la presenza di questi organismi più duratura e possibilmente aumentare biodiversità attraverso il collegamento di ecosistemi altrimenti isolati[6].



▲ Natalie Jeremijenko, *Butterfly Bridge*, 2012.
Fonte: https://www.mediasanctuary.org/image-galleries/nature-lab/bioart-in-the-industrial-wasteland/natalie-jeremijenko/ [ultimo accesso 27.07.2019]

Nel 2009 viene invece proposto il progetto "*Amphibious Architecture*", in collaborazione con il *The Living Architecture Lab* della Columbia University, in occasione della mostra *Toward the Sentient City*[7] curata da Mark Shepard. In questo caso, l'opera vuole promuovere nuove combinazioni di bio-informazione, dati digitali e pratiche di educazione ambientale.

Nell'East River e nel Bronx di New York vengono infatti installate due reti di tubi interattivi galleggianti contenenti dei sensori sottomarini che monitorano la qualità dell'acqua, la presenza di pesci e l'interesse umano nei confronti dell'ecosistema fluviale. Nella parte dei tubi che emerge dall'acqua sono installate una serie di luci che vengono modulate dai sensori, illuminandosi quando i pesci nuotano

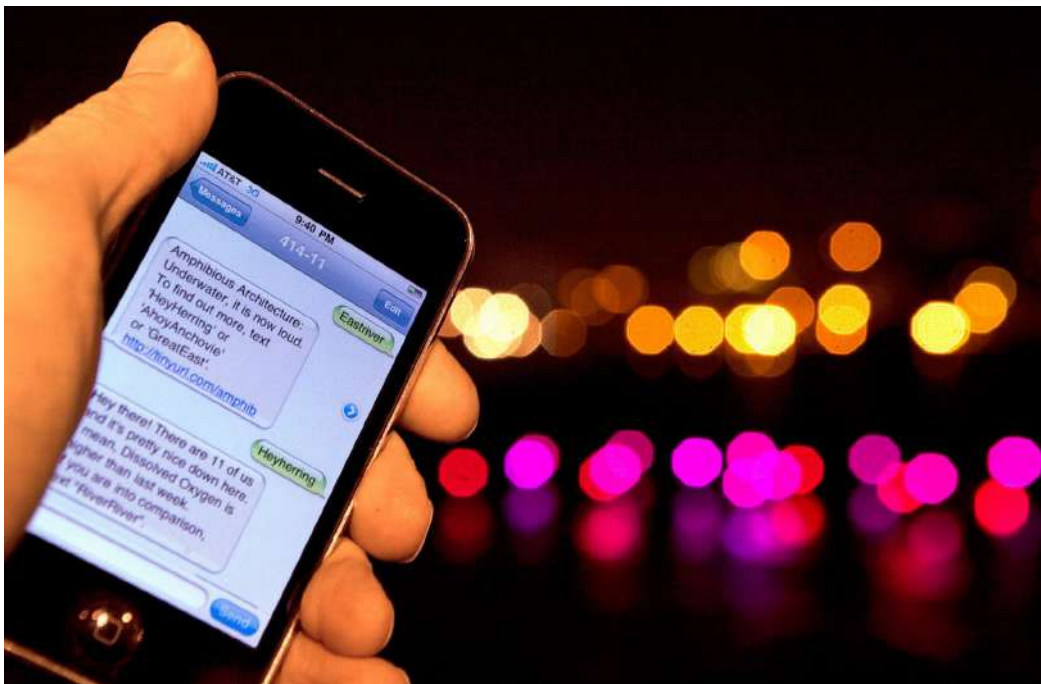
6. *Ibidem*

7. È possibile consultare il sito web ufficiale della mostra a questo indirizzo http://www.sentientcity.net/exhibit/ [ultimo accesso 27.07.2019]

nel fondale e passano in prossimità dei sensori, o cambiando tonalità di colore a seconda della qualità dell'acqua.

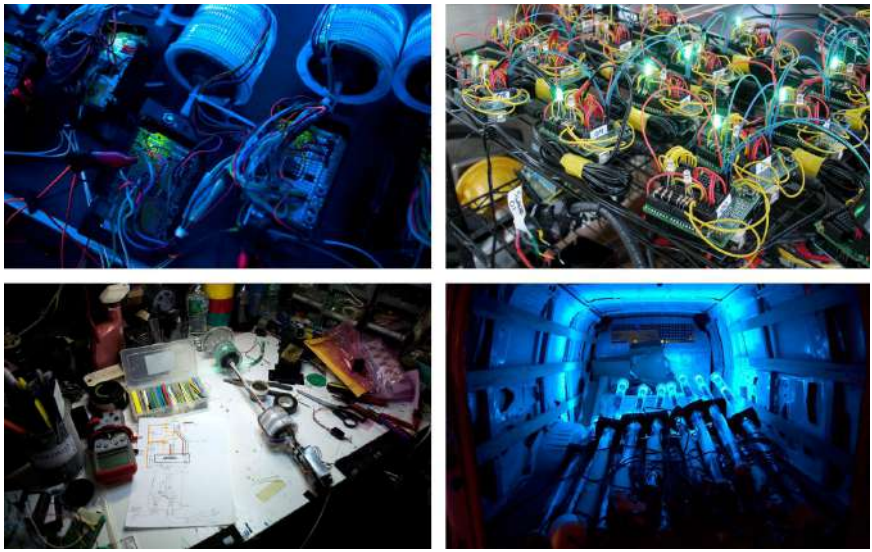
Un'interfaccia SMS consente inoltre di comunicare attraverso un'applicazione con l'installazione e di ricevere informazioni in tempo reale sul fiume, generando un vero e proprio dialogo e contribuendo a stimolare un interesse collettivo sull'ecosistema fluviale.

▼ Natalie Jeremijenko e The Living Architecture Lab, *Amphibious Architecture*, 2009. Foto dell'installazione e dell'app attraverso cui innescare il *feedback* via SMS. Fonte: http://cargocollective.com/chriswoebken/following/chriswoebken/Amphibious-Architecture [ultimo accesso 27.07.2019]

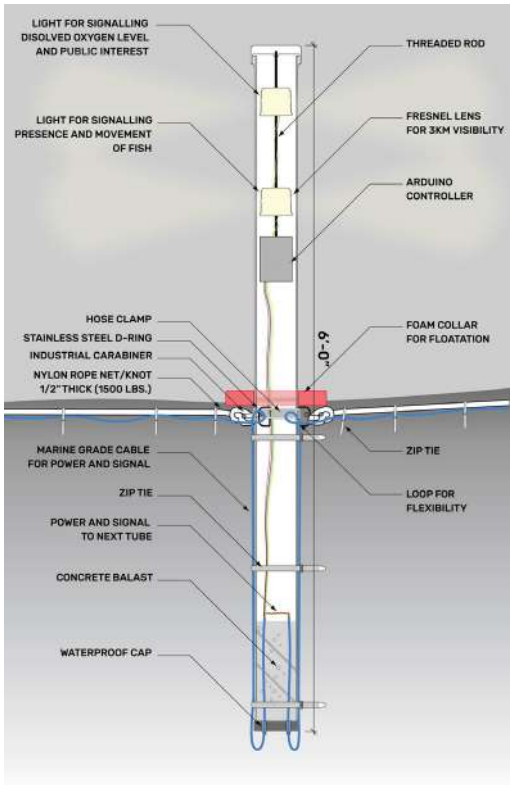


"*Amphibious Architecture*" permette quindi di innescare circuiti di *feedback* tra umani, pesci ed il loro ambiente condiviso.

▲ Foto dei tubi interattivi con i sensori subacquei.
Fonte: http://cargocollective.com/chriswoebken/following/chriswoebken/Amphibious-Architecture [ultimo accesso 27.07.2019]



▲ Alcune immagini che mostrano i circuiti utiilizzati per i collegamenti tra i tubi, i sensori ed i controller Arduino.
Fonte: http://cargocollective.com/chriswoebken/following/chriswoebken/Amphibious-Architecture [ultimo accesso 27.07.2019]



◀ Dettaglio tecnico di un tubo interattivo: sono evidenti le luci di diversa colorazione usate per mostrare i livelli di ossigeno disciolto nell'acqua e la presenza dei pesci nel fondale ed il collegamento ai controller Arduino.

Fonte: http://cargocollective.com/chriswoebken/following/chriswoebken/Amphibious-Architecture [ultimo accesso 27.07.2019]

Tra i più recenti interventi di Natalie Jeremijenko vale la pena citare il "*Melbourne Mussel Choir*", progettato nell'ambito del collettivo Carbon Arts fondato da Jodi Newcombe per porre l'arte ed il design al centro delle sfide climatiche e della sostenibilità.

Il progetto, presentato per la prima volta nel 2012 in occasione della Biennale di Venezia con un'installazione site specific progettata con Mark Shepard nella laguna veneta, si basa sulla volontà di far emergere la grande importanza che i mitili ricoprono in quanto organismi atti al monitoraggio ambientale.

L'opera d'arte pubblica in questo caso è studiata per l'ecosistema acquatico delle Docklands di Melbourne ed utilizza proprio questi organismi marini per raccogliere dati e generare output in tempo reale sulla qualità dell'acqua.

▲ Natalie Jeremijenko, *Melbourne Mussel Choir*, 2013.
Fonte: http://www.carbonarts.org/projects/melbourne-mussel-choir/ [ultimo accesso 27.07.2019]

I mitili sono in grado di filtrare tra i 6 ed i 9 litri di acqua all'ora e dotandoli di sensori che registrano l'apertura e la chiusura dei loro gusci, i loro movimenti vengono tradotti in stimoli sonori.

Convertendo quindi i dati in suono, ogni mitile viene dotato di

una propria "voce" che è specchio del proprio comportamento come bio-rimediatore di inquinanti, dando vita ad una performance che coinvolge tutti gli abitanti della città in un processo biologicamente significativo. La sinfonia è mappata sulla base di determinati parametri come la profondità dell'acqua (che modula il tono dell'output sonoro), la presenza di inquinanti (che invece stabiliscono il timbro) e la velocità di apertura e chiusura delle valve (che determinano il tempo).

L'invito quindi è a sintonizzarsi letteralmente con questi processi invisibili, collegandoci in un'esperienza sensoriale che ci fa sentire più consapevoli dell'importanza dell'ecosistema naturale all'interno delle nostre città.

"*Mussel Choir*" è stata riproposta nel 2016 combinata con "Amphibious Architecture" in una nuova versione permanente, inserendosi nell'ambito del *Pier 35 EcoPark* per la riqualificazione dell'ecologia del litorale di Manhattan. La proposta più avanzata dell'installazione include quindi una commistione dell'interazione con i pesci, i mitili bio-sensori sonori, i cittadini ed ulteriori sensori integrati per il monitoraggio della qualità dell'aria circostante.

Tutti questi progetti, sebbene suggeriscano un approccio più giocoso al problema ambientale, possono essere usati come metafora rilevante su come da progettisti potremmo promuovere interventi in città che stimolino l'immaginazione ed il fascino popolare nei confronti della complessità degli ecosistemi urbani.

Agendo come segnali pubblici, consentono infatti agli organismi di ottenere la visibilità e la cura che meritano.

In questa sezione possiamo in ultimo citare l'artista messicano Gilberto Esparza che con la sua ricerca indaga la tecnologia come veicolo di nuove soluzioni per contrastare l'impronta umana negativa sul pianeta, sfruttando una commistione tra intelligenza biologica e robotica per ripensare il rapporto delle società umane con l'ambiente naturale.

"*Parásitos urbanos*" è ad esempio una serie di organismi artificiali progettati tra il 2006 ed il 2008. Realizzati con il riciclo di rifiuti tecnologici con sistemi meccanici ed elettronici configurati come organismi di vita artificiale, questi parassiti urbani hanno la capacità di sopravvivere negli ambienti cittadini nutrendosi dell'energia che rubano dalla rete di distribuzione elettrica delle città.

Nel tentativo di sollevare una riflessione sul consumo eccessivo di energia da parte della nostra società, sempre più legata ad un uso non consapevole delle risorse, questi organismi robotici interagiscono con l'ambiente circostante non solo in maniera parassitaria ma muovendosi nello spazio ed emettendo suoni per comunicare con altri parassiti del loro genere, entrando a far parte integralmente del paesaggio sonoro urbano.

Vengono progettate diverse specie, di cui ne illustriamo alcune[8]:

- clgd (*colgado*) ha un corpo formato da una serie di avanzi di tubi in PVC che sono giustapposti tra loro in modo da ottenere un involucro flessibile in grado di supportare il movimento. Vive sospeso tra i fili del telefono ed emette suoni per interagire con l'ambiente sonoro circostante. Si nutre di una fonte di alimentazione collegata allo stesso polo telefonico.
- dblt (*diablito*) è una specie di "mechatropode" che vive sulle linee elettriche delle città per nutrirsi dell'energia che fluisce attraverso i cavi. Questa specie immagazzina i suoni esterni e li riproduce in modo intermittente in base al loro umore.

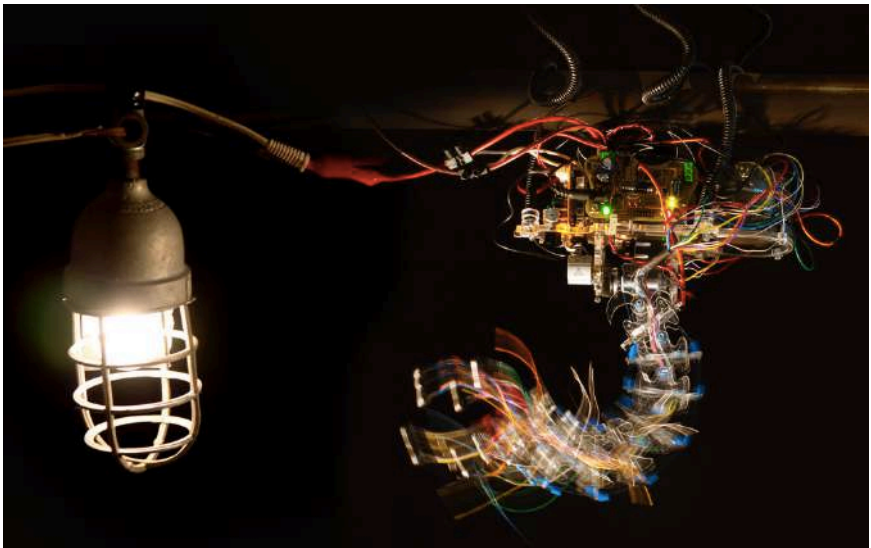
8. Per l'elenco completo delle specie si rimanda al sito ufficiale del progetto http://www.parasitosurbanos.com/parasitos/proyecto.html [ultimo accesso 27.07.2019]

- gli *autótrofos inorgánicos* sono organismi che usano la luce solare e l'elettricità per tradurla in emissioni sonore. Composti da un esoscheletro sferico di plastica, questi organismi sono sensibili alle variazioni di luce causate dalle ombre degli alberi durante il corso della giornata, che vengono elaborate e tradotte in suoni che intervengono nel panorama sonoro dell'ambiente circostante. Sono composti riciclando circuiti di giocattoli e dispositivi musicali che vengono modificati per funzionare in un range stabilito e per interpretare i valori della luce a seconda delle variazioni del luogo.
- mrñ (*maraña*) è simile ad un verme robotico costituito da cavi e segmenti acrilici trasparenti. Vive vicino a sorgenti luminose, nutrendosi ed emettendo suoni in base alla variazione di luce causata dal suo movimento nello spazio.

▲ Gilberto Esparza, *clgd*, 2006-2008.
Fonte: http://www.parasitosurbanos.com/parasitos/proyecto.html [ultimo accesso 27.07.2019]

▲ Gilberto Esparza, *clgd*, 2006-2008.
Fonte: http://www.parasitosurbanos.com/parasitos/proyecto.html [ultimo accesso 27.07.2019]

▲ Gilberto Esparza, *autótrofos inorgánicos*, 2006-2008.
Fonte: http://www.re-flexion.net/urban-parasites-by-gilberto-esparza/ [ultimo accesso 27.07.2019]



In "*Plantas nómadas*" Esparza dal 2008 al 2013 sperimenta invece robot biologici autonomi situati lungo le rive del Rio Lerma e del Rio Grande di Santiago, in Messico.

Il lavoro rivela come l'inquinamento delle acque e la privatizzazione hanno intaccato le risorse naturali della zona, colpendo anche le popolazioni rurali. Queste "*Piante Nomadi*" sono una specie ibrida, composta da vari organismi che coesistono in simbiosi per sopravvivere in ambienti acquatici contaminati. Nel voler riflettere sull'inquinamento idrico, che è uno dei più diffusi che colpisce una fonte di energia vitale per la sopravvivenza, questi organismi sono composti da un sistema robotico, una specie vegetale ed un insieme di celle a combustibile microbiche[9] e celle fotovoltaiche.

Si tratta dell'unione di diverse forme di intelligenza che collaborano alla formazione di una specie più forte che agisce come anticorpo per ripristinare i danni ambientali su piccola scala. Per sopravvivere, questo organismo preleva l'acqua contaminata e la elabora nelle sue celle a combustibile microbiologico composte da una colonia di batteri nativi provenienti da queste acque, che si nutrono delle sostanze inquinanti trasformando i nutrienti in elettricità.

Quest'ultima viene immagazzinata in un sistema di raccolta dell'energia che serve alla Pianta Nomade per muoversi.

9. Una pila a combustibile microbiologica (*microbial fuel cell, MFC*) o pila a combustibile biologica è un sistema bio-elettrochimico che genera corrente imitando le interazioni batteriche che si trovano in natura. I micro-organismi catabolizzano composti come il glucosio (Chen et al., 2001), l'acetato, il butirrato (Liu et al., 2005) o le acque reflue (Habermann & Pommer, 1991). Gli elettroni ottenuti con questa ossidazione vengono trasferiti su di un anodo, dal quale passano attraverso un circuito elettrico prima di arrivare al catodo. Da qui vengono trasferiti a un accettore di elettroni ad alto potenziale come l'ossigeno. Mentre la corrente scorre grazie alla differenza di potenziale, la potenza viene generata direttamente dal biocarburante tramite l'attività catalitica dei batteri. (Rabaey & Verstraete, 2005).
Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Pila_a_combustibile_microbiologica [ultimo accesso 27.07.2019]

◀ Gilberto Esparza, *mrñ*, 2006-2008.
Fonte: http://ludion.org/radar.php?artista_id=40 [ultimo accesso 27.07.2019]

Durante il processo di biodegradazione, la qualità dell'acqua viene quindi migliorata e la parte in surplus viene somministrata alle specie vegetali integrate nel sistema bio-robotico.

A loro volta, le piante, attraverso la loro attività metabolica, rilasciano ossigeno nell'atmosfera e l'intero sistema si accoppia intimamente con i cicli biologici dell'ambiente circostante, costituendo un sistema autopoietico.

▲ Gilberto Esparza, *Plantas nómadas*, 2008-2013.
Fonte: http://terceravia.mx/2016/03/arte-ciencia-las-plantas-nomadas/ [ultimo accesso 27.07.2019]

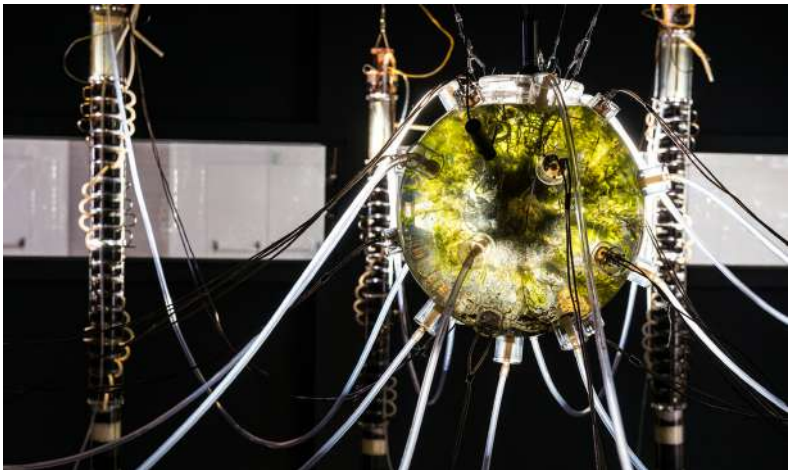
◀ Dettaglio delle celle a combustibile microbiologiche

Fonte: https://www.neo2.com/plantas-nomadas/ [ultimo accesso 27.07.2019]

Un ultimo lavoro, che ha valso a Gilberto Esparza il premio dell'Ars Electronica 2015 nella categoria *Hybrid Art*[10], è "*Plantas autofotosintéticas*", un esperimento avviato tra il 2013 ed il 2014 che prosegue la ricerca sull'utilizzo di combustibile microbiologico per generare suono ed energia attraverso la purificazione di campioni d'acque reflue provenienti dallo spazio urbano.

L'obiettivo è quello di sensibilizzare ad un più rispettoso utilizzo delle risorse idriche da parte degli insediamenti umani che tengono in scarsa considerazione l'enorme rete di relazioni vitali, coinvolte nei processi di estrazione dell'acqua o nello smaltimento degli scarti fognari. Attraverso questo progetto, Esparza quindi vuole sottolineare la necessità di riconfigurare in maniera simbiotica la nostra relazione con i cicli relativi all'utilizzo di questo elemento.

L'installazione è composta da bio-celle a combustibile microbico collegate tra loro per comporre una rete idraulica abitata da colonie di batteri, che vivono nelle acque reflue urbane e che fungono da sistema digestivo in grado di innescare processi metabolici della materia organica, purificando l'acqua e producendo energia.



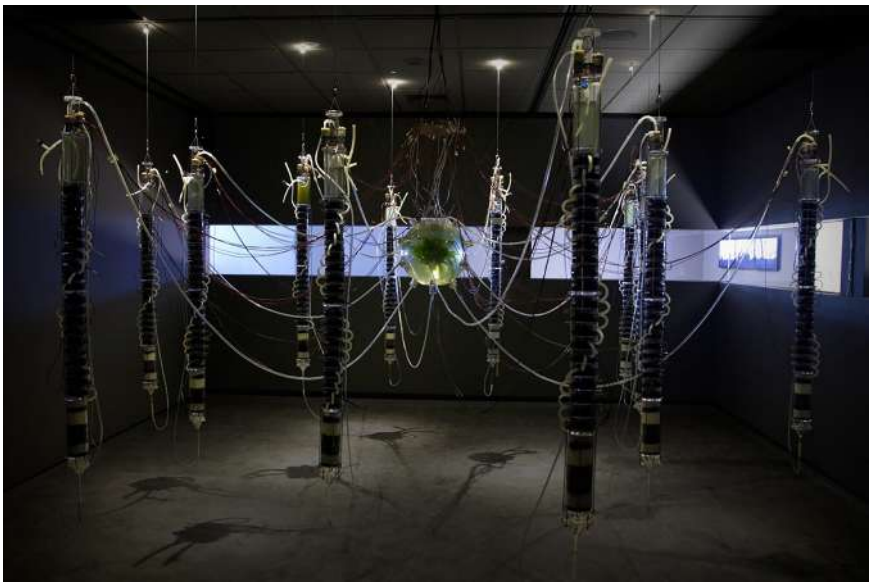
▲ Gilberto Esparza, *Plantas autofotosintéticas*, 2015.
Fonte: https://www.ok-centrum.at/en/press/pressemitteilung/ok-cyberarts-2015 [ultimo accesso 27.07.2019]

10. Cfr. "*Artistic Ideas for the Ecological Development*", contributo web pubblicato sul sito di Ars Electronica in occasione dell'edizione 2015 e disponibile all'indirizzo: https://ars.electronica.art/aeblog/en/2015/07/27/kuenstlerische-denkanstoesse-fuer-die-oekologische-entwicklung/ [ultimo accesso 28.07.2019]

L'acqua bio-filtrata convoglia in un contenitore centrale, creando un ambiente ottimale in cui vivono specie da produzione e specie di consumo di diversi livelli trofici (protozoi, crostacei, microalghe e piante acquatiche) che possono così raggiungere un equilibrio omeostatico.

L'elettricità prodotta dai batteri durante le reazioni ossidative che implicato il rilascio di elettroni, viene immagazzinata e concentrata in un condensatore che la sprigiona sotto forma di energia luminosa, consentendo la fotosintesi delle piante che vivono nel contenitore centrale. Queste, inoltre, trasformano la luce ed i micronutrienti in biomassa, che quindi concorre al nutrimento delle specie che nell'ecosistema costituiscono i consumatori.

Il sistema nervoso è composto da una rete elettronica responsabile del monitoraggio dei cicli energetici e idrici, che collega e regola gli altri due sistemi, vale a dire il nucleo e i moduli cellulari, registrando l'attività elettrica nelle celle microbiche di ciascun modulo, controllando il pompaggio delle acque reflue ricche di nutrienti e conducendo l'acqua bio-filtrata dai moduli al nucleo. Questo sistema rende l'installazione completamente autonoma, in un completamento reciproco dei diversi processi metabolici.



Vi è inoltre un dispositivo che traduce in suono l'attività della luce del nucleo e l'attività biologica che avviene nei moduli, generando quindi delle composizioni sonore che restituiscono al livello percettivo il funzionamento dell'intero sistema che, altrimenti, sarebbe meno palese agli occhi dell'osservatore.

Questo lavoro rappresenta un livello molto avanzato nella ricerca di interazione tra organismi biologici, interfacce elettroniche e robotiche, circuiti, sensori e ambiente e potrebbe rappresentare il modello per un sistema idrico autorigenerante da applicare nelle nostre città del futuro.

◀ Gilberto Esparza, *Plantas autofotosintéticas*, 2015.
Fonte: http://arteycultura.com.mx/plantas-robots-naturaleza-ciencia-y-arte-juntos-en-la-obra-de-gilberto-esparza/ [ultimo accesso 27.07.2019]

Conclusioni - verso una definizione di bio-informazione.

Avviandoci verso la parte finale della dissertazione, più strettamente legata alle ricadute progettuali che si propongono a partire dalle sperimentazioni artistiche finora menzionate, si svuole a questo punto porre l'accento su quello che è considerato il *core* di queste esperienze, ossia la "bio-informazione".

Si fa riferimento alla bio-informazione, piuttosto che alla bioinformatica, in quanto si vuole marcare un netto distacco dall'uso dell'informatica come dispositivo di analisi e di costruzione di modelli legati solo con accezioni simboliche al vivente. La bioinformatica (e quindi la bioinformazione) si occupa, infatti, di studiare i meccanismi biologici per descriverli da un punto di vista quantitativo, quindi fornendo modelli statistici e algoritmici bioispirati o biomimetici, che vivono all'interno di un ambiente cibernetico di simulazione.

Sottolineare il suffisso "bio" con l'introduzione di un segno di punteggiatura ha, di conseguenza, come fine quello di enfatizzare un uso del dato biologico teso a produrre un'integrazione delle capacità emergenti del vivente stesso, proprio perché si impiegano organismi viventi in accoppiamento con sistemi antropici, che siano artistici o, come vedremo, architettonici.

Scopo della dissertazione è, quindi, puntare all'utilizzo della biologica e dell'intelligenza del vivente, integrando la materia organica all'interno dell'architettura e utilizzando l'informatica come strumento di trascrizione, amplificazione, manipolazione e traduzione dei dati biologici e come interfaccia di comunicazione tra organismi biologici e architettura.

4 BIO-INFORMAZIONE E BIOTECNOLOGIE NEL PROGETTO

◀ Nella pagina precedente: TerreformOne, *Post Carbon City State: Rezoned Circular Economy*, 2015. Fonte: http://www.terreform.org/projects_urban-new-york-city-state.html [ultimo accesso 03.09.2019]

4.1
RAPPORTI DI *ENTANGLEMENT* CREATIVO

I primi tre capitoli di questa dissertazione ci hanno aiutato ad analizzare la formazione di nuove consapevolezze e nuove sinergie tra campi del sapere filosofico, scientifico ed artistico generalmente ritenuti separati, quando non addirittura considerati contrapposti.

Il primo capitolo, alla luce del paradigma dell'Antropocene, ha mirato a una rilettura del rapporto tra organico e inorganico, tra naturale ed antropico, tra biologico e progettato sinteticamente, per mettere in luce come l'azione dell'uomo possa compromettere gli equilibri biosferici e come molte delle cause del cambiamento climatico abbiano origini antropogeniche.

Di fatto nulla di ciò che definiamo "naturale" può essere più considerato esente dall'influenza umana.

Nel secondo capitolo abbiamo proseguito con questa decostruzione della definizione di "natura", per indagare come la biotecnologia stessa amplifichi il paradosso alla base della distinzione natura/cultura, poiché gli artefatti biotecnologici non possono essere considerati interamente naturali o artificiali, ma sono output ibridi dati dalla collisione di *naturacultura* (Haraway, 2003), frutto di una biologia culturalmente mediata. Tuttavia, sganciandoci da un atteggiamento antropocentrico e cercando di sfruttare la collisione tra questi due binomi, lo scopo è stato comprendere come la capacità dell'uomo di agire "dentro" e "sulla" natura possa essere utilizzata in chiave biocentrica, per innescare meccanismi di co-costruzione e co-evoluzione con quest'ultima.

Il "come" questo possa essere espletato viene snocciolato nel

corso del terzo capitolo: le molte esperienze artistiche citate mirano, infatti, a processi di ibridazione e interazione tra media biologici e tecnologici e ci forniscono un quadro delle modalità con le quali il mondo dell'arte abbia recepito le innovazioni bio-tecnologiche e le abbia impiegate in maniera critica per riflettere sul *continuum* della vita e sui fenomeni di convergenza tra vivente ed artificiale.

In questo capitolo ci addentriamo, infine, più specificatamente nel campo dell'architettura, per cercare di convogliare le riflessioni e le sperimentazioni emerse in precedenza verso il concetto di *Hyper Natura*, più volte suggerito nel corso della dissertazione, ma che adesso verrà delineato in maniera più puntuale attraverso esempi concreti.

La definizione di un'architettura come agente "vivente" nel contesto intende quindi porsi in continuità con le teorie basate sul pensiero sistemico che abbiamo già dipanato: quelle riguardanti l'unità autopoietica suggerita da Varela e Maturana (cfr. 1.3), che descrivono il rapporto di accoppiamento tra ambiente ed organismo in un processo dinamico di mutuo adattamento, o le teorie del nuovo materialismo post-femminista (cfr. 2.2), che hanno prodotto un cambiamento significativo nella comprensione di come l'uomo sia frutto dell'interazione con l'alterità non-umana, sancendo di fatto l'avvicinamento ad un punto di vista biocentrico che inserisce l'uomo all'interno dei meccanismi naturali al pari delle altre specie della Terra.

L'excursus affrontato finora funge quindi come premessa, per chi scrive da ritenersi importante, per ripensare il rapporto che lega l'uomo all'ambiente e come questo possa esprimersi in fenomeni architettonici che siano reificazione di questo quadro teorico così eterogeneo e interdisciplinare che, per dirlo con le parole di Ingold, vuole essere una chiave interpretativa delle dinamiche relazionali con le quali si sviluppano i fenomeni naturali dentro i quali noi stessi siamo chiamati a muoverci progettualmente.

Ingold per questo motivo critica ogni separazione concettuale o assolutista tra discipline, proprio perché contraria ad un modello ecologico, che si ispiri al funzionamento dei sistemi biologici basato

su circolarità e interrelazioni[1].

La divisione tra campi di conoscenza è infatti sociologicamente e non epistemologicamente data[2]. Pertanto, può essere ribaltata.

Anche l'architetto Neri Oxman si è interrogata su questo aspetto di convergenza disciplinare ed ha proposto un diagramma interessante, che possiamo assumere come semplificazione del concetto quantistico ben più complesso di *entanglement*[3], con lo scopo di ipotizzare come la conoscenza possa essere espletata attraverso l'intreccio e non più la separazione dei quattro domini associabili all'esplorazione creativa, ossia scienza, ingegneria, design e arte.

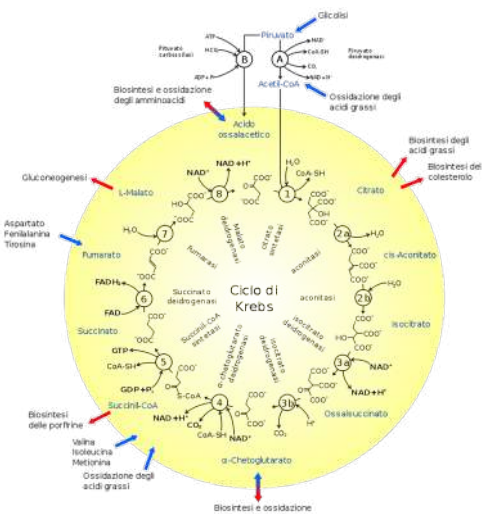
La scienza non è più, infatti, il solo luogo per l'esplorazione, così come l'invenzione non è più associata alla sola ingegneria, la comunicazione al design e l'espressione all'arte: nel mondo contemporaneo ci muoviamo indistintamente da un dominio all'altro.

Per questo motivo, Oxman ricorre proprio ad una forma geometrica circolare per comporre il suo diagramma e decide di

1. Cfr. Ingold, Tim 2016, *Ecologia della cultura*, Milano: Meltemi Editore
.

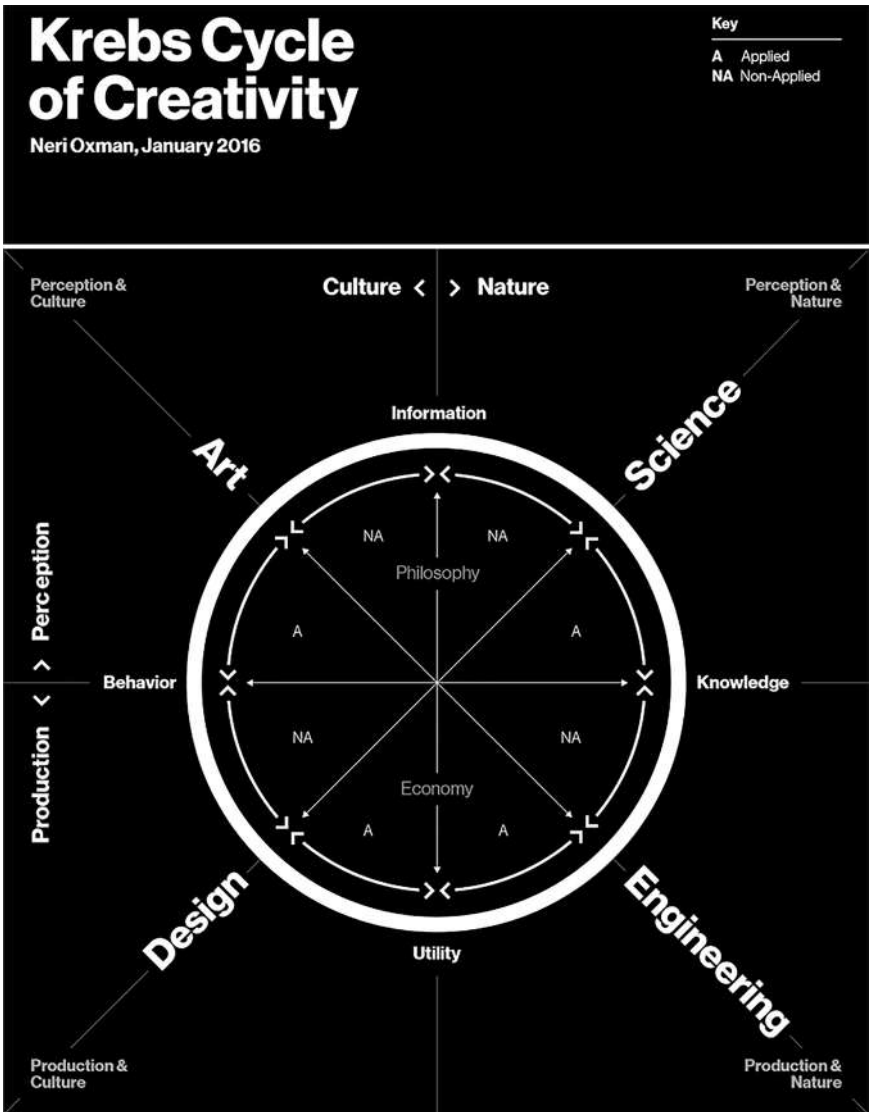
2. Cfr. intervista a Jens Hauser condotta dall'autrice ed allegata alla presente dissertazione.

3. L'*entanglement* quantistico, o correlazione quantistica, è un fenomeno quantistico, privo di analogo classico, per cui in determinate condizioni lo stato quantico di un sistema fisico non può essere descritto singolarmente, ma solo come sovrapposizione di più sistemi. Da ciò consegue che la misura di un'osservabile di un sistema determina simultaneamente il valore anche per gli altri. Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Entanglement_quantistico [ultimo accesso 4.01.2020]



Schema rappresentativo del ciclo di Krebs.

Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Ciclo_di_Krebs [ultmo accesso 4.01.2020]



▲ Neri Oxman, *Krebs Cycle of Creativity*, 2016
Fonte: Oxman, Neri 2016, *op. cit.*

chiamarlo "*Ciclo di Krebs della Creatività*"[4], per alludere ad una metafora biologica: il ciclo di Krebs è infatti il processo metabolico cellulare indispensabile alla creazione di energia.

Associandolo alla creatività, Oxman suggerisce come in maniera analoga si possano utilizzare i domini prima menzionati come elementi di un ciclo metabolico atto alla produzione continua di energia creativa, che diventino di volta in volta *input* o *output* dell'altro, all'interno di un processo circolare:

- alla scienza viene affidato il ruolo di convertire le informazioni in conoscenza
- all'ingegneria quello di applicare le conoscenze scientifiche allo sviluppo di problemi empirici, quindi di convertire la conoscenza in utilità
- al design viene riconosciuto il ruolo di produzione di soluzioni ottimizzate funzionalmente e atte ad aumentare o migliorare l'esperienza umana
- all'arte spetta la creazione della consapevolezza rispetto al mondo che ci circonda, ottenuta convertendo l'esperienza in nuove percezioni rispetto alle informazioni recepite; queste ultime a loro volta rappresentano nuovi input per l'esplorazione scientifica che ha dato il via al *Ciclo di Krebs della Creatività*.

Proprio il momento di contatto tra arte e scienza viene assunto come catalizzatore cinetico del ciclo, tuttavia l'enfasi viene messa sul processo che soggiace la reciprocità tra le diverse aree creative, che possono incontrarsi anche nel "saltare" tra domini non adiacenti, per creare nuove modalità di *entanglement*.

La suggestione lanciata da Oxman può essere sfruttata per concepire anche l'architettura come elemento di questa trama, grazie all'affermarsi di nuove tecnologie e di nuovi approcci al progetto che affronteremo, che assumono un principio di convergenza per alimentare creativamente la produzione architettonica.

4. Cfr. Oxman, Neri 2016, "*Age of Entanglement*", in *Journal of Design and Science*. doi: 10.21428/7e0583ad

4.2

BINOMI A CONFRONTO PER PROGETTARE CON IL VIVENTE

Con tutti i pro e contro, la convergenza tra dimensione biologica, fisica e digitale che assumiamo come dato di partenza può quindi alimentare dei panorami di sperimentazione possibili e praticabili per instaurare una nuova relazione emotiva e cognitiva tra differenti specie e tra uomo ed elementi naturali.

A partire dalla bioarte e dagli altri episodi artistici citati in precedenza (cfr. 3) abbiamo infatti compreso come, attraverso la bio-informazione, le biotecnologie e l'interattività, si possa di fatto puntare alla creazione di interfacce tra ambiente, tecnologia e organismi umani e non-umani.

Contestualmente, ciò apre a molteplici riflessioni sul come si possa indagare criticamente le implicazioni profonde dell'ibridazione tra le zone di confine di discipline come biologia, genetica, neuroscienze, nano-bio-tecnologie e robotica, indagando al di fuori dagli ambienti protetti e chiusi dei laboratori ed estroflettendosi verso nuovi campi d'applicazione come quello dell'architettura, che vedono una partecipazione più attiva anche della popolazione.

Chiaramente a questo punto emergono numerosi interrogativi: come sono destinati ad evolvere i rapporti tra natura e biotecnologia? In che modo questa pervasività tecnologica e questa manipolazione del vivente può avere anche delle ripercussioni nella maniera in cui, da progettisti, possiamo intessere relazioni tra architettura e biotecnologie, per introdurre anche nella nostra disciplina una dinamica intersoggettiva tra specie?

Per rispondere a queste domande e con l'obiettivo di costruire un *framework* che racchiuda le ricadute più salienti del paradigma "bio" nel mondo della progettazione, si propongono una serie di binomi che mettono a confronto le precedenti modalità con cui si tendeva ad operare nel mondo dell'architettura in relazione al "vivente", rispetto a quelle modalità – con le quali la presente dissertazione si allinea – che invece puntano ad un superamento delle semplicistiche accezioni di "*green*" o "*eco-friendly*" e che propongono ibridi architettonici bio-tecnologici e simbiotici con il contesto.

Tali binomi sono quindi da intendersi come un avvicinamento progressivo alla definizione di concetto di *Hyper Natura* – core della presente ricerca – per dimostrare come questi concetti possano essere utilizzati come nodi a partire da quali sviluppare un punto di vista euristico che sfrutti le potenzialità offerte dalla natura al di là del puro valore linguistico o formale.

Pertanto, verranno affrontati:

- Biomimesi vs Ecosimbiosi
- Competizione evolutiva vs Endosimbiosi
- Smart City vs Bio-City
- A.I. vs Intelligenza bio-tecnologica
- Funzionale vs Vivente

4.2.1

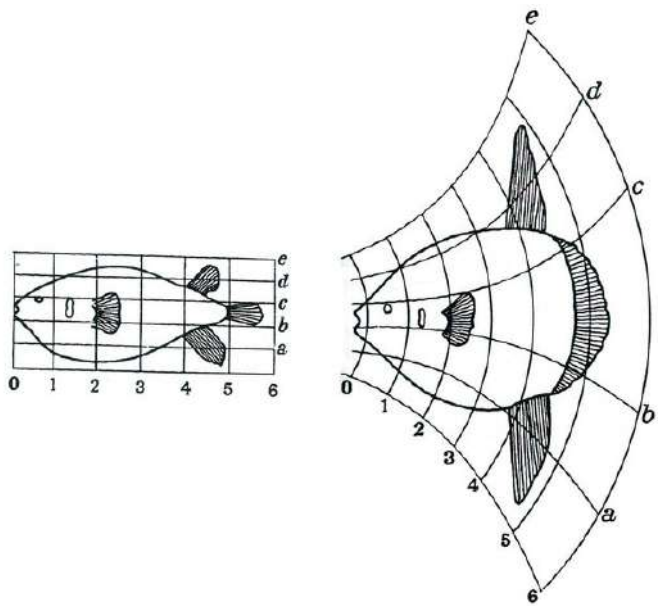
BIOMIMESI vs ECOSIMBIOSI

I principi naturali e biologici sono stati da sempre fonte d'ispirazione sia formale che funzionale per elaborare soluzioni per il design e l'architettura. Lo studio dei fenomeni naturali è stato, ad esempio, centrale nella ricerca tecnologica delle sperimentazioni di Leonardo Da Vinci, così come ha anche giocato un ruolo cruciale il rapporto analogico con l'immaginario zoomorfo e fitomorfo nelle costruzioni rinascimentali e barocche. In certi casi si evince una tendenza al biomorfismo, come esito semplicistico di manifestare una connessione tra manufatto architettonico e natura, prettamente da un punto di vista formale.

Come afferma Philip Steadman[1] nei suoi studi sull'analogia tra biologia, architettura ed arti applicate nel XXI° secolo, spesso i concetti di "correlazione", "integrazione" o relazione tra le parti di un organismo biologico, così come l'interesse verso il principio di adattamento ed armonia tra organismo architettonico e ambiente in cui esso si situa, sono stati oggetto di parallelismi funzionali nella progettazione dello spazio. È importante citare, a tal proposito, l'architettura organica di Frank Lloyd Wrigh o di Alvar Aalto, che premevano su un rapporto dialogico tra spazio interno e ambiente naturale esterno, o l'interesse e la cura di Le Corbusier nel disegnare incessantemente paesaggi, barche o elementi naturali come conchiglie, legni e pietre per dare forma e sostanza alla sua architettura, dapprima attraverso un processo di astrazione, per poi giungere ad un'analogia biomorfa, evidente con la chiesa di Rochamp.

1. Steadman, Philip 1979, *The Evolution of Designs: Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts*, Londra: Routledge.

In questo approccio senza dubbio hanno esercitato un'influenza gli studi del biologo D'Arcy Thompson, che con il suo libro seminale "*On Growth and Form*" (1917) inizia ad associare le leggi matematiche allo sviluppo delle forme e della struttura degli organismi viventi, razionalizzando in un *continuum* l'accezione casuale e per salti della selezione naturale proposta dalle teorie darwiniane. Pone, così, le basi della teoria della morfogenesi, indagando il meccanismo generativo delle forme del mondo biologico attraverso leggi geometriche e meccaniche che tengono anche in considerazione il carattere epigenetico delle trasformazioni, dovute, cioè, anche alle forze esercitate dall'ambiente circostante. Nel testo si individuano possibili analogie tra organismi biologici e articolazioni funzionali e formali dei sistemi architettonici e meccanici realizzati dall'uomo, proponendo un'interessante applicazione delle trasformazioni cartesiane per l'interpretazione e individuazione di affinità in diverse strutture biologiche, ispirando anche studi scientifici di embriologia.



▲ Griglie di trasformazione che mostrano i cambiamenti di conformazione morfologica tra due specie di pesci: il Diodon ed il pesce luna. Fonte: D'Arcy Thompson (1917)

Nel movimento moderno questi studi hanno avuto un'influenza molto importante, anche se in maniera forse più astratta e metaforica, ponendosi in continuità anche con un'altra teoria che possiamo senza dubbio affermare abbia svolto un ruolo significativo tra alcune personalità del Bauhaus. La "*Biotechnik*" (biotecnica o biotecnologia) di Raoul Heinrich Francé (1920) apre infatti un campo d'applicazione molto interessante nel promuovere un approccio biocentrico alla progettazione, partendo dalle forze meccaniche che governano i processi di crescita e le morfologie strutturali delle piante, nel tentativo di riprodurle per trovare nuove soluzioni che potessero risolvere esigenze tecnologiche e strutturali all'interno del progetto.

È bene ricordare che nelle intenzioni iniziali il Bauhaus aveva delle radici fortemente biocentriche[2]: al di là del naturalismo romantico di Van de Velde o di Obrist, molti architetti si sono infatti lasciati ispirare proprio da Francé e da von Uexküll, per sviluppare un concetto olistico dell'architettura e del design in quanto entrambe pratiche fortemente incorporate all'interno del regno biologico-naturale nel quale si collocano.

A questo proposito, possiamo ad esempio ricordare le tecniche d'insegnamento di Johannes Itten, che nel suo Vorkurs cercava di liberare le forze creative degli studenti stimolando l'attivazione della corporeità in quanto luogo di cooperazione energetica tra psiche, intelletto e sensi, uniti in un tutt'uno dinamico e fluido tra interno ed esterno.

Successivamente, László Moholy-Nagy associa l'architettura ad una componente organica vitale, spingendo verso una riconciliazione tra mondo artificiale e naturale nella misura in cui, ad un miglioramento delle condizioni di vita dell'uomo, corrisponda anche uno sviluppo armonico rispetto al contesto. Importante fu anche la figura di Siegfried Ebeling, che sosteneva l'importanza per la pratica della progettazione di considerare l'ecosistema nel quale essa si inserisce e del quale la struttura architettonica diventa parte,

2. Per una trattazione completa dell'argomento si rimanda al testo di Botar, Oliver 2017, "*The Biocentric Bauhaus*" in Terranova, Charissa N. e Tromble, Meredith (a cura di), *The Routledge Companion to Biology in Art and Architecture*, New York: Routledge, pagg. 19-100.

proponendo la metafora della membrana[3] per auspicare un'interazione ed uno scambio più profondi tra edificio e ambiente.

La membrana assume un valore non puramente funzionale o estetico, piuttosto incarna la necessità di trattare gli involucri architettonici come la pelle umana, non quindi solo come barriere, ma anche come filtri permeabili con l'esterno, suggerendo un tipo di architettura "biologica" che senz'altro troverà molti anni dopo una concretizzazione nelle sperimentazioni di Zbigniew Oksiuta, che propone habitat costruiti interamente con membrane polimeriche costituite da materiale biologico.

3. Cfr. Ebeling, Siegfried 2019 (1926), *Space as membrane*, Londra: Architectural Association Publications.

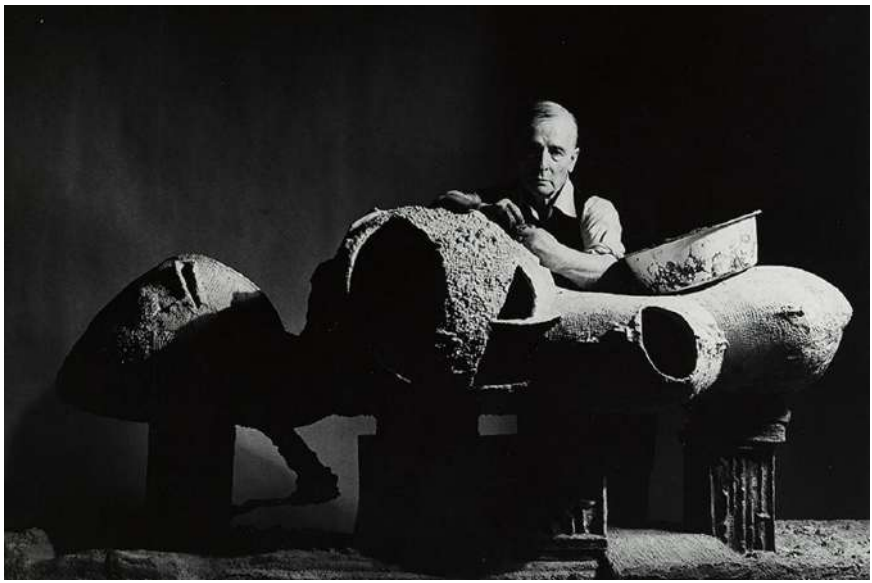
▲ Zbigniew Oksiuta, *Spatium Gelatum*, form 090704, 2004.
Habitat biologico presentato nel corso della IX Biennale di Venezia composto da biopolimeri, come la gelatina e l'agar-agar, e ad alto contenuto di acqua. Lo scopo della sperimentazione è di testare la possibilità di utilizzare nuovi ambienti biologici che possano esistere allo stato solido o liquido, che possano avere diversi livelli di rigidezza, trasparenza e colore, così come diffondere differenti odori e incorporare diversi sapori.

Fonte: https://www.huffpost.com/entry/a-new-biological-habitat_b_1157044 [ultimo accesso 04.09.2019]

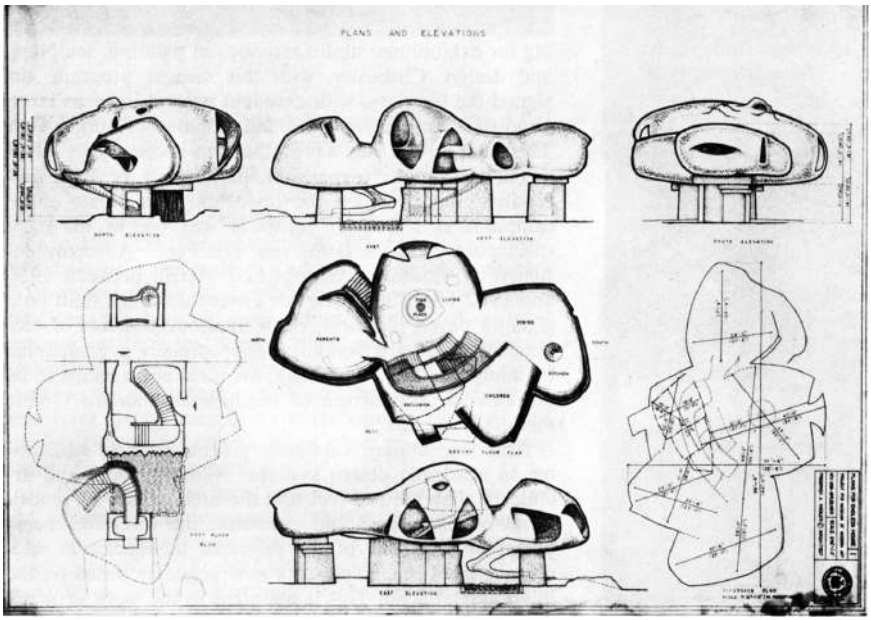
In ultimo, possiamo citare Hannes Meyer, che nel 1928 compara l'edificio ad un processo biologico, spostandosi da una concezione puramente meccanicista/funzionalista di casa per compararla ad un vero e proprio apparato biologico, che assurge ai bisogni del corpo e della mente del suo inquilino. Pensare agli edifici in termini biologici e non solo funzionali sembra un approccio incredibilmente precursore di certe sperimentazioni contemporanee, più spinte verso un'applicazione non metaforica ma più radicale di questi principi, e senza dubbio costituisce una base di ricerca interessante da approfondire, che purtroppo non sembra essere adeguatamente approfondita.

La concezione dell'architettura come organismo che risponde al suo contesto e la possibilità di una sua evoluzione spaziale in accordo con il *milieu* socioculturale ed ambientale è anche alla base degli studi di Frederick Kiesler, che vuole fuggire da una pura imitazione delle forme naturali.

Nel progettare la sua *Endless House* si pone, infatti, l'obiettivo di prototipizzare uno spazio organico che, attraverso processi di adattamento tra interno ed esterno, si sviluppi in correlazione e continua interazione tra condizioni esterne ed interne.



Anche in questo caso torna il principio morfogenetico di Thompson, che mette in risalto l'aspetto processuale piuttosto che esiti puramente morfologici, anche se una certa tendenza formalista permane. Così come torna il messaggio "biotecnologico" di Francé, che punta alla creazione di nuove forme di abitare che si basino sulla corrispondenza tra architettura e processi naturali, in uno sviluppo aperto a continue trasformazioni. La *Endless House* di fatto pone l'accento sulla continuità immersiva dello spazio, è a-gerarchica ed in tensione e stimola una negoziazione continua tra percezione e movimento corporeo, nella relazione tra quest'ultimo e il continuo cambio di orientamento degli elementi disposti nello spazio.



▲ Frederick Kiesler, *Endless House*: disegni tecnici, 1959
Fonte: https://archiveofaffinities.tumblr.com/post/28029861862/frederick-kiesler-the-endless-house-1958-1959 [ultimo accesso 04.09.2019]

◀ Nella pagina precedente: Frederick Kiesler con un plastico della *Endless House*, 1959
Fonte: https://archinect.com/features/article/149999936/friedrich-kiesler-architect-artist-visionary-at-martin-gropius-bau-tells-rather-than-shows-the-architect-s-oeuvre [ultimo accesso 04.09.2019]

La ricerca della forma (*form-finding*) d'ispirazione naturale si ritrova anche nelle ricerche di Frei Otto, che cerca di applicare il principio di auto-organizzazione dei sistemi naturali sotto l'influenza di forze estrinseche, per trovare una correlazione tra queste e gli esiti formali della struttura, in questo caso la forma è vista come frutto di un equilibrio tra le forze agenti. Celebri sono ad esempio i suoi studi sulle strutture a membrana, o sulla distribuzione delle tensioni nelle pieghe e nelle ramificazioni dei tessuti organici.

Manipolando modelli analogici ed organici, come quelli che prevedevano l'impiego di acqua saponata tesa tra supporti rigidi o di fili di lana, Otto riesce a formalizzare il funzionamento delle tensostrutture, trasponendo tali regole al livello costruttivo con la realizzazione dell'emblematico Padiglione tedesco per l'Expo di Montreal del 1967 e delle strutture di copertura dello stadio per le Olimpiadi di Monaco del 1972.

▼ Frei Otto, *Stadio olimpico di Monaco di Baviera*,1968-1972
Fonte: https://www.infobuild.it/approfondimenti/tensostrutture-soluzioni-leggere-architettura/ [ultimo accesso 04.09.2019]

Il binomio tra occupazione ed interconnessione dello spazio in Frei Otto diventano principi attraverso i quali cogliere l'analogia tra processi di aggregazione naturale e modalità d'intervento sul territorio, per promuovere una pianificazione flessibile ed ecologica che renda possibile l'applicazione di pattern naturali basati sull'auto-organizzazione e sulla crescita[4].

Le leggi naturali ispirarono anche Buckminster Fuller per le sue cupole geodetiche, la cui costruzione si basa sull'osservazione della forma dei radiolari e sull'utilizzo di solidi come tetraedro, ottaedro o di solidi con numero di facce superiore, che combinati tra loro portano ad una buona approssimazione della forma sferica e contribuiscono alla realizzazione di una struttura molto leggera e stabile dal punto di vista statico. Questa soluzione strutturale venne adoperata anche nella copertura dei diversi biomi che componevano il celebre esperimento di John Allen, *Biosphere 2*, di cui abbiamo già parlato nel corso della dissertazione (cfr. 1.3).

4. Cfr. Otto, Frei 2009, *Occupying and Connecting: Thoughts on Territories and Spheres of Influence with Particular Reference to Human Settlement*, Stoccarda: Edition Axel Menges.

▼ Buckminster Fuller, *Biosfera di Montreal*,1967
Fonte: https://www.archdaily.com/572135/ad-classics-montreal-biosphere-buckminster-fuller [ultimo accesso 04.09.2019]

Un significativo passo in avanti nel processo legato all'implementazione dei meccanismi naturali e biologici, chiaramente lo si è registrato grazie alle possibilità offerte dall'*information technology*. Il metodo morfogenetico di Thompson, su base analogica, viene ad un certo punto traslato su modelli digitali, con l'intento di porre l'enfasi sul carattere computazionale e generativo del processo della morfogenesi, utilizzando l'informatica per elaborare la complessità.

È del 1948 la pubblicazione del manifesto della cibernetica a cura di Norbert Wiener[5], con il quale si inaugura un ramo della scienza che si occupa di studiare e riprodurre i processi di autoregolazione degli esseri biologici attraverso dispositivi artificiali basati su meccanismi di retroazione, che quindi ricalcano il principio di omeostasi dei sistemi viventi.

Lo scopo fu quello di creare una disciplina che comparasse biologia e macchina, partendo dalla premessa che ogni cosa sia connessa olisticamente in un intreccio di azioni e *feedback* a casualità circolare e che alla base della vita ci sia l'informazione. Pertanto, in cibernetica non si afferma una differenziazione sostanziale tra organismo biologico e macchine complesse[6]. La comprensione profonda dei meccanismi generativi organici ha supportato del resto il progressivo ricorso ad una modellazione algoritmica anche nel campo della progettazione, sancendo un passaggio che ha radicalmente mutato il rapporto che intercorre tra bioispirazione e sperimentazione architettonica.

Greg Lynn a questo proposito è paradigmatico: con il suo *Binary Large Objects* (*BLOB*), un software che gli permette di modificare gli algoritmi del sistema prevedendo l'evoluzione delle forme architettoniche in base alla pressione esercitata all'esterno sulle superfici, incarna i principi di crescita della forma thompsoniani in maniera decisamente più avanzata dei casi precedentemente citati.

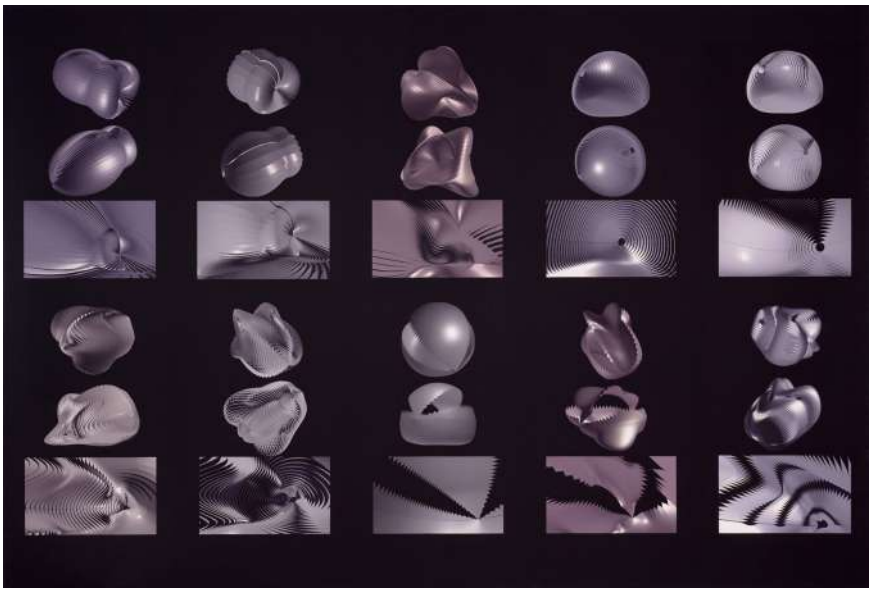
5. Wiener, Norbert 1985 (1948), *Cybernetics, Second Edition: or the Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge: The MIT Press.

6. Cfr. Frazer, John 1995, *An Evolutionary Architecture*, Londra: Architectural Association Publications, pag.13.

La sua *Blobitecture*, infatti, catalizza anche la lezione di architetti come Kiesler e promuove un'architettura animata, che sia definita dalla co-presenza di forze che rappresentano la condizione iniziale per la modellazione della materia in una forma che è risultante di vettori multipli con i quali vi è un'interazione perpetua.

A determinate entità vengono infatti assegnate proprietà vettoriali, prima ancora che vengano rilasciate in uno spazio differenziato per gradienti di forza all'interno del quale viene generato un involucro dinamico e multi-topologico che non privilegia un "tipo" fisso, piuttosto evolve in una serie di modelli basati su un range di relazioni[7]. Il risultato è un'architettura vitale, così come è evidente nella celebre *Embryological House*, che ispirandosi alla biologia evolutiva, cerca di proporre una nuova modalità di concepire un'architettura "in crescita" ed in continua mutazione e adattamento rispetto alle condizioni esterne.

7. Cfr. Lynn, Greg 1999, *Animate Form*, New York: Princeton Architectural Press.



▲ Greg Lynn, *Embryological House*, 1998
Fonte: https://www.sfmoma.org/artwork/2002.84/ [ultimo accesso 04.09.2019]

Tuttavia, il passaggio ad una vera e propria disciplina che si occupi di osservare i meccanismi biologici per applicarli nel design di sistemi ingegneristici è in piuttosto recente.

Ha infatti le sue origini con la bionica, coniata da Jack Steele della US Air Force nel 1960, che la definì come scienza che basa il suo funzionamento sulla riproduzione dei sistemi naturali e che ha trovato la sua applicazione per la prima volta in campo aeronautico con la possibilità di utilizzare un sistema di orientazione come quel prodotto dalle api, che sfruttasse la luce polarizzata.

La bionica col tempo è stata sempre più associata al campo medico, per cui si è progressivamente assistito alla nascita di un ambito disciplinare del tutto inedito, quello della biomimetica, che vede nella pubblicazione di Janine Benyus del 1997, "*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*", il delinearsi dei suoi principi fondamentali. Basandosi sull'emulazione cosciente dei processi biologici e biomeccanici, la biomimetica prende la natura come "modello, misura e mentore"[8] per la produzione degli artefatti.

Possiamo distinguere diversi livelli nell'approccio biomimetico: quello formale, che si basa sull'adozione di tecniche di biomorfismo, ispirate da forme e organismi presenti in natura[9]; quello comportamentale-funzionale, che si basa sull'osservazione di principi performativi naturali per implementare il comportamento tecnologico dell'involucro edilizio; quello ecosistemico, che invece mira alla mimesi delle relazioni di scambio, interdipendenza, adattamento ed equilibrio dinamico tra architettura e contesto ambientale, andando ad intaccare quindi aspetti globali e non più unicamente epidermici dell'edificio, al fine di garantirne un equilibrio omeostatico[10].

Usando le parole della Benyus, possiamo a questo punto

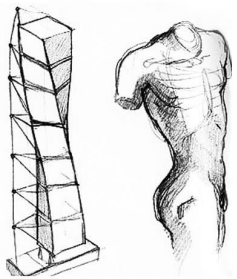
8. Benyus, Janine 1997, *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, William Morrow & Co.

9. Antecedenti ante litteram di un approccio biomimetico formale sono riscontrabili nelle soluzioni strutturali e ingegneristiche di Sergio Musmeci, Pier Luigi Nervi, Eero Saarinen, Eduardo Torroja, Felix Candela, Riccardo Morandi, Santiago Calatrava.

10. Per una trattazione più completa dell'argomento si rimanda a Baldissara, Matteo 2018, *Biomimetica degli spazi. Sperimentazioni digitali di processi biologici in architettura*, tesi di dottorato, Facoltà di Architettura "Sapienza", Università di Roma, relatore Antonino Saggio.

definire la biomimetica quale approccio innovativo che coinvolge il trasferimento e l'adattamento dei principi e delle strategie sviluppate dagli organismi viventi e dagli ecosistemi. Si tratta, quindi, di esaminare l'abilità al *problem-solving* degli organismi e degli ecosistemi naturali o di identificare precisi comportamenti, caratteristiche o funzioni che potrebbero essere indirizzate nel campo del design, per produrre artefatti sostenibili e rendere le società umane più ecologicamente compatibili con la biosfera[11].

Tralasciando il primo livello di biomimetica, più superficiale e legato ad una pura mimesi morfologica come ad esempio accade nel celebre *Turning Torso* di Calatrava a Malmö, che imita la struttura della colonna vertebrale umana in torsione, senz'altro più interessante è il livello che implica un incorporamento del comportamento dei sistemi naturali nella sperimentazione architettonica.



SANTIAGO CALATRAVA, *Turning Torso*, 2005
Schizzi e vista dell'edificio a Malmö.

Fonte: https://www.arch2o.com/turning-torso-santiago-calatrava/ [ultimo accesso 04.09.2019]

Anche in questo caso spesso l'esito si traduce in architetture dal forte carattere figurativo, come accade nello studio Kokkugia che conduce ricerche relative ai sistemi generativi mutuali da sistemi complessi auto-organizzati e che nell'installazione *Composite Swarm* di Melbourne ricorre ad algoritmi *multi-agent* che si basano sul

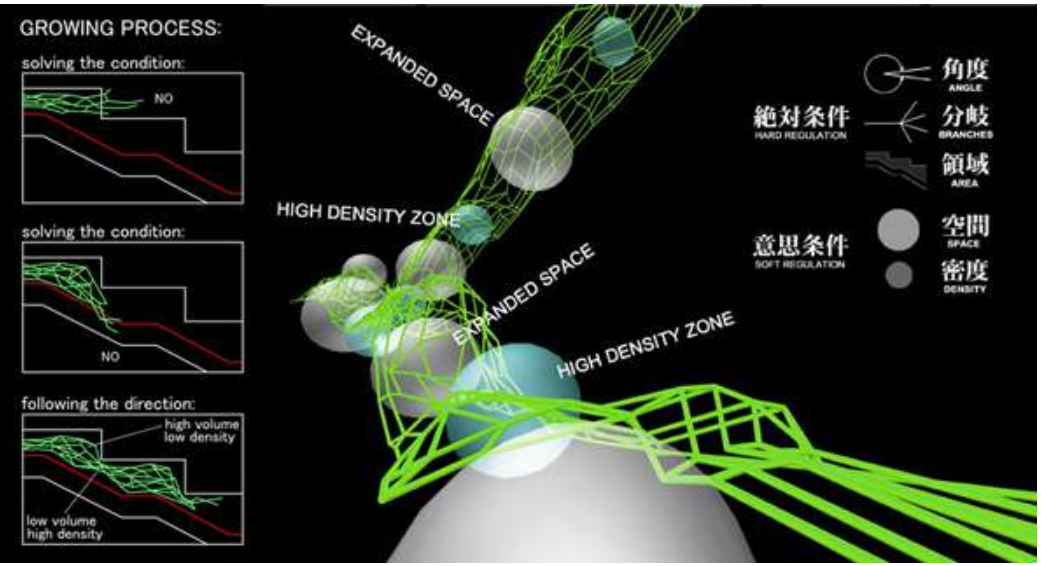
11. Cfr. MARINELLI, SELENIA et. al. 2019, "*Una facciata per il clima*" in Manufatto n. 7, pagg. 42-44.

comportamento degli sciami di formiche per collocare i componenti ornamentali sfruttando proprio questa logica di distribuzione spaziale.

▲ Kokkugia, *Composite Swarm*, 2013
Fonte: https://www.kokkugia.com/Composite-Swarm [ultimo accesso 05.09.2019]

Nell'intervento che Makoto Sei Watanabe ha progettato per la stazione di Iidabaschi della linea metropolitana Oedo di Tokyo si ricorre ad un processo generativo computazionale, che in questo caso simula la crescita vegetale per inglobare nel sottosuolo una struttura reticolare che ricorda le radici di una pianta che si estendono durante il processo di crescita e ricerca delle sostanze nutritive o delle condizioni ottimali alla sopravvivenza.

Il sistema è composto da tubi saldati che interagiscono con le componenti impiantistiche, seguendo ed accompagnando il flusso dei visitatori della stazione, ed è stato generato attraverso il software *Web Frame* sulla base di determinati parametri inziali che hanno determinato l'esito formale finale del processo di crescita.



▲ Makoto Sei Watanabe, *Web Frame*, diagrammi per la stazione di Iidabashi, 2000
Fonte: https://www.makoto-architect.com/iidabashi.html [ultimo accesso 05.09.2019]

Nella pagina precedente: vista delle ramificazioni interne alla stazione.
Fonte: https://hiveminer.com/Tags/makoto%2Cstation [ultimo accesso 05.09.2019]

La metafora biologica è totale: le ramificazioni terminano infatti con un'efflorescenza che costituisce la torre di ventilazione della stazione e che quindi rappresenta anche una soluzione di ottimizzazione strutturale e funzionale[12].

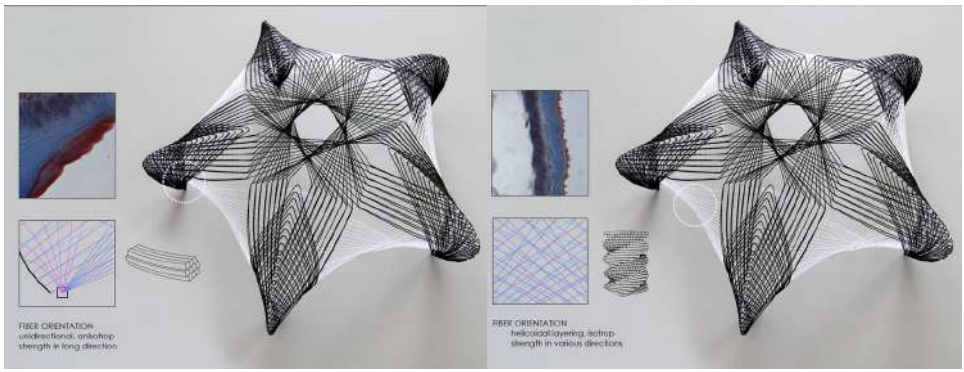
12. Cfr. Watanabe, Makoto Sei 2004, *Induction Design. Un metodo per la progettazione evolutiva*, Roma: Testo&Immagine.

Emblematici di un ragionamento che invece è più spinto verso lo studio bio-computazionale sono i padiglioni che Achim Menges dal 2012 inaugura ogni anno all'Università di Stoccarda, coinvolgendo di volta in volta un team eterogeneo composto anche da biologi e ingegneri, oltre che dagli studenti: partendo dallo studio della composizione nanometrica di alcune parti degli organismi viventi, l'obiettivo è volto alla sperimentazione di nuovi processi costruttivi basati sull'ottimizzazione strutturale con materiali di nuova generazione.

I principi di funzionamento biologico osservati sono analizzati e poi astratti per essere traslati in principi di progettazione architettonica ed il primo di questi prototipi ha visto in particolare un focus sull'esoscheletro dell'aragosta (*Homarus americanus*).

È stata studiata la differenziazione materiale locale presente nella conformazione dell'esoscheletro che è costituito da una parte morbida (l'endocuticola) ed uno strato relativamente duro (l'esocuticola). La cuticola è quindi il prodotto di secrezioni di fibrille di chitina che sono incorporate in una matrice proteica e che sono orientate rispetto a delle condizioni locali specifiche.

La struttura risultante permette una distribuzione uniforme del carico, ottimizzato grazie proprio a questa differenziazione del materiale locale e quindi alla struttura del guscio altamente efficiente.



▲ ACHIM MENGES, ICD-ITKE Research Pavilion, 2012
Diagrammi con lo studio del diverso orientamento delle fibre al livello locale.
Fonte: http://compositesandarchitecture.com/?attachment_id=1382 [ultimo accesso 05.09.2019]

Nelle aree in cui, infatti, è richiesto un trasferimento di carico non direzionale, i singoli strati sono laminati insieme in una disposizione a spirale (elicoidale). La struttura in fibra isotropica risultante consente una distribuzione uniforme del carico in ogni direzione.

D'altra parte, le aree soggette a distribuzioni di sollecitazione direzionale presentano una struttura di strato unidirezionale, che mostra un assemblaggio di fibre anisotropiche ottimizzato per un trasferimento di carico diretto. Questi principi morfologici sono stati astratti per la generazione computazionale e la progettazione dei materiali del padiglione, che risulta essere composto da una struttura a conchiglia fabbricata roboticamente e basata su un sistema di fibre composite di vetro e di carbonio che rispondono a tipi di sforzo diversi[13].

13. Cfr. Menges, Achim 2013, "*Performative Morphology in Architecture: Integrative Design research by the Institute of Computational Design*" in Serbian Architectural Journal, vol. 5 n.2, pagg- 92-105.

▲ achim menges, ICD-ITKE Research Pavilion, 2012
Fonte: http://compositesandarchitecture.com/?attachment_id=1382 [ultimo accesso 05.09.2019]

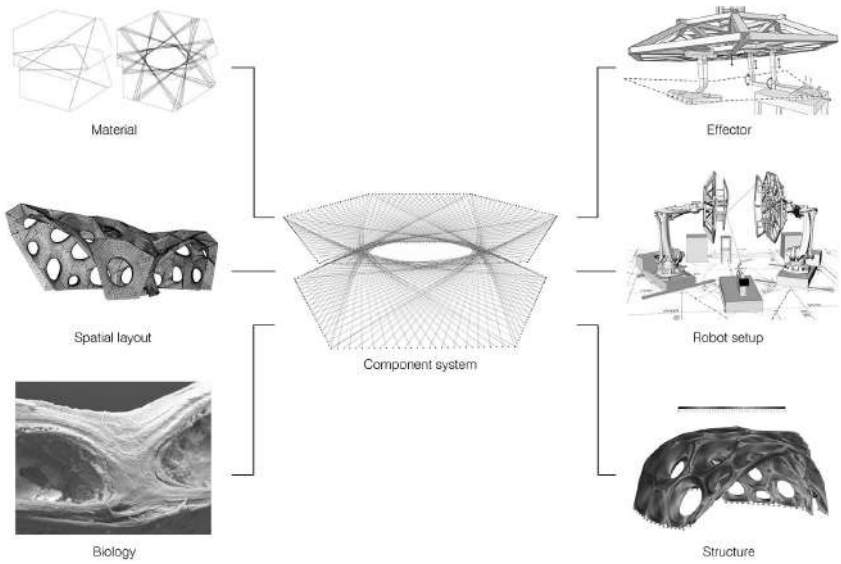
Un ragionamento analogo è stato utilizzato per il padiglione del 2013, dove l'organismo studiato è un insetto, la dorifora della patata (*Leptinotarsa decemlineata*). In particolare viene approfondita la morfologia del guscio che riveste e protegge le ali, costituito da un doppio strato di fibre di chitina con connessioni interne di rinforzo e supporto chiamate *trabeculae*, la cui morfologia varia a seconda delle aree meno caricate o di quelle dove è necessario trasferire forze orizzontali e dove, di conseguenza, le *trabeculae* lunghe e strette aumentano la profondità strutturale del guscio stesso.

Questo espediente è stato applicato nel sistema modulare su base esagonale che ha generato la copertura a doppio strato del prototipo architettonico finale[14].

14. Cfr. VAN DE KAMP, THOMAS et al. 2015, "*Beetle elytra as role models for lightweight building construction*" in Entomologie heute n. 27, pagg. 149-158.

▼ ACHIM MENGES, ICD-ITKE Research Pavilion, 2013
Diagrammi che mostrano la geometria di base, il layout spaziale e strutturale e un dettaglio della morfologia biologica d'ispirazione.

Fonte: https://www.archdaily.com/522408/icd-itke-research-pavilion-2015-icd-itke-university-of-stuttgart [ultimo accesso 05.09.2019]



▲ ACHIM MENGES, ICD-ITKE Research Pavilion, 2013
Fonte: https://www.archdaily.com/522408/icd-itke-research-pavilion-2015-icd-itke-university-of-stuttgart [ultimo accesso 05.09.2019]

Tuttavia, seppur riconoscendo un valore considerevole alle sperimentazioni biomimetiche citate finora, sembra che la riproduzione computazionale del comportamento biologico spesso si fermi ad una riproduzione formale (legata quindi comunque al primo livello di biomimetica), che di fatto comporta avanzamenti unicamente nell'aspetto poetico (come nei casi di studio Kokkugia o Watanabe) o nello studio di nuove ottimizzazioni strutturali e costruttive bioispirate (come nel caso di Menges), che però non costituisce di per sé una novità, dato che come approccio possiamo affermare fosse già presente negli studi di molti ingegneri strutturisti che abbiamo già citato, per quanto ovviamente non disponessero di una strumentazione computazionale avanzata e si basassero, invece, su modelli analogici.

Si evidenzia, inoltre, un eccessivo ricorso al termine "biomimetica", anche per categorizzare approcci che non sono affatto definibili come tali, nonostante si possano riconoscere dei

principi di base simili. Ciò è probabilmente dovuto alla grande popolarità che riveste questo termine, che lo rende dunque soggetto a semplificazioni o impieghi erronei.

I lavori dell'architetto e ricercatrice americana Jenny Sabin della Cornell University, ad esempio, vengono spesso associati alla biomimetica, quando in realtà è lei stessa a respingere questo termine, sostenendo di voler, piuttosto, descrivere i suoi lavori in termini di "bio-sintesi" computazionale[15]. Insieme al biologo Peter Lloyd Jones ha co-fondato nel 2006 il LabStudio, un pioneristico gruppo di ricerca applicata che aveva l'obiettivo di introdurre nell'ambito della progettazione architettonica la biologia, per ottenere degli avanzamenti più radicali basati sulla trans-disciplinarietà ed originati dalla spazializzazione di principi biologici che diventano principi generatori di architettura. Le abilità computazionali della Sabin si sono intrecciati all'esperienza teorica e tecnica nel campo biomedico di Jones ed hanno prodotto delle sperimentazioni molto interessanti, soprattutto sfruttando materiale tessile.

Entrambi chiarificano la differenza tra biomimesi e biosintesi in quanto quest'ultima vuole concentrarsi soprattutto sui processi non-lineari dei sistemi bio-digitali complessi[16]. In particolare, Sabin studia il principio di tensegrità, ossia la modalità con la quale le cellule controllano le loro reazioni biochimiche ed i loro processi di trasformazione in risposta a stimoli meccanici esterni.

Viene a questo punto fatto un parallelismo tra cellula ed organismo architettonico: quest'ultimo, infatti, come la cellula vive in un contesto di forze che devono essere tenute in conto ed alla quale

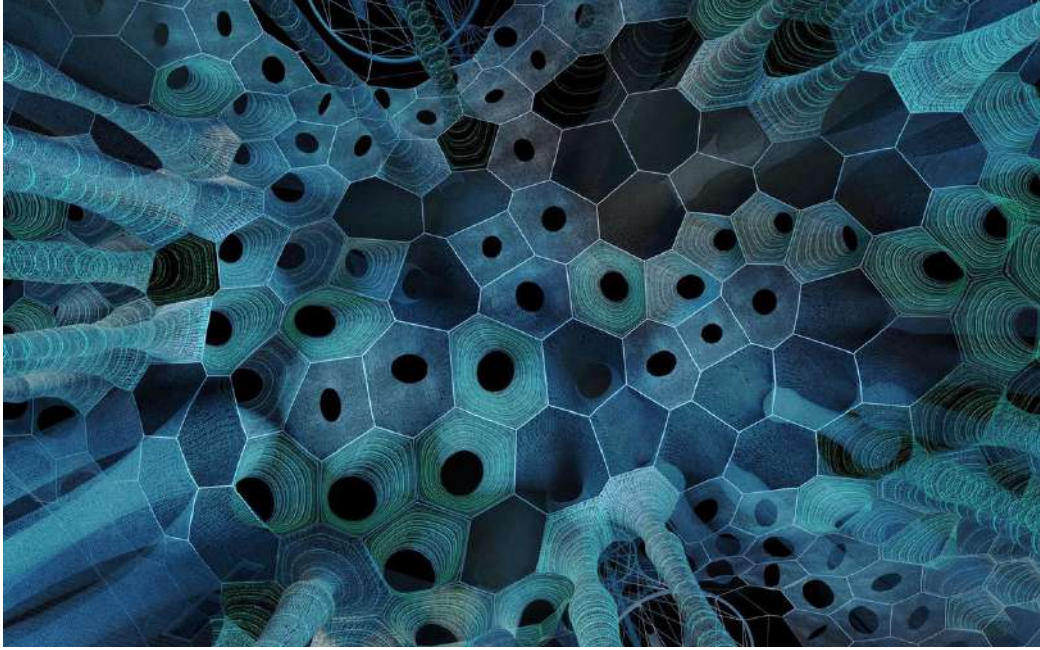
15. Cfr. Sabin, Jenny e Jones, Peter Lloyd 2008, "*Nonlinear Systems Biology and Design: Surface Design*", in Kudless, Andrew et al. (a cura di) *Silicon + Skin: Biological Processes and Computation*, Morrisville: Lulu Press, ACADIA. Inoltre, in numerose recenti lecture Jenny Sabin parla di "*Matter Design Computation, Biosynthesis and New Paradigms of Making*", come nell'intervento fatto lo scorso 6 febbraio 2019 al New York Institute of Technology il cui video è disponibile a questo indirizzo: https://www.youtube.com/watch?-v=c1fIAZT8Mns [ultimo accesso 04.09.2019]

16. Cfr. Cogdell, Christina 2019, *Toward a Living Architecture? Complexism and Biology in Generative Design*, Minneapolis: University of Minnesota Press.

l'edificio deve rispondere, così come una cellula risponde alla forza di gravità, alla pressione osmotica, alla pressione tra cellule in uno spazio limitato o alle forze di movimento che generano dispendio di energia.

Ad esempio, nel progetto *eSkin* l'obiettivo è lo studio della matericità dell'involucro architettonico alla nano e alla macroscala, applicando le dinamiche comportamentali delle cellule umane. In particolare, viene studiato il comportamento non-lineare delle cellule muscolari lisce rispetto alla loro matrice extracellulare, con l'intento di progettare una pelle composta da nanomateriali che risponda contestualmente agli input esterni attraverso l'uso di sensori che ne determinano l'adattabilità al livello globale e locale.

Nella più recente installazione "*Lumen*" per lo YAP 2017 al MoMA di New York, invece, Sabin utilizza un filo fotosensibile in grado di evolvere cromaticamente durante il corso della giornata, cambiando in base alle condizioni di luminosità e calore o emettendo luce nelle ore serali. Il progetto, inoltre, è dotato di sensori di prossimità e di un impianto di nebulizzazione integrato negli elementi tessili, che raffresca l'area e crea quindi un micro-clima favorevole per i visitatori.



▲ JENNY SABIN, *Lumen*, 2017
Fonte: http://www.archtalent.com/projects/lumen [ultimo accesso 05.09.2019]

▲ JENNY SABIN, *Lumen*, 2017.
Dettaglio dell'installazione con la variazione cromatica del tessuto fotosensibile.

◀ Vista aerea complessiva dell'installazione.
Fonte: https://www.archdaily.com/874661/jenny-sabin-studios-light-capturing-lumen-installation-debuts-at-moma-ps1 [ultimo accesso 05.09.2019]

Possiamo fare un ulteriore esempio di fraintendimento riguardo ad un approccio che spesso viene citato erroneamente come biomimetico. Ci si riferisce alle analisi bio-computazionali che puntano ad un'ottimizzazione parametrica che integri la biologica alla performance dell'involucro architettonico e che porti, conseguentemente, alla realizzazione di una struttura che non sia semplicemente ottimizzata dal punto di vista strutturale, ma sia connessa attivamente con il suo contesto ed in continuo adattamento rispetto alle condizioni esterne, proprio come un essere vivente che si auto-organizza.

La presente dissertazione si posiziona quindi più in sintonia con questo ambito di sperimentazione, per stimolare l'emergere di una nuova modalità di interazione tra la progettazione architettonica ed il design ed i campi delle scienze della vita, della biotecnologia e della biologia sintetica. Questo approccio si concentra sulla materia ed in particolare sulla creazione di artefatti che non si limitino all'emulazione, ma che integrino a tutti gli effetti dei comportamenti "vitali".

Uno dei nodi importanti da risolvere è anche quello legato all'eco-compatibilità di queste pratiche, soprattutto per quanto riguarda l'eventuale smaltimento di materiali innovativi, ad esempio a base di fibre di carbonio, come i padiglioni di Menges.

Nonostante le elevate prestazioni meccaniche e la riduzione di emissioni di CO_2 in fase di produzione, ci sono infatti ancora molti dubbi su come smaltirle correttamente o su come riciclarle.

Spesso certi aspetti legati alla coscienza ecologica, che un settore così ambientalmente impattante come quello dell'edilizia (cfr. 1.2) deve necessariamente tener conto, sembrano non essere sufficientemente approfonditi ed a volte erroneamente si pensa al fatto che, solo perché queste sperimentazioni biomimetiche abbiano una base teorica nello studio del regno biologico, abbiano di per sé un buon grado di sostenibilità ambientale. Concepire la progettazione in chiave "ecosimbiotica", piuttosto che biomimetica, può aiutare a superare anche questo gap, talvolta ricorrendo all'aumento prestazionale di capacità intrinseche alla materia, o talvolta giungendo ad una più radicale bio-integrazione di sostanze organiche o organismi biologici

con il fine, non solo di avvicinare l'architettura all'emulazione di processi viventi, ma soprattutto per ottenere un risultato più rispettoso della biosfera; con la quale, insomma, si possa instaurare un rapporto di simbiosi mutualistica[17], piuttosto che parassitario.

Anche in questo caso una delle figure centrali è Achim Menges, che insieme a Michael Hensel nel 2004 definisce il concetto di "*morpho-ecologies*". Con questa locuzione indica un tipo di architettura che viene modellata intersecando le naturali capacità performative dei materiali, i sistemi computazionali ispirati alla capacità di *problem-solving* degli organismi biologici e l'analisi digitale, per ottenere un rapporto di sinergia dinamica tra oggetto architettonico ed ambiente.

Come sostiene Hensel:

> *Biologi e scienziati computazionali hanno collaborato a questo compito con risultati molto interessanti. È possibile evolvere digitalmente piante che vengono "coltivate" in base all'input ambientale. Ogni cambiamento nell'input produce un risultato di crescita diverso. In altre parole, un'articolazione diversa delle specie modellate. Questo processo viene chiamato modellazione di crescita ecologicamente sensibile e potrebbe essere interessante per gli architetti, in quanto potrebbe fornire una metodologia e un set di strumenti in cui le preferenze di progettazione sono incorporate in un range di parametri e sono contemporaneamente informate da un contesto ambientale e materiale specifico*[18].

17. mutualismo In biologia, associazione tra individui di specie differenti, detta anche simbiosi mutualistica, che comporta un vantaggio reciproco per gli individui associati, senza che tale rapporto sia obbligato, potendo le due specie vivere anche indipendentemente l'una dall'altra. Fonte: http://www.treccani.it/enciclopedia/mutualismo [ultimo accesso 02.09.2019]

18. Hensel, Michael 2006, "*Computing self-organisation: environmentally sensitive growth modelling*" in Hensel, M., Menges, A., Weinstock, M. (a cura di.), *AD: Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, vol. 76 n. 2, Londra: Wiley Academy, pag. 13.

Hensel si distacca apertamente dall'accezione semplicistica di metafora biologica e supporta il passaggio ad un'architettura che venga concepita più letteralmente come forma di vita sintetica[19].

Come vedremo in seguito più nel dettaglio (cfr. 4.3), nella ricerca di Menges, più in di preciso nella parte di ricerca che non si occupa più strettamente di biomimetica, ma che viene identificata come *Material Computation*, vengono offerte inoltre delle modalità interessanti per raggiungere proprio questo concetto di "vita" applicata all'architettura. Ne deriva una sostenibilità che potremmo definire come "avanzata" e che, ricorrendo ad esempio ad un materiale biologico come il legno, adopera il design computazionale per studiarne le proprietà intrinseche ed il comportamento al livello nanometrico e sintetizzare il tutto successivamente in un algoritmo.

È attraverso quest'ultimo che il progettista, in un continuo rimando alle principali caratteristiche alla microscala del materiale, può di conseguenza gestire il componente architettonico anche alla macroscala, con l'obiettivo di ottenere un artefatto complessivo più efficiente e responsivo rispetto alle variabili esterne.

Particolarmente emblematica risulta in questo contesto la ricerca di François Roche, che nei suoi progetti propone delle macchine autopoietiche che estremizzano i concetti di *embodiment* e di "accoppiamento" tra sistemi artificiali e naturali. Il vivente non viene utilizzato in maniera edulcorata o metaforica, ma come vero e proprio elemento catalizzatore per il progetto.

Quest'ultimo si sviluppa in un ambiente digitale ed informatico senza, tuttavia, cadere nella contraddizione di basarsi su un modello computazionale determinista.

Lo scarto rispetto, ad esempio, alla ricerca di Lynn, è infatti

19. Hensel, Michael 2006, "*(Synthetic) life architectures: ramifications and potentials of a literal biological paradigm for architectural design*" in Hensel, M., Menges, A., Weinstock, M. (a cura di.), *AD: Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, vol. 76 n. 2, Londra: Wiley Academy, pagg. 18-25.

R&Sie(n), *Green Gorgon*, 2005 ▶
Fonte: https://new-territories.com/green%20gorgon.htm [ultimo accesso 20.12.2019]

l'incorporamento della complessità degli organismi viventi attraverso l'informazione, che assume, quindi un significato che va ben oltre il livello strumentale-tecnico, proponendosi come "nuova epistemologia per il dialogo fra sistemi viventi e artificiali"[20], consentendo al progetto di porsi come organismo emergente dalle interazioni con l'ambiente stesso. Viene, dunque, data rilevanza a rapporti tra intelligenza biologica e computazionale basati su uno scambio simbiotico, come quello che avviene in natura dove gli organismi co-evolvono nell'ambiente che contribuiscono a definire ed allo stesso tempo quest'ultimo evolve come risultato di queste interazioni, generando livelli di complessità sempre crescenti[21].

In Roche l'*embodiment* arriva persino a toccare vertici psichici con *Green Gorgon*, progetto per il Museo di Belle Arti di Losanna ispirato all'Ofelia del celebre quadro di Millais.

Qui, l'analogia al corpo di Ofelia diventa metaforica e non anatomica, guidando le strategie compositive e stimolando

20. Di Raimo, Antonino 2014, *Francois Roche Eresie macchiniche e architetture viventi di New -Territories.com*, Roma: Edilstampa, pag. 49.

21. *Ibidem*, pag. 64.

nei visitatori l'esperienza psichica del galleggiamento e del disorientamento, così come quello dell'affondamento nel paesaggio. Il progetto vuole porsi contro la retorica dei musei contemporanei, ambendo a trasformare l'edificio stesso in una specie vivente, in nuovo elemento del paesaggio in grado di supportare la biodiversità attraverso la propria pelle.

È proprio l'involucro a divenire territorio complesso di co-esistenza tra specie vegetali ed elementi artificiali: partendo da una tassellazione di Voronoi, che densifica la superficie esterna del museo attraverso una suddivisione geometrica, vengono identificate regioni al centro delle quali emergono pipette microforate. che sfruttano un sistema idroponico per agevolare la crescita dello strato di vegetazione.

▲ R&Sie(n), *Green Gorgon*, 2005 - dettagli dell'involucro.
Fonte: https://new-territories.com/green%20gorgon.htm [ultimo accesso 20.12.2019]

Ne consegue un "hyper-radicamento" dell'architettura rispetto al contesto senza, tuttavia – come precisa Di Raimo – sfociare nella mimesi o in una perdita romantica nel paesaggio, ma puntando al riconoscimento dell'architettura come entità biologica, compartecipe dei cicli naturali del luogo[22].

Agire in questi termini, volti ad un'intersezione più simbiotica tra il mondo naturale e quello artificiale, significa operare sganciandosi da un approccio che in qualche modo, proponendosi come mimetico, oggettifica la natura e, anziché, abbattere il dualismo cartesiano di

22. *Ibidem*, pag. 33.

natura-cultura, lo amplifica nel momento in cui mantiene comunque la natura come fatto ispirazionale, ontologicamente distinta dal dominio artificiale.

Neri Oxman cerca proprio di superare questo gap nel suo lavoro all'MIT di Boston, insieme al gruppo di ricerca *Mediated Matter* che ha fondato nel 2010. La natura per Oxman non è un'entità da imitare in maniera pedissequa, quasi ci si trovasse di fronte ad un assoluto. Piuttosto, viene studiato il fatto che gli organismi biologici siano costituiti da un'ecologia di "materiali gradualmente eterogenei", che si attivano e collaborano reciprocamente a seconda delle proprietà intrinseche e differenziate di ciascuno.

È proprio questo principio che viene integrato nella materia del design, per cui lo sguardo in termini "biomimetici" in Oxman è in realtà rivolto verso la tecnologia della natura[23] per inaugurare, però, non una emulazione meramente artificiale, ma uno stile neomaterialista (che approfondiremo maggiormente in seguito; cfr. 4.3), basato sull'integrazione tra materiali organici e inorganici con proprietà diverse.

Si concepisce in questo modo un design "bio-informato", in grado di adattarsi e rispondere ai parametri esterni, proprio grazie all'eterogeneità delle sue componenti.

Questo approccio, inoltre, implica un'adesione radicale al punto di vista neo-materialista di cui abbiamo discusso in precedenza (cfr. 2.2), riconoscendo una *agency*[24] anche nella materia architettonica. Grazie all'intersezione con il mondo organico non solo da un punto di vista formale ma soprattutto sostanziale, si rende davvero il manufatto architettonico partecipante attivo nei processi di trasformazione e adattamento.

23. Cfr. Fisch, Michael 2017, "*The Nature of Biomimicry: Toward a Novel Technological Culture*" in SAGE Journals, vol. 42, issue: 5, pagg. 795-821. doi: 10.1177/0162243916689599

24. Nella teoria sociocognitiva di Albert Bandura l'agentività umana opera all'interno di una struttura causale interdipendente che coinvolge una causazione reciproca triadica. L'agentività (agency) è la facoltà di far accadere le cose, di intervenire sulla realtà, di esercitare un potere causale. L'agente (*agent*) è qualcosa o qualcuno che produce o è capace di produrre un effetto: una causa attiva o efficiente. Caratteristica essenziale dell'agentività personale è la facoltà di generare azioni mirate a determinati scopi. I fattori triadici - per-

È necessario, di conseguenza, che l'accento venga posto su principi di co-costruzione: la natura (o più in generale il dato biologico), in sostituzione all'ideale di modello da emulare, dev'essere adottata come *co-worker*. Assumerla come collaboratrice che entra nel vivo dei processi architettonici, presuppone che questi diventino il risultato di una co-evoluzione e co-individuazione insieme ad essa delle forme e delle materie impiegate. Inoltre, a differenza dell'approccio biomimetico, in questo caso la natura non ha una posizione di supremazia etica, piuttosto viene instaurato un rapporto paritario e di *entanglement*.

Un filone di ricerca che si allinea a questo punto di vista è quello del Biodesign, che si rivolge, oltre che alla commistione di design digitale e biologia/biotecnologie, anche alla bioproduzione, ossia alla sperimentazione rivolta ai biomateriali ottenuti da forme di vita organica (micelio dei funghi, microalghe, batteri, protocellule...).

La concezione di involucro architettonico trova così una nuova e significativa concezione, i metodi costruttivi e quelli di produzione, anche nel design. Inoltre, i principi di crescita, autorganizzazione, autoriparazione o altri principi associati al mondo biologico, in questo modo trovano un'attuazione effettiva, che è proprio data dalla presenza di materia vivente.

Oltre a conseguire risultati molto più promettenti in termini di sostenibilità – in quanto gran parte di queste sperimentazioni si basa su materiali ad alte prestazioni energetiche, utili in termini produttivi (attraverso la produzione di biomassa), biodegradabili, a basso impatto ambientale e talvolta in grado anche di innescare azioni di biorimediazione attraverso la riduzione della quantità di CO_2 – dal punto di vista estetico si assiste ad un cambio di paradigma.

La materia, infatti, non è più inerte, non emula, ma incorpora letteralmente la vita. A volte l'*output* di queste sperimentazioni, proprio perché coinvolge in maniera transdisciplinare settori e professionisti

sonali interni (eventi cognitivi, affettivi e biologici), il comportamento, gli eventi ambientali - operano come fattori causali interagenti che si influenzano reciprocamente in modo bidirezionale. Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Albert_Bandura#L'agentivit%C3%A0_umana [ultimo accesso 02.09.2019]

generalmente estranei al campo più puramente architettonico, sembra essere a metà tra manufatto artistico, scientifico e progetto di design ed architettura, ricalcando per certi versi la tendenza ad essere un prodotto ibrido semi-vivente o vivente, così come abbiamo visto nel caso della Bioarte (cfr. 3), a metà tra progetto, speculazione e design critico (al pari di quello proposto da Alexandra Daisy Ginsberg; cfr. 1.2). Soprattutto, il nodo della questione è la realizzazione di un'ecologia ibrida, che abbatta quindi la dicotomia e sia costituita da attori biologici in convergenza con la materia artificiale e i dispositivi tecnologici.

Recentemente si registra un interesse crescente nei confronti della bioproduzione e del Biodesign.

Ad esempio, rientra pienamente in quest'ottica il padiglione temporaneo costruito da David Benjamin con il suo gruppo di ricerca *The Living*, in occasione dello YAP indetto dal MoMA nel 2014: Benjamin inaugura infatti la *Hy-Fi Tower* e con essa un nuovo metodo costruttivo basato su bio-mattoni ottenuti utilizzando il micelio[25] dei funghi ed assemblati mediante bio-saldatura.

Anche lo studio Klarenbeek & Dros in occasione della Duch Design Week del 2013 è ricorso al micelio per realizzare la "*Mycelium Chair*", esposta anche nel 2019 durante la mostra *La Fabrique du vivent* al Centre Pompidou di Parigi. Il progetto parte dal modello di una sedia stampato in 3D con materiale ecologico che utilizza il micelio come legante. Dopo un periodo di incubazione, il materiale organico inizia a proliferare, modificando quindi la conformazione archetipica della sedia per trasformarla in un'entità semi-vivente a zero impatto ambientale ed in continua crescita[26].

Un altro studio che si occupa più specificatamente di

25. Il micelio è l'apparato vegetativo dei funghi ed è formato da un intreccio di filamenti detti ife. Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Micelio [ultimo accesso 02.09.2019]

26. Cfr. Marinelli, Selenia 2019, "*Subjectivity Displacement: Biodesign as interface to explore multispecies collaborations and to overcome normative anthropocentrism*" in Perna, V. et al. (a cura di), *Foreseeing Uncertainty: Design & the Non-Normativity*, Conference proceedings [in press]

▲ THE LIVING, *Hy-Fi Tower*, 2014
Fonte: https://www.designboom.com/architecture/hy-fi-the-living-david-benjamin-moma-ps1-young-architects-program-2014-07-01-2014/ [ultimo accesso 05.09.2019]

ricerca applicata al campo dei biomateriali è l'Officina Corpuscoli in Olanda, guidata dal ricercatore Maurizio Montalti in collaborazione con l'Università di Utrecht, che nel *Growing Lab* mira a produrre una varietà di materiali innovativi sviluppati a partire dal micelio, anche se in generale il gruppo ha prodotto anche sperimentazioni utilizzando batteri o alghe.

Nel caso di *De Algarum Natura*, ad esempio, lo scopo era quello di indagare la possibilità di utilizzare la biomassa algale per creare un nuovo prodotto a base dei principali componenti costitutivi delle alghe, che venivano estratti e ri-combinati per ottenere un nuovo composto finale. Il campione è pensato per essere adoperato nell'ambito del design ed è al 100% biologico e biodegradabile. All'interno infatti, oltre alle tre varietà di alghe utilizzate (*Ulva Lactuca, Laminaria Saccharina* e *Fucus Vesiculosus*), sono stati impiegati solo additivi naturali come un plastificante naturale (il glicerolo) e un acido naturale (l'aceto).

▲ OFFICINA CORPUSCOLI, *De Algarum Natura*, 2015
Fonte: https://www.corpuscoli.com/projects/de-algarum-natura/ [ultimo accesso 05.09.2019]

◀ KLARENBEEK & DROS, *Mycelium Chair*, 2013
Fonte: https://dornob.com/home-grown-furniture-fungus-chair-in-3d-printed-mould/ [ultimo accesso 05.09.2019]

H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g è, invece, una delle ultime installazioni prodotte da ecoLogicStudio, anche in questo caso per la mostra *La Fabrique du vivent*. Si tratta di una bio-scultura composta da moduli esagonali stampati in 3D, divisi a loro volta in celle triangolari.

▲ ECOLOGICSTUDIO, *H.O.R.T.U.S. XL Astaxanthin.g*, 2019
Vista complessiva; nella pagina accanto dettaglio dell'inoculazione dei bio-pixel.

Fonte: https://www.designboom.com/art/ecologicstudio-urban-morphogenesis-lab-bio-digital-sculptures-centre-pompidou-france-02-20-2019/ [ultimo accesso 05.09.2019]

RICHARD BECKETT, MARCOS CRUZ ET. AL, *Bioreceptive Facade Panels*, 2015 ▶
Fonte: http://syndebio.com/bioreceptive-facade/ [ultimo accesso 05.09.2019]

All’interno di queste ultime sono inoculati cianobatteri fotosintetici sottoforma di biogel, in modo che i cianobatteri insieme alle celle costituiscano dei bio-pixel, definiti come l’unità di intelligenza biologica minima dell’intero sistema. Il prototipo, sfruttando il metabolismo dei cianobatteri, è in grado di comportarsi come un organismo vivente reagendo agli input esterni in maniera autonoma e convertendo la radiazione solare in ossigeno e biomassa.

In linea con questo approccio si posizionano anche Marcos Cruz e Richard Beckett, che con il loro gruppo di ricerca hanno realizzato una serie di nuove tipologie di cemento bioricettivo la cui morfologia è stata studiata per agevolare la crescita di patina biologica (alghe, funghi, licheni) direttamente sulla superficie dei pannelli.

Sono stati, così, prodotte tre geometrie-tipo che ridefiniscono il concetto canonico di "parete verde" come pura soluzione ornamentale, per proporne una che si basi invece su un'idea più simbiotica e che per certi versi ricorda molto le applicazioni artistiche di Olafur Eliasson con "*Moss Wall*", che abbiamo precedentemente analizzato (cfr. 3.2.1).

Le alghe sono state per la prima volta utilizzate come materiale da integrare all'interno della facciata architettonica nel progetto della *BIQ House* di Amburgo, inaugurato nel 2013: è il primo edificio al mondo ad essere realizzato sfruttando fotobioreattori come dispositivi di purificazione dell'aria, di ottimizzazione termica e purificazione delle acque reflue, nonché per la produzione di biomassa da impiegare per la raffinazione di biodiesel o per prodotti cosmetici ed alimentari.

XTU ARCHITECTS, *In vivo*, 2016 ▶
In alto: schema con i tre edifici principali dell'isolato resielente.
In basso: vista renderizzata della *Algo House*.

Fonte: https://www.pinterest.it/xtuarchitects/in-vivo-r%C3%A9inventer-paris-xtu-architects/ [ultimo accesso 05.09.2019]

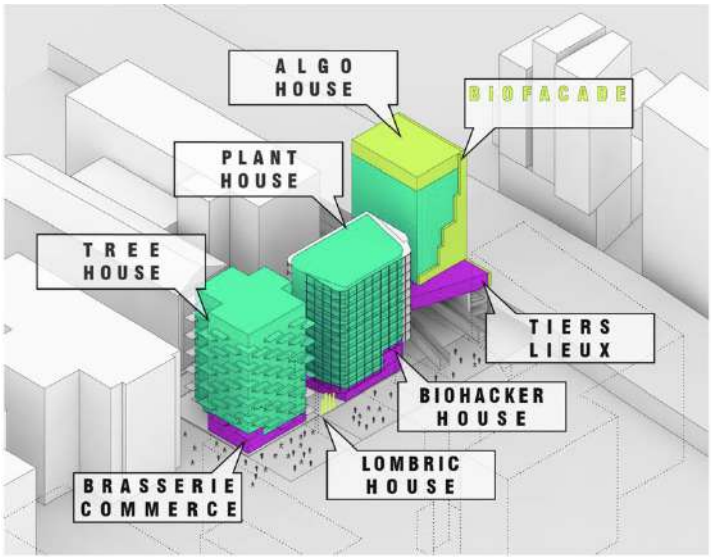
◀ ARUP, *BIQ House*, 2013
Dettaglio dei pannelli della bio-facciata composti da fotobioreattori. Funzionano come dispositivi di schermatura ed accolgono la coltura di microalghe.

Fonte: http://www.iaacblog.com/programs/biodiesel-from-microalgae/ [ultimo accesso 05.09.2019]

Questa tecnologia è stata poi adottata da numerose altre firme, tra cui i già citati ecoLogicStudio, ma anche dallo studio francese XTU Architects, che nel 2016 ha vinto il concorso Réinventer Paris[27] per il lotto M5A2 della Rive Gauche di Parigi, nel XIII arrondissement, con il progetto *In Vivo*. Con questo intervento di rigenerazione lo studio vuole promuovere una maggiore interazione ed integrazione

27. È possibile consultare il sito ufficiale del concorso con i risultati complessivi e gli altri progetti vincitori al seguente link: http://www.reinventer.paris/2015-2016/en/sites/ [ultimo accesso 06.09.2019]

tra cittadini e natura, sviluppando l'idea di un isolato resiliente e sostenibile, che si articola in tre edifici principali.



Alla *Tree House* ed alla *Plant House* si affianca, infatti, la *Algo House*, che prevede l'installazione di una biofacciata con fotobioreattori per la coltura delle microalghe al fine di utilizzare la biomassa per sostenere la ricerca in campo medico.

Al tempo stesso, i bio-pannelli producono energia termica per le abitazioni, come parte integrante delle direttive del Plan Climat de Paris che prevede un abbattimento del consumo energetico. Il completamento del progetto, che al momento sembra essere ancora in fase di studio, dovrebbe essere previsto entro il 2020, secondo quanto riportato sul sito ufficiale[28] degli XTU Architects.

In ultimo possiamo citare Rachel Armstrong del *Living Architecture Systems Group* dell'Università di Newcastle, che si schiera senza troppi convenevoli contro il formalismo biologico che, attraverso una metaforizzazione, promuove una dottrina che non *informa* contenuti e che è mossa da processi *top-down*, piuttosto che *bottom-up* com'è nell'ordine dei processi biologici.

La sua ricerca si focalizza soprattutto sull'impiego delle protocellule come materiale architettonico. Nel suo "*Manifesto contro il formalismo biologico*"[29], sostiene che, infatti, le città, nonostante i continui parallelismi con il mondo biologico (ad esempio nella metafora tra infrastrutture artificiali e naturali e sistema cardiocircolatorio) in realtà continua ad essere costituita da materiali inerti.

L'ambiente urbano è, infatti, composto da oggetti disgregati che non sono messi realmente in connessione reciproca come avverrebbe tra le varie parti che compongono un organismo vivente.

Al punto sei, in particolare, sottolinea che nella sua ricerca non intende imitare o riprodurre la natura, piuttosto produrre direttamente natura attraverso l'architettura, senza ricorrere a processi di astrazione.

Le protocellule in questo senso entrano in aiuto alla realizzazione di un'architettura vivente, in quanto sono molecole capaci di auto-organizzarsi chimicamente secondo un fenomeno spontaneo chiamato "emergenza" ed il cui comportamento può anche essere direzionato e progettato attraverso l'uso della biologia

28. Cfr. la pagina: https://www.xtuarchitects.com/invivo-xtu [ultimo accesso 06.09.2019]

29. Armstrong, Rachel et. al. 2011, "*A manifesto for protocell architecture: against biological formalism*" in Spiller, Neil e Armstrong, Rachel (a cura di), *AD: Protocell Architecture*, vol. 81, n. 2, pagg. 24-25.

sintetica. Questo garantisce una loro reazione programmata rispetto ai fattori esterni dell'edificio, rendendolo completamente autonomo grazie a delle facciate bio-attive.

Conclusioni

I casi finora menzionati, alcuni dei quali si avrà modo di approfondire maggiormente in seguito, dimostrano come la declinazione di ecosimbiosi applicata alla pratica architettonica, possa aiutare ad incorporare nelle nostre città dinamiche ecologiche di responsività e metabolismo che si basino sull'accentuazione dell'embodiment tra layer organico ed inorganico, fino alla più radicale sovrapposizione come accade nel Biodesign.

In questo senso l'architettura ecosimbiotica può fungere da strumento per stimolare un'interazione tra umano e "altrove non-umano", emancipando l'architettura ed il design dalla mera oggettificazione, ma iniziando a concepirli come soggetti viventi, come altri nodi di una stessa rete con la quale siamo interconnessi.

Le recenti mostre organizzate nel corso del 2019, come *La Fabrique du Vivent* o la Triennale *Broken Nature* organizzata a Milano, sono solo alcuni esempi di come il dibattito architettonico sia ad oggi molto più proteso verso questi orizzonti di sviluppo e di come questa linea di ricerca possa fornire delle risposte inedite al problema ambientale globale, spodestando l'uomo da una posizione iper-centrica e promuovendo inter-azioni ed intra-azioni tra le forze biotiche ed abiotiche del nostro pianeta.

4.2.2

COMPETIZIONE EVOLUTIVA vs ENDOSIMBIOSI

Nonostante la grande popolarità ed il riconoscimento in campo scientifico della teoria neodarwiniana[1] come costrutto base della teoria evoluzionistica moderna, a metà degli anni '60 si è affermato un paradigma che propone una nuova visione dell'evoluzione della vita, basata su meccanismi di cooperazione e co-evoluzione inter-specie e tra le specie e l'ambiente chimico-fisico nel quale esse vivono.

La studiosa promotrice di questa teoria è la biologa statunitense Lynn Margulis, che a partire dalla sua tesi di dottorato "*An Unusual Pattern of Thymidine Incorporation in Euglena*", discussa nel 1965 alla University of California, Berkeley, iniziava a maturare la teoria dell'endosimbiosi. Alla base di questa vi è un attento studio sul ruolo dei batteri, quali responsabili principali dei meccanismi di evoluzione improntati su uno scambio mutualistico tra cellule indipendenti ed eterogenee. Al centro dell'evoluzione viene quindi collocata la simbiosi, piuttosto che la competizione tra specie, rappresentando uno scarto non indifferente rispetto alla prospettiva darwiniana, in quanto sancisce di fatto un avvicinamento ad un punto di vista biocentrico ed inserisce l'uomo all'interno dei meccanismi naturali al pari delle altre specie della Terra.

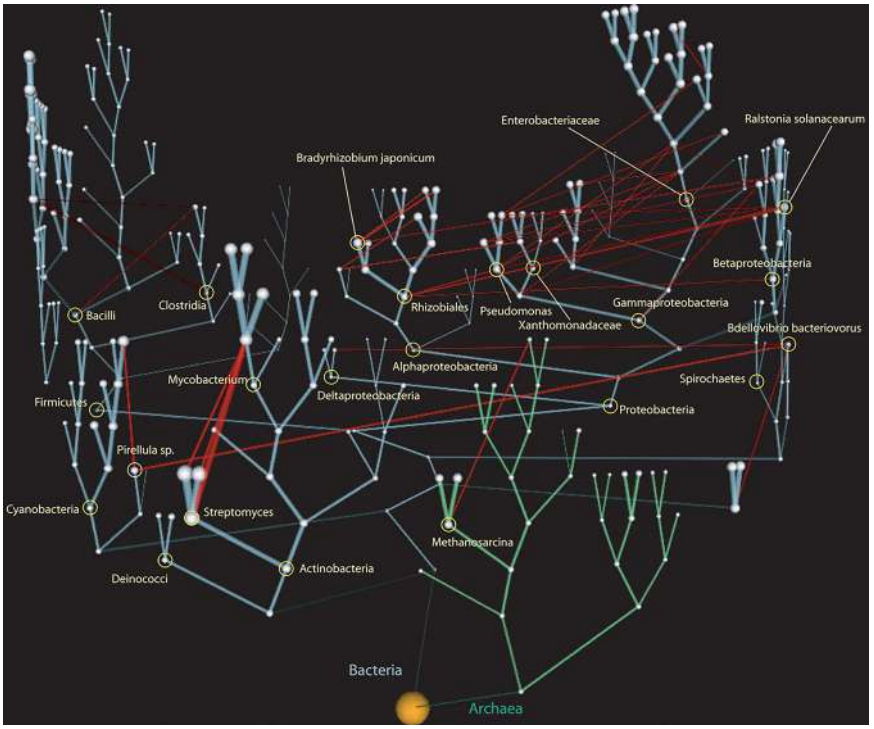
1. Il neodarwinismo (o sintesi moderna dell'evoluzione) è la teoria evoluzionistica attualmente più accreditata in campo scientifico. Essa deriva dall'integrazione tra: la teoria dell'evoluzione delle specie per selezione naturale di Charles Darwin; la teoria dell'ereditarietà di Gregor Mendel sulle basi dell'eredità biologica rivista alla luce della moderna genetica, comprese le mutazioni genetiche casuali come sorgente della variazione; la forma matematica della genetica delle popolazioni; l'analisi dei dati della paleontologia. In sintesi il neodarwinismo consiste nel considerare il gene come unità fondamentale dell'eredità e bersaglio del meccanismo evoluzionistico della selezione naturale.
Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Neodarwinismo [ultimo accesso 3.10.2019]

Il principio endosimbiotico sembrerebbe, dunque, premere verso la riconfigurazione del classico albero filogenetico[2], che potrebbe a questo punto essere trasformato in una rete filogenetica che metta in luce i meccanismi di interazione multispecie all'interno delle diverse nicchie ecologiche.

Al momento è stato fatto uno sforzo di traduzione di questo metodo basato sui network dal Cold Spring Harbor Laboratory[3],

2. Un albero filogenetico è un diagramma che mostra le relazioni fondamentali di discendenza comune di gruppi tassonomici di organismi. La rappresentazione delle relazioni in questa forma è tipica della visione evoluzionistica espressa secondo i suoi concetti iniziali, secondo la quale lo sviluppo delle forme di vita è avvenuto a partire da un progenitore comune (il tronco o la base dell'albero, altrimenti detta radice), il quale ha dato origine per speciazione a diverse linee di discendenza, fino ad arrivare alle specie attualmente esistenti (le cime dell'albero, altrimenti dette ramificazioni terminali). Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Albero_filogenetico [ultimo accesso 3.10.2019]

3. Per una lettura più approfondita della ricerca, si consulti Kunin, Victor et al. 2005, "*The net of life: Reconstructing the microbial phylogenetic network*" in *Genome Research* n. 15, issue 7, pagg. 954-959, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press. doi: 10.1101/gr.3666505



che ha riprodotto uno schema di interrelazioni orizzontali, che per il momento si limita al mondo microbiologico, ma che mostra il grosso potenziale attraverso cui si potrebbe sintetizzare l'interdipendenza di tutti gli esseri viventi all'interno della rete della vita[4].

Grazie a questa nuova ipotesi, siamo potenzialmente in grado di abbracciare una teoria dell'evoluzione molto più estesa ed inclusiva di tutti gli organismi viventi. E proprio perché questa teoria dà un risalto maggiore alla capacità dei microrganismi (spesso fin troppo dimenticati) di scambiarsi materiale genetico, spinge verso una comprensione più ecologica e co-evoluzionistica dei meccanismi di formazione e trasformazione della vita.

Sostiene, infatti, Margulis che:

> *La visione dell'evoluzione come competizione cruenta cronica tra individui singoli e specie, distorsione della teoria darwiniana della "sopravvivenza del più idoneo", si dissolve dinanzi alla visione nuova di una cooperazione continua, di un'interazione forte e di una dipendenza reciproca tra forme di vita. La vita non prese il sopravvento sul globo con la lotta ma istituendo interrelazioni. Le forme di vita si moltiplicarono e divennero sempre più complesse attraverso una cooptazione di altre, non soltanto attraverso la loro estinzione. Non potendo vedere il microcosmo a occhio nudo, tendiamo a sminuirne l'importanza*[5].

4. Cfr. Capra, Fritjof 2001 (1997), *La rete della vita. Perché l'altruismo è alla base dell'evoluzione*, Milano: BUR Biblioteca Univ. Rizzoli

5. Margulis, Lynn e Sagan, Dorion 1989, *Microcosmo. Dagli organismi primordiali all'uomo: un'evoluzione di quattro miliardi di anni*, Milano: Mondadori.

◀ Victor Kunin et al., *Rappresentazione tridimensionale della rete della vita*, 2005
La struttura centrale del sistema è stata generata utilizzando l'approccio di somiglianza genica media. La radice è rappresentata dalla sfera gialla. I batteri sono rappresentati come nodi sui rami ciano; gli *Archaea*, sono i nodi posti sulle ramificazioni verdi. Le linee rosse corrispondono invece al trasferimento genico orizzontale.

Fonte: https://genome.cshlp.org/content/15/7/954/F3.expansion.html [ultimo accesso 03.10.2019]

Questa interazione reciproca tra batteri, ci spiega Margulis, si sviluppa anche attraverso processi di trasferimento genetico orizzontale e la rilevanza di questa scoperta è stata anche sottolineata dal microbiologo James Shapiro, che nel 2002 ha affermato che l'ingegneria genetica naturale e le modificazioni genomiche epigenetiche, piuttosto che le semplici mutazioni casuali, sono la modalità di evoluzione dominante del ventunesimo secolo[6].

A questo proposito, è interessante consultare lo schema proposto dallo stesso Shapiro, che mette in parallelo diverse categorie concettuali per argomentare come queste abbiano assunto declinazioni quasi antitetiche nel passaggio dal ventesimo al ventunesimo secolo. Si può osservare, infatti, come dal riduzionismo come prospettiva scientifica dominante si sia giunti all'adozione della teoria della complessità e come, di conseguenza, da un paradigma meccanicista si sia gradualmente sviluppato il modello cibernetico, basato sul meccanismo di autoregolazione mediante processi di feedback o retroazione (cfr. 4.2.1). Per Shapiro, il ventesimo secolo può essere inoltre riassunto come epoca storica durante la quale il focus è stato principalmente rivolto verso il gene, come unità base di ereditarietà; al contrario, nell'epoca attuale è il genoma intero (inteso come la totalità del DNA o dell'RNA contenuto in un organismo biologico) ad essere studiato nella sua complessità come sistema interattivo di informazione.

6. Cfr. Shapiro, James 2002, "*Genome Organization and Reorganization in Evolution: Formatting for Computation and Function*" in van Speybroeck, Linda, Van de Vijver, Gertrudis e De Waele, Dani (a cura di), *From Epigenesis to Epigenetics: The Genome in Context*, Annals of the New York Academy of Sciences n. 981, pag. 113.

Conceptual category	20th century of the gene	21st century of the genome
Dominant scientific perspective	Reductionism	Complex systems
Fundamental mode of biological operation	Mechanical	Cybernetic
Central focus of hereditary theory	Genes as units of inheritance and function	Genomes as interactive information systems
Genome organization metaphor	Beads on a string	Computer operating system
Sources of inherited novelty	Localized mutations altering one gene at a time due to physico-chemical insults or replication errors	Epigenetic modifications and rearrangement of genomic subsystems by internal natural genetic engineering functions
Evolutionary processes	Background random mutation and natural selection of small increases in fitness; cell passive	Crisis-induced, non-random, genome-wide rearrangements leading to novel genome system architectures; cells actively engineering their DNA

▲ James shapiro, *Genome organization and reorganization in evolution: formatting for computation and function*, 2002
Fonte: Shapiro, *op. cit.*

Proprio grazie alla natura interattiva del genoma, la costruzione di relazioni di reciprocità tra l'ambiente e l'organismo vivente, che risultano entrambi in accoppiamento, implicano anch'esse delle trasformazioni, dette "epigenetiche". I meccanismi epigenetici conferiscono un alto grado di plasticità e stabilità al pattern di espressione genica (fenotipo) e l'influenza ambientale sulla modificazione nel genoma degli esseri viventi sostituisce dunque il costrutto secondo il quale le mutazioni siano solo localizzate al livello del singolo gene.

Tornando in un campo più squisitamente architettonico, l'associazione di termini propri del mondo della biologia, come evoluzione, filogenesi, specie, genotipo, fenotipo, pervadono quella che viene definita "architettura generativa" e che racchiude quegli approcci alla progettazione che si basano su metodi di co-design tra essere umano e computer all'interno del processo creativo.

Molti architetti sono ricorsi ai software generativi basati su

algoritmi genetici[7] per la progettazione architettonica. Il metodo si basa sulla definizione di parametri iniziali e criteri di base, che costituiscono le condizioni al contorno necessarie per la ricerca di diverse soluzioni di ottimizzazione attraverso l'algoritmo e rispetto ad un determinato problema. Generalmente il modus operandi è influenzato anche dalla comprensione dei meccanismi evolutivi biologici, per cui, sulla base di quanto detto finora in merito al passaggio dalla teoria neodarwiniana a quella endosimbiotica, si può prospettare una ri-descrizione anche dei metodi computazionali attraverso cui si possono sintetizzare e modellare gli algoritmi di programmazione.

Al momento, infatti, gli algoritmi generalmente applicati nel campo della progettazione sembrano basarsi principalmente sulle dinamiche evoluzionistiche classiche.

Nel caso dei FOA (Foreign Office Architects), ad esempio, questi ricorrono all'associazione con l'albero filogenetico darwiniano per rafforzare come il tema evoluzionistico classico sia alla base del loro approccio alla progettazione. L'uso di algoritmi genetici diventa parte del processo attraverso cui gli architetti Farshid Moussavi e Alejandro Zaera-Polo generano e classificano diverse "famiglie" e "specie" architettoniche. Il loro iconico libro "*Phylogenesis: FOA's Ark*"[8] riassume proprio come i principi biologici del neodarwinismo nella loro pratica architettonica vengano utilizzati per descrivere aspetti funzionali e stilistici del progetto, che competono tra loro per giungere ad un'ottimizzazione e miglioramento degli esiti progettuali stessi.

7. Un algoritmo genetico è un algoritmo euristico utilizzato per tentare di risolvere problemi di ottimizzazione per i quali non si conoscono altri algoritmi efficienti di complessità lineare o polinomiale. L'aggettivo "genetico", ispirato al principio della selezione naturale ed evoluzione biologica teorizzato nel 1859 da Charles Darwin, deriva dal fatto che, al pari del modello evolutivo darwiniano che trova spiegazioni nella branca della biologia detta genetica, gli algoritmi genetici attuano dei meccanismi concettualmente simili […] La vera prima creazione di un algoritmo genetico è tuttavia storicamente attribuita a John Henry Holland che, nel 1975, nel libro "*Adaptation in Natural and Artificial Systems*" pubblicò una serie di teorie e di tecniche tuttora di fondamentale importanza per lo studio e lo sviluppo della materia.
Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_genetico [ultimo accesso 29.09.2019]

8. Kwinter, Sanford et al. (a cura di) 2003, *Phylogenesis: Foa's Ark. Foreign Office Architects*, Barcellona: Actar

Tipologie architettoniche diverse, dunque, convivono all'interno di una stessa specie proprio perché il criterio tassonomico è strutturato secondo un parametro topologico: partendo dalla superficie come oggetto elementare, questa può essere interpretata come *ground* o come *envelope* e, a seconda di diverse operazioni di trasformazione (deformazione, modellazione, orientamento, continuità, discontinuità), può generare a sua volta ramificazioni. Seppur ci sia una certa coscienza che la modificazione di tale superficie sia dovuta ad una serie di vettori esterni agenti sull'oggetto elementare di partenza, il processo di evoluzione non è mai realmente *bottom-up*. Piuttosto, è un'operazione *top-down*, dove il potenziale di trasformazione genetica è orientato dal progettista.

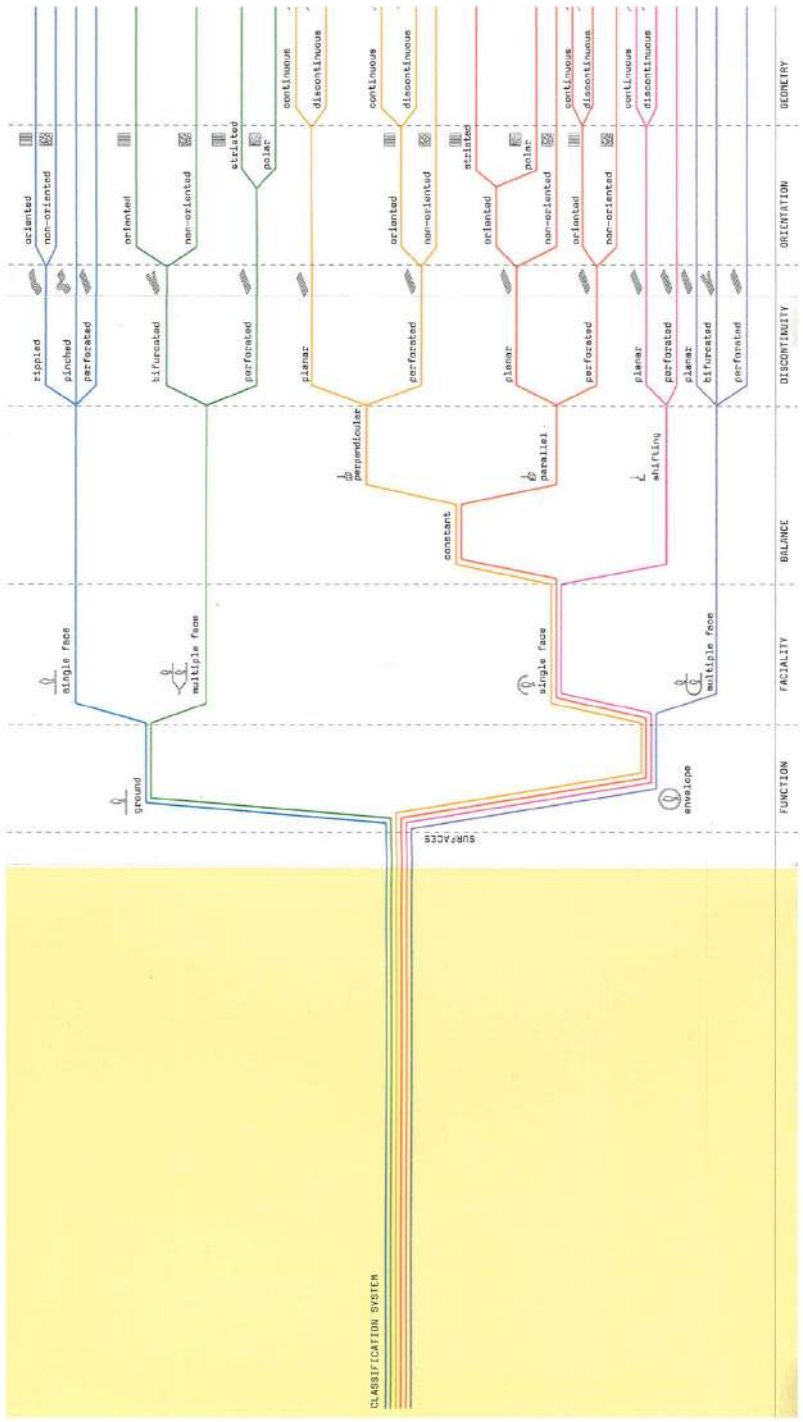
Come fa giustamente notare Christina Codgell[9], nel caso dei FOA l'intervento attraverso cui i tratti architettonici favorevoli vengono selezionati per il compimento del processo evolutivo è di fatto un processo eugenetico[10], piuttosto che epigenetico. Pertanto, in questo caso non vengono ancora incorporati i principi di endosimbiosi.

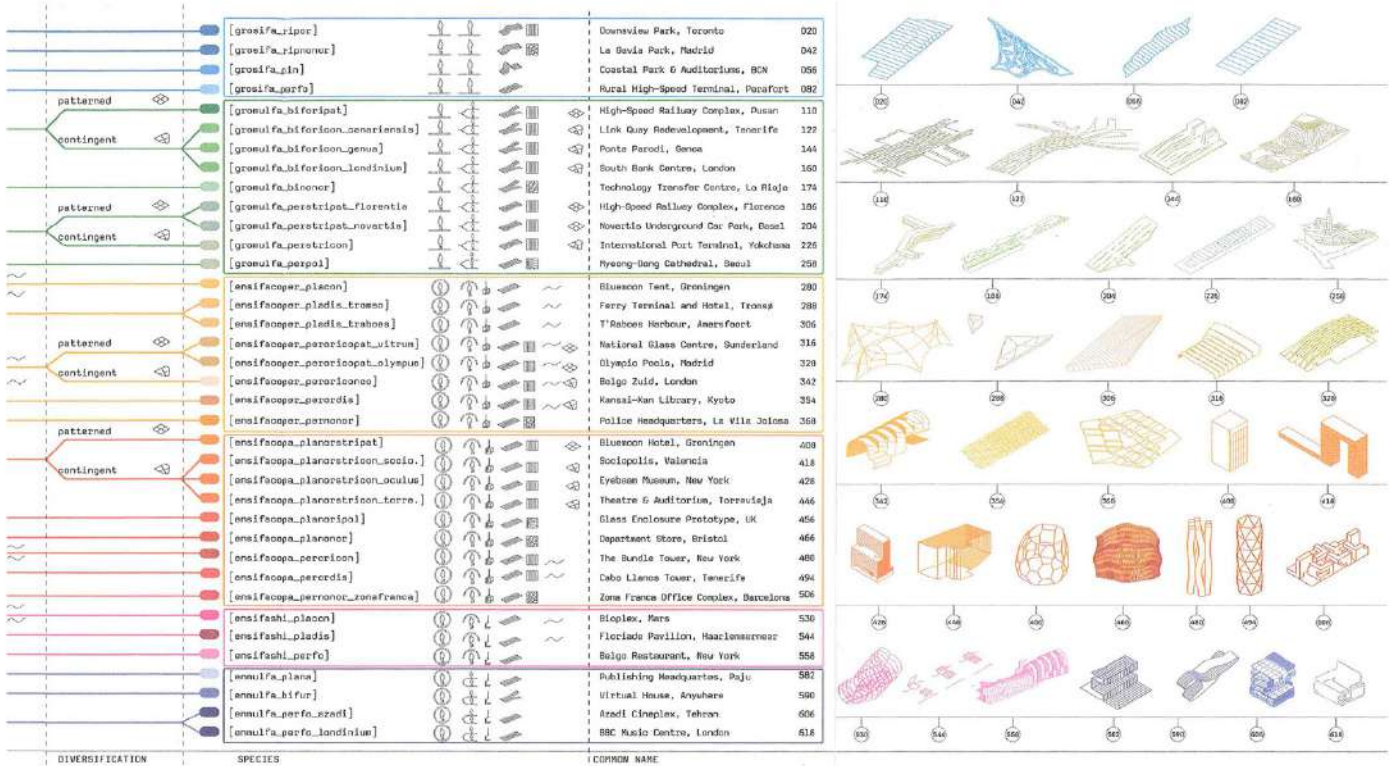
9. Cfr. Cogdell, Christina 2019, *Toward a Living Architecture? Complexism and Biology in Generative Design*, Minneapolis: University of Minnesota Press

10. eugenetica (o eugenica) Controversa teoria che si propone di ottenere un miglioramento della specie umana, attraverso le generazioni, in modo analogo a quanto si fa per gli animali e le piante in allevamento, distinguendo i caratteri ereditari in favorevoli, o eugenici, e sfavorevoli, o disgenici, e cercando di favorire la diffusione dei primi (e. positiva) e di impedire quella dei secondi (e. negativa).
Fonte: http://www.treccani.it/enciclopedia/eugenetica_%28Dizionario-di-Medicina%29/ [ultimo accesso 29.09.2019]

Nelle pagine successive: Foa, sistema di classificazione dei progetti dello studio, 2003 ▶
Lo schema prende chiaramente ispirazione dall'albero filogenetico darwiniano - nella pubblicazione originale le due immagini sono contigue.

Fonte: Kwinter, Sanford et al., *op. cit.*


CLASSIFICATION SYSTEM
SURFACES
FUNCTION
FACIALITY
BALANCE
DISCONTINUITY
ORIENTATION
GEOMETRY
ground
single face
multiple face
envelope
single face
multiple face
constant
perpendicular
parallel
shifting
rippled
pinched
perforated
bifurcated
perforated
planar
perforated
oriented
non-oriented
striated
polar
continuous
discontinuous


DIVERSIFICATION
SPECIES
COMMON NAME
patterned
contingent
patterned
contingent
patterned
contingent
patterned
contingent
[grosifa_riper] Downsview Park, Toronto 020
[grosifa_ripnonor] La Gavia Park, Madrid 042
[grosifa_pin] Coastal Park & Auditorium, BCN 056
[grosifa_perfa] Rural High-Speed Terminal, Parafort 082
[gromulfa_biforipat] High-Speed Railway Complex, Busan 110
[gromulfa_biforicon_senariensis] Link Quay Redevelopment, Tenerife 122
[gromulfa_biforicon_genua] Ponte Parodi, Genoa 144
[gromulfa_biforicon_londinium] South Bank Centre, London 160
[gromulfa_binonor] Technology Transfer Centre, La Rioja 174
[gromulfa_perstripat_florentia High-Speed Railway Complex, Florence 186
[gromulfa_perstripat_novartis] Novartis Underground Car Park, Basel 204
[gromulfa_perstricon] International Port Terminal, Yokohama 226
[gromulfa_perpol] Myeong-Dong Cathedral, Seoul 250
[ansifacoper_placon] Bluescon Tent, Groningen 280
[ansifacoper_pladis_tromso] Ferry Terminal and Hotel, Tromsø 288
[ansifacoper_pladis_trahoes] T'Rahoes Harbour, Amersfoort 306
[ansifacoper_pororicopat_vitrum] National Glass Centre, Sunderland 316
[ansifacoper_pororicopat_olympus] Olympic Pools, Madrid 328
[ansifacoper_pororicones] Belgo Zuid, London 342
[ansifacoper_porordis] Kansai-Kan Library, Kyoto 354
[ansifacoper_permonor] Police Headquarters, La Vila Joiosa 368
[ansifacopa_planorstripat] Bluescon Hotel, Groningen 408
[ansifacopa_planorstricon_socio.] Sociopolis, Valencia 418
[ansifacopa_planorstricon_oculus] Eyebeam Museum, New York 428
[ansifacopa_planorstricon_terra.] Theatre & Auditorium, Torrevieja 446
[ansifacopa_planoripol] Glass Enclosure Prototype, UK 456
[ansifacopa_planonor] Department Store, Bristol 466
[ansifacopa_pericon] The Bundle Tower, New York 480
[ansifacopa_perordis] Cabo Llanos Tower, Tenerife 494
[ansifacopa_permonor_zonafranca] Zona Franca Office Complex, Barcelona 506
[ansifashi_placon] Bioplex, Mars 530
[ansifashi_pladis] Floriade Pavilion, Haarlemmermeer 544
[ansifashi_perfo] Belgo Restaurant, New York 558
[annulfa_plana] Publishing Headquarters, Paju 582
[annulfa_bifur] Virtual House, Anywhere 590
[annulfa_perfo_azadi] Azadi Cineplex, Tehran 606
[annulfa_perfo_londinium] BBC Music Centre, London 618

Pochi architetti fanno, infatti, riferimento alla variabile epigenetica negli algoritmi, per dare una chiave di lettura agli *script* generativi volta all'integrazione tra processo evolutivo e adattamento continuo alle condizioni esterne. La negoziazione tra organismi ed ambiente rappresenta, tuttavia, un meccanismo biologico fondamentale da integrare nell'ambito progettuale, al fine di tradurre anche al livello architettonico la responsività del soggetto e le sue capacità conversazionali e metaboliche con l'intorno.

È sempre Codgell[11] a sottolineare come solo John Frazer – in maniera del tutto pioneristica – abbia fatto esplicito riferimento ad "algoritmi epigenetici"[12], già a partire dal 1995 quando le nozioni a riguardo non erano ancora così diffuse. Nel suo "*An Evolutionary Architecture*" vengono infatti precisati alcuni tratti fondamentali del modello di architettura evolutiva, con un'interessante definizione del modello di ambiente:

> *L'ambiente simulato in cui le valutazioni hanno luogo è modellato esattamente con gli stessi parametri delle strutture che devono evolvere. L'ambiente e la struttura quindi non solo evolvono in uno stesso dataspace, ma possono anche co-evolvere. […] L'ambiente ha un effetto epigenetico significativo nello sviluppo.*[13]

A questo scopo, i materiali che si ipotizza utilizzare nella realizzazione architettonica devono essere tutti responsivi nei confronti dell'ambiente circostante, capaci di modificarsi in risposta a condizioni materiali o ambientali, che a loro volta influenzano l'esito finale. Si fa, dunque, riferimento ad un'architettura come sistema vivente in evoluzione e, come specificato dal cibernetico Gordon Pask nella prefazione del libro di Frazer, questo non ha nulla a che vedere con la "pratica frenetica di copiare i lavori della natura", piuttosto si tratta di sviluppare nuovi modelli che sono sia tangibili e razionali,

11. Cogdell, Christina 2019, *op. cit.*

12. Frazer, John 1995, *An Evolutionary Architecture*, Londra: Architectural Association, pag. 83.

13. *ibidem*

che al tempo stesso siano sia vivi che in evoluzione[14].

L'obiettivo di Frazer quindi è chiaro: l'architettura si inserisce all'interno del costrutto naturale come forma di vita artificiale che innesca con l'ambiente un comportamento simbiotico, un equilibrio metabolico che è proprio dei sistemi naturali[15]. Soprattutto, la cosa molto interessante che emerge dalla pubblicazione è il riferimento all'interdipendenza tra specie e il fatto che venga sottolineato come un'architettura evolutiva non sia da intendere esclusivamente in termini di sviluppo attraverso la selezione naturale, ma come sia fondamentale prendere in considerazione anche altri aspetti, come l'auto-organizzazione e il metabolismo, che sono altrettanto se non addirittura più significativi processi di evoluzione.

Incorporare il principio endosimbiotico ed il concetto di algoritmo epigenetico può quindi aprire nuove istanze all'interno della progettazione: sia il processo di design, che la realizzazione del manufatto architettonico finale, restano in questo caso dei processi aperti, in quanto co-dipendenti dalle dinamiche dell'ambiente esterno ed in co-evoluzione con esso.

La complessità di queste relazioni a partire dal contesto macro-ambientale produce dei cambiamenti locali al livello architettonico e viceversa. La forma, infatti, non esiste al di fuori dal tempo, ma deve essere concepita come concatenazione di azioni che, esercitate sulla forma di partenza, producono un "*transfer*" che rompe la simmetria originaria e genera delle trasformazioni che si stratificano nella memoria della forma stessa, in continua evoluzione[16].

Ciò implica, dunque, che l'attenzione venga spostata dalla forma finale ed ottimizzata in sé, al processo che la genera e la trasforma.

14. Cfr. *ibidem*, pag. 6.

15. Cfr. *ibidem*, pag. 9.

16. Cfr. Leyton, Michael 2009, *La forma come memoria. Una teoria geometrica dell'architettura*, Roma: Edilstampa.

Come afferma Neri Oxman:

> *In natura, le forme sono il risultato della corrispondenza tra i parametri materiali e i relativi vincoli ambientali. La forma è meramente un sottoprodotto, una derivata della formazione comportamentale naturale. Emerge come effetto esclusivo del suo particolare modello ambientale. In natura, è stato appurato, la geometria della forma è determinata principalmente dall'interazione tra materia e ambiente*[17].

Comprendere la computazione algoritmica come processo variabile al livello epigenetico e integrare l'adattamento quale principio chiave nell'interazione tra campi di influenza esterni ed interni al manufatto architettonico, che concepito come aggregazione di dispositivi intelligenti al livello biologico e tencologico, è in grado di raccogliere ed elaborare i dati ambientali per innescare meccanismi di autoregolazione analoghi a quelli degli ecosistemi[18].

Grazie ad un comportamento fisiologico, l'architettura divenuta sintesi di *Hyper Natura,* incorpora la collisione *naturacultura*, si sviluppa, cresce e si adatta in accordo con un principio di interrelazione tra materia, forma, struttura e ambiente.

17. Oxman, Neri 2010, *Material-based Design Computation*, tesi di dottorato, Massachusetts Institute of Technology, relatore William J. Mitchell, pag. 153.

18. Cfr. Griffa, Cesare 2012, *Smart Creatures. Progettazione parametrica per architetture sostenibili*, Roma: Edilstampa

4.2.3

SMART CITY vs BIO-CITY

Volgendo uno sguardo sulla direzione di sviluppo delle città contemporanee, il modello senza dubbio verso cui si tende è quello della smart city, termine sempre più entrato nel linguaggio comune per indicare un modello in cui la pianificazione urbanistica è correlata all'innovazione ed alle opportunità offerte dalle nuove tecnologie, al fine di migliorare la vita del cittadino.

L'idea di *smart city* fu in qualche modo anticipata dal matematico Norbert Wiener, che nel 1950 descriveva un futuro nel quale lo scambio di messaggi reciproco tra le macchine e l'uomo avrebbe assunto un ruolo sempre più cruciale[1] nella vita quotidiana.
Ad oggi, queste parole sembrano quasi profetiche e possiamo di fatto affermare che anche nel dibattito contemporaneo attorno al progetto l'informazione sia diventata "materia prima dell'architettura"[2], che diventa quindi basata quindi su modelli di interconnessione dinamica dei dati.

Più nel dettaglio, provando a descrivere cos'è la *smart city*:

> *Il concetto di «città intelligente» parte dall'assunto dell'intelligenza distribuita, inscritta nello spazio pubblico, in una sorta di ridefinizione dell'antico genius loci. Con smart city si tende sempre più a mettere in relazione le infrastrutture materiali delle città con il*

1. Cfr. Wiener, Norbert 1988 (1950), *The Human Use Of Human Beings: Cybernetics And Society*, Boston: Da Capo Press.

2. Cfr. Saggio, Antonino 2004, "*Informazione materia prima dell'architettura*", disponibile all'indirizzo: http://architettura.it/coffeebreak/20040318/index.htm [ultimo accesso 10.12.2019]

capitale umano, intellettuale e sociale di chi le abita. Un capitale potenziato e messo a sistema dalle infrastrutture immateriali del web.

Nella smart city la connettività telematica è quindi considerata una fonte di crescita e di sviluppo urbano per promuovere l'idea di città inclusiva, attraverso la promozione di nuove forme di coesione sociale. Una città sostenibile per le misure ecologiche sia di controllo sia di risparmio energetico e tesa a ottimizzare le soluzioni per la mobilità e la sicurezza grazie a pratiche d'innovazione territoriale.

Una smart city è tale in via direttamente proporzionale alla qualità della partecipazione attiva dei suoi cittadini, in un contesto in cui lo spazio pubblico della città viene interpretato con particolari forme di creatività sociale, come quelle di urban experience nell'interazione tra web e territorio (ambito di progettazione culturale e di azione multimediale attraverso le reti).[3]

Nonostante non esista ancora una definizione univoca e condivisa all'interno della comunità scientifica in merito a questo termine, l'obiettivo che senz'altro è possibile individuare è quello di utilizzare le innovazioni tecnologiche non solo fini a sé stesse, ma soprattutto come strumento per sollecitare l'inclusività e la sostenibilità. Si possono, quindi, identificare sei temi chiave che, combinati tra loro, concorrono alla determinazione del modello di smart city secondo una ricerca condotta nel 2015 dalla TU Wien sull'argomento[4]:

- *Smart economy*: economia basata su soluzioni innovative e flessibili e che quindi puntino a sviluppare principalmente il settore delle industrie ICT
- *Smart mobility*: trasformazione delle città in un network di connessioni in cui il trasporto e la comunicazione digitale assicurano un utilizzo razionale delle infrastrutture esistenti

3. Definizione di "smart city" da Enciclopedia Treccani. Fonte: treccani.it/enciclopedia/smart-city_%28Lessico-del-XXI-Secolo%29/ [ultimo accesso 10.12.2019]

4. E' possibile consultare il sito ufficiale del progetto "European smart cities" all'indirizzo http://www.smart-cities.eu/?cid=01&ver=4 [ultimo accesso 10.12.2019]

- *Smart environment*: ottimizzazione del consumo di energia attraverso l'uso di risorse rinnovabili e la minimizzazione delle emissioni e degli scarti
- *Smart people*: sviluppo di iniziative bottom-up che coinvolgano direttamente gli abitanti nella realizzazione dei cambiamenti atti a migliorare la qualità della vita urbana
- *Smart living*: costruzione di un ambiente accessibile a tutti e su tutti i livelli (pubblico, tecnico, sociale, infrastrutturale, culturale)
- *Smart governance*: formazione di un comparto governativo che agevoli le procedure di cooperazione e trasparenza tra autorità locali e cittadini, attraverso l'uso delle nuove tecnologie

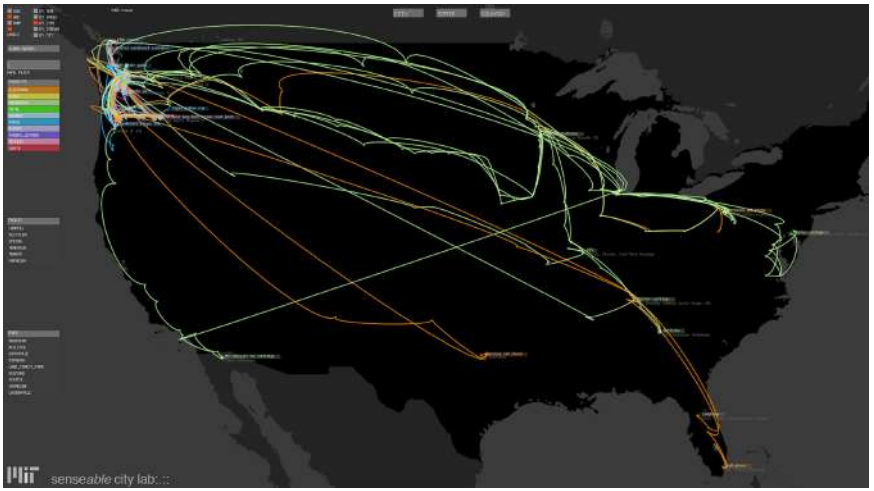
Alla forte componente tecnologica, si è però nel corso degli anni affiancato anche un punto di vista che spinge alla "sensibilità" o "capacità di sentire" delle città e che ha nel Senseable City Lab del MIT, fondato da Carlo Ratti, il principale promotore.

La ricerca del gruppo punta ad integrare la componente digitale che consente la connettività dell'ambiente costruito con una componente cibernetica, definita "vivente", basata sulle interazioni dinamiche tra gli spazi e l'architettura stessa, che diventano estensioni corporee in grado di mostrare capacità responsive rispetto all'ambiente circostante[5].

Uno dei progetti più celebri sviluppati da Ratti e dai suoi collaboratori è *Trash Track*[6] del 2009, attraverso il quale si vuole proporre uno scenario futuro in cui i servizi di geolocalizzazione vengono utilizzati per taggare i rifiuti, che vengono quindi localizzati a livello urbano. Un test di questa applicazione è stato fatto nella città di Seattle con l'aiuto di cittadini che si sono proposti come volontari dell'esperimento. Il team ha così predisposto una serie di sensori per monitorare il sistema di management dei rifiuti e tracciare i movimenti degli stessi.

5. Cfr. Ratti, Carlo e Claudel, Matthew 2016, T*he City of Tomorrow: Sensors, Networks, Hackers, and the Future of Urban Life*, Yale University Press.

6. Per visitare la pagina ufficiale del progetto è possibile consultare l'indirizzo: http://senseable.mit.edu/trashtrack/ [ultimo accesso 10.12.2019]



▲ SENSEABLE CITY LAB, *Trash Track*, 2009
Fonte: http://senseable.mit.edu/trashtrack/visualizations.php?id=2 [ultimo accesso 10.12.2019]

Quest'analisi ha evidenziato l'inefficienza della catena di smaltimento, innescando un successivo dibattito che ha coinvolto le principali compagnie interessate al processo di smaltimento dei rifiuti. Si sono in seguito avanzate delle ipotesi di miglioramento sistemico, generando anche delle ricadute positive nel comportamento dei cittadini che si sono rivelati più motivati a riciclare. Il progetto quindi dimostra come l'intelligenza/sensibilità urbana possa di fatto aiutare a migliorare non solo lo sviluppo delle città ma anche i rapporti tra i servizi ed i cittadini.

Gli spazi della *smart city* si prefigurano di conseguenza come spazi ibridi composti anche da informazione: la città è cosciente del suo contesto e la raccolta e diffusione dei dati riguardanti le condizioni urbane o metereologiche sono diffusi in tempo reale, rendendo la città stesso in grado di adattarsi o di "performare" sulla base di queste informazioni.

Tuttavia, la connotazione legata all'aspetto che Ratti definisce "vivente" sembra restare ad un livello metaforico, per cui ci si domanda se introducendo nell'equazione la bio-informazione (legata quindi anche alla presenza del substrato urbano costituito dalla biosfera ed ai dati scaturiti dalla componente organica), il paradigma della *Smart*

City possa essere implementato con quello della *Bio-City*, quale città in grado di rispondere in co-evoluzione con il suo contesto in quanto basata anche sulla bio-tecnologia.

Gli architetti Claudia Paquero e Marco Poletto di ecoLogicStudio stanno in questi anni sviluppando proprio questo concetto, che vuole muoversi, piuttosto che su una versione simbolica legata al vivente, su una che integri in maniera decisiva la bio-logica. Il fine è quello di aderire al modello di co-evoluzione tra la tecnosfera (che nel loro caso viene definita con l'accezione di "urbansfera") e la biosfera, ponendosi quindi in profonda sintonia con la linea di ricerca di questa dissertazione.

Ispirati dalle sperimentazioni pionieristiche del cibernetico Gordon Pask e dalla ricerca di Frei Otto sull'occupazione e l'auto-organizzazione (cfr. 4.2.1 e 4.2.2), ecoLogicStudio punta alla convergenza dell'intelligenza computazionale e bio-artificiale, integrata in maniera interscalare nei processi di progettazione di edifici, di installazioni e di pianificazione urbana, al fine di incentivare sistemi di interazione tra umano e non-umano. È da questo punto di partenza che vengono proposti i *blue-green plans* che, come spiega Poletto, sono:

> *una strategia che si tenta di sviluppare per creare una pianificazione più sostanziale dell'ambiente biotico, anche se spesso lo si fa in una modalità molto tradizionale, che possiamo definire come "figurativa", basata quindi su una comprensione abbastanza pittoresca della natura all'interno della città. […] quello che vogliamo cercare di fare noi è, invece, cercare di usare le tecnologie a disposizione oggi, dal monitoraggio satellitare ai disegni algoritmici, per spingere questa comprensione dei blue-green plans ad un livello successivo e magari anche dimostrare la loro rilevanza all'interno della pianificazione delle nostre future città, che devono essere basate in maniera maggiore sul substrato su cui le città e la vita urbana si sviluppano.*
>
> *Questo substrato è qualcosa che è infatti necessario capire nel profondo, per ingegnerizzarlo e svilupparlo ulteriormente, il che è un punto di vista che era stato già in realtà compreso e spiegato molto*

chiaramente da persone come ad esempio Frei Otto, che dichiarava che gli urbanisti hanno la necessità di conoscere e comprendere i sistemi viventi che operano nelle città.[7]

Normalmente, i *blue-green plans*, che rappresentano le attuali metodologie di pianificazione urbanistica che suggeriscono una prossimità dei cittadini alla natura, sono realizzati basandosi su concetti-chiave quali cinture verdi, corridoi ecologici o linee guida molto generiche che possono essere associate ad una pianificazione "*green*".

In questo caso, invece, l'idea di ecoLogicStudio è di utilizzare come metrica per ridescrivere la città un sistema *bottom-up*, che analizzi i processi metabolici urbani che influenzano la città stessa e la maniera in cui essa evolve. L'unità minima proposta come sistema di misura è costituita da bio-prototipi in grado di coltivare biomassa ed al tempo stesso assorbire anidride carbonica e diversi agenti inquinanti, agendo anche come sistemi di bio-monitoraggio delle condizioni locali e di raccolta dei dati in tempo reale, anche in relazione all'interazione con gli utenti di passaggio.

Si viene a costruire, così, un *bio-network* che viene assunto come rete di partenza sulla quale intessere relazioni con l'intero sistema costruito ed il substrato naturale. Gli elementi biotici della città smettono di essere un semplice elemento ornamentale, ma diventano "i *core* dell'infrastruttura che definisce la città come nuovo ibrido di naturale e artificiale"[8].

Questi *operational fields* alla base dei *blue-green plans* vengono intesi, dunque, come sostitutivi dei comuni masterplan e, proprio perché si propongono come campi operativi, cercano di partire da una base astratta e algoritmica che, differentemente dai masterplan, non si basa su aspetti geometrici, figurativi o su quantità urbanistiche, piuttosto mira a indicizzare parametri non-omogenei per

7. Dichiarazione raccolta nel corso dell'intervista effettuata dall'autrice a Marco Poletto ed allegata alla presente dissertazione.

8. *Ibidem*

la costruzione di diagrammi che siano, più che descrittivi, stimolatori di operazioni sulla città in termini morfologici, sociali, biologici[9].

Il layer dinamico dato dai network digitali diventa di conseguenza in qualche modo estensione del network biologico e trae proprio ispirazione da esso. Infatti, già di per sé gli elementi naturali sono connessi attraverso una rete biologica e di informazioni operata dal micelio dei funghi, che si struttura un po' come i network informatici. Queste reti sotterranee vengono poi completate anche dalle reti composte dagli altri agenti biotici, quindi dagli organismi viventi come insetti, animali, o dagli agenti atmosferici che nel complesso generano dei canali di comunicazione.

L'ipotesi è che quindi l'architettura potrebbe sfruttare ed espandere questi *bio-network*, divenendone parte integrante anziché soffocarli[10].

Un altro punto importante che concorre alla definizione del modello di *Bio-City* è infatti quello di incorporare le principali innovazioni nel campo della biologia e della biotecnologia all'interno dell'ambiente costruito anche dal punto di vista dei materiali, in modo da aumentare concretamente la produttività del substrato biologico urbano, grazie ad un accoppiamento strutturale. Integrando all'interno delle facciate stesse degli edifici biomateriali o organismi come le microalghe (cfr. 4.2.2), è possibile infatti trasformare gli involucri in elementi viventi e, soprattutto, gli edifici in nuovi nodi all'interno del *bio-network*.

L'approccio suggerito trova appoggio in numerosi altri ricercatori che nel mondo dell'architettura si stanno sempre più spingendo verso la convergenza con il mondo della biologia sintetica e soprattutto quello di *bio-hacking* (cfr. 2.1 e 3), che implica una manipolazione della natura al livello genetico e nanotecnologico.

Un primo esempio che senz'altro possiamo fare è in merito al lavoro che Alberto T. Estévez conduce dai primi anni del 2000 alla UiC di Barcellona sulla possibilità di applicare la bio-informazione in

9. Cfr. Poletto, Marco 2018, *The Urbansphere – Architecture in the age of ubiquitous computing*, tesi di dottorato, RMIT University, pag. 58.

10 *Ibidem*, pag. 88.

architettura attraverso un'ibridazione tra genetica e design.

Nel *Genetic Barcellona Project*, condotto dal 2003 al 2006, viene ad esempio proposta la creazione di piante bioluminescenti geneticamente modificate per l'uso urbano e domestico attraverso l'introduzione all'interno del loro DNA della proteina GFP (che abbiamo già introdotto attraverso gli esperimenti di bioarte di Eduardo Kac, cfr. 3.1.1) o attraverso l'uso di batteri bioluminescenti.

Le applicazioni possibili sono chiaramente pensate in maniera interscalare, dall'integrazione all'interno dell'involucro architettonico, all'arredamento per gli interni attraverso l'uso di bio-lampade, con il vantaggio di utilizzare una proprietà naturale come quella della bioluminescenza per generare luce senza l'uso di elettricità.

▲ Alberto T. Estévez, *Genetic Barcelona Project*, Barcelona: creazione genetica di piante bioluminescenti per uso domestico e urbano, 2003-2006.
Fonte: https://estevez.wordpress.com/2014/01/14/tout-est-architecture/ [ultimo accesso 10.12.2019]

Nel 2005 il gruppo ha ottenuto con successo la piantumazione dei primi sette alberi di limone con foglie bioluminescenti estraendo la proteina fluorescente dalla medusa *Aequorea victoria* e la durabilità di questo esperimento si è rivelata molto promettente: da quanto dichiarato dallo stesso Estévez lo scorso dicembre 2016, nel corso della *International Conference on Sustainable and Intelligent Manufacturing*, dopo dieci anni le foglie presentano la stessa bioluminescenza iniziale e gli alberi continuano a crescere in maniera

naturale[11]. La prospettiva è dunque in netta contrapposizione con il conservazionismo ambientalista, avendo come base di studio l'intervento sulla natura non solo con la finalità di preservarla, ma anche di modificarla e migliorarla.

All'interno del mondo di "*biohackering architettonico*" meritano senz'altro anche una menzione Rachel Armstrong e Mitchell Joachim.

La prima, oltre a schierarsi contro il formalismo biologico in architettura (cfr. 4.2.1), come abbiamo in parte anticipato, impiega proprio la biologia sintetica per direzionare il comportamento auto-organizzativo delle protocellule e quindi si concentra sulla caratterista di queste molecole di rappresentare un emblematico punto di convergenza tra sistemi naturali (in termini di comportamento emergente) e sistemi artificiali (con riferimento alla componente bio-ingegnerizzata)[12].

Mitchell Joachim con il suo studio di architettura – nonché gruppo di ricerca – Terreform ONE (Open Network Ecology) promuove altrettanto l'idea che gli avanzamenti della bio-ingegneria possano fornire soluzioni alle sfide che l'architettura sarà chiamata ad affrontare in futuro, per quanto riguarda soprattutto i temi della sostenibilità energetica e della produzione di cibo.

Come tende a precisare, anche in questo caso non si tratta di bioformalismo, piuttosto dello studio di materiali organici e della loro sequenza biologica per modificarla in modo da utilizzarla per scopi architettonici. Joachim è tra le personalità che aderiscono più esplicitamente al movimento DIY e più volte parla in termini di hackeraggio urbano per descrivere le sue visioni futuristiche ad esempio della città di New York[13]. Introduce, inoltre, il concetto di

11. Cfr. Estévez, Alberto T. e Navarro, Diego 2016, "*Biomanufacturing the Future: Biodigital Architecture & Genetics*" in *Procedia Manufacturing* 2017, vol. 12, *International Conference on Sustainable and Intelligent Manufacturing*, RESIM 2016, 14-17 December 2016, Leiria, Portogallo, pagg. 7-16. doi: 10.1016/j.promfg.2017.08.002

12. Armstrong, Rachel 2014, "*Designing with Protocells: Applications of a Novel Technical Platform*" in *Life*, vol. 4, p. 460. doi:10.3390/life4030457

13. Il concetto viene ben spiegato nell'articolo "*Biohacking The Future Of New York*

Plug-in Ecology con il fine di incentivare la produzione di prototipi che, con un'ottica simile a quella dei bio-prototipi di ecoLogicStudio, sono puntellati nel territorio urbano e domestico in modo da funzionare come sistemi autonomi per la coltivazione di biomassa, arricchendosi nell'ottica DIY anche del principio dell'auto-costruzione e quindi del coinvolgimento diretto del cittadino.

La nozione di città come sistema statico cede quindi il passo ad una nozione di città che, come gli stessi processi naturali, è piuttosto in equilibrio dinamico: le condizioni che si generano progressivamente fungono da input per scatenare reazioni *bottom-up* attraverso le quali la città stessa si auto-organizza, in quanto in grado di costruire un sistema autopoietico ed un rapporto metabolico con l'ambiente (cfr. 1.3 e 4.2.2).

Questi esempi dimostrano come l'articolazione hyper conferita dall'ibridazione di agenti bio-tecnologici consenta la raccolta di dati ed informazioni in tempo reale anche in relazione al metabolismo interno della città, quale frutto della combinazione di *agency* umana, tecnologica e biologica.

Inoltre, l'ipotesi di manipolazione della natura apre a nuove sfide e domande sulla possibilità di creazione di nuove realtà biosintetiche che, trovando degli antesignani nelle sperimentazioni bioartisiche di Kac, Ben-Ary o negli artefatti semi-viventi di Catts e Zurr (cfr. 3), possono assumere funzioni più determinati nell'ambiente costruito ed entrare di fatto nel processo progettuale in maniera significativa e non più solo speculativa.

Ne risulta un nuovo modello ecosistemico di città, dove il network biologico e quello urbano si sostengono vicendevolmente in quanto digitalmente aumentati ma anche biologicamente ingegnerizzati.

City With Terreform ONE" di Stacey Szewczyk con estratti di interviste a Mitchell Joachim; articolo pubblicato online su Tech Times il 29 dicembre 2015 e disponibile all'indirizzo: https://www.techtimes.com/articles/119968/20151229/biohacking-the-future-of-new-york-city-with-terraform-one.htm [ultimo accesso 10.12.2019]

4.2.4

A.I. vs INTELLIGENZA BIO-TECNOLOGICA

Una diretta conseguenza del passaggio dalla *Smart City* alla *Bio-City* è la valorizzazione dell'intelligenza non solo ad un livello digitale ed artificiale, piuttosto la costruzione di presupposti di collaborazione con l'intelligenza biologica, data proprio dall'azione diretta di organismi viventi che diventano co-agenti all'interno del processo progettuale. Abbiamo già affermato, infatti, che vedere la natura non più solo come modello da emulare sia necessario per sfruttare principi di co-costruzione e per assumere l'agente biologico come *co-worker*, come collaboratore che entra nel vivo dei processi architettonici.

Oltre alla programmazione sintetica del comportamento di certi organismi come abbiamo visto nel caso delle protocellule (cfr. 4.2.1 e 4.2.3), o allo sfruttamento delle capacità di microalghe o funghi nell'involucro architettonico (cfr. 4.2.1), molti ricercatori stanno attualmente studiando il comportamento di elementi naturali come le piante o di organismi biologici come i bachi da seta o la *physarum polycephalum*, col fine di sfruttarne il comportamento in accoppiamento a processi digitali o robotici.

Il presupposto è che in questo modo si possa produrre un manufatto finale, alla scala architettonica o urbana, che sia realmente frutto di una co-evoluzione e co-costruzione tra agente umano, non-umano e supporto tecnologico.

Un primo esempio che possiamo citare è senz'altro la ricerca condotta da Flora Robotica, un progetto durato quattro anni nell'ambito dell'EU-Horizon 2020 Future and Emerging Technologies Proactive Action e terminato lo scorso marzo 2019.

Obiettivo è investigare la possibilità di instaurare relazioni simbiotiche tra robot e piante (che ci ricorda sia le sperimentazioni di telepresenza di Kac, che le produzioni di bio-cyborg di Esparza; cfr. 3.1.1 e 3.2.3) per costruire una società che, basandosi su questo accoppiamento, sia in grado di produrre sistemi architettonici viventi[1].

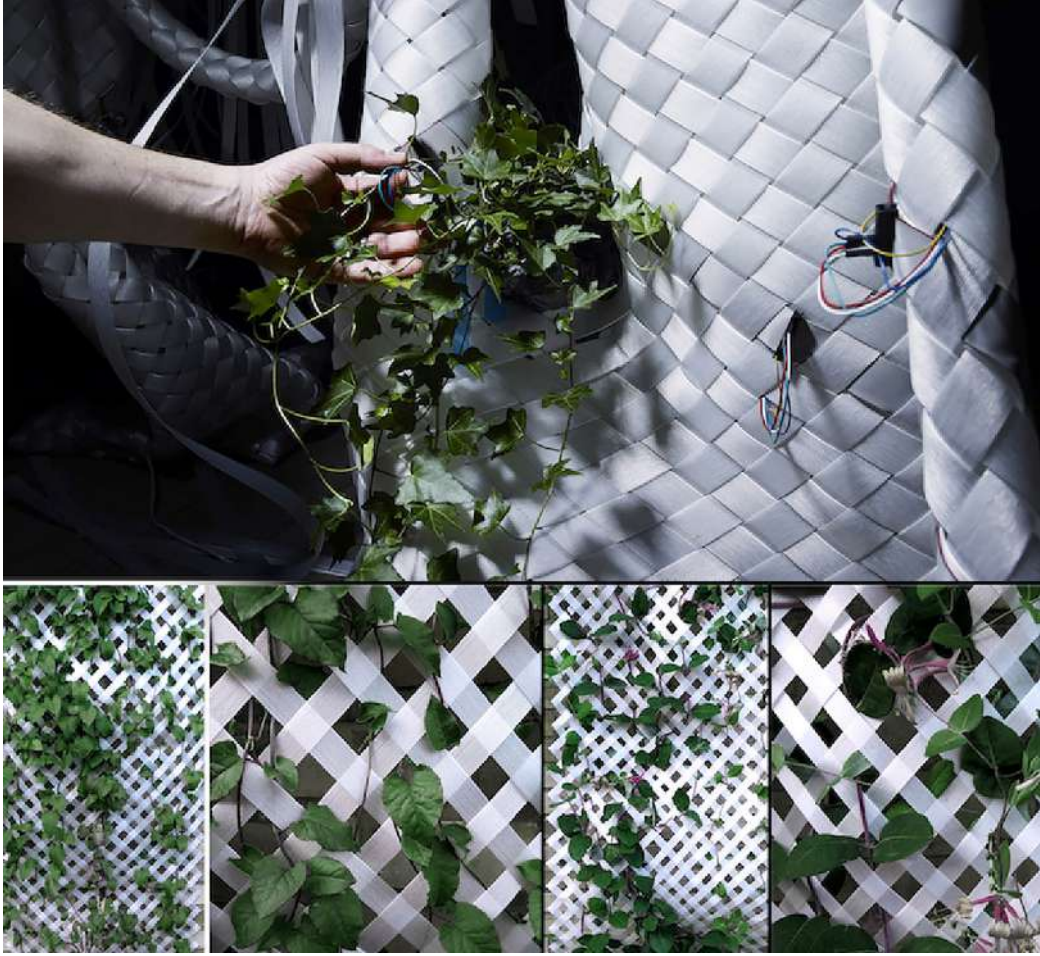
La matrice transdisciplinare su cui si basa il gruppo ha permesso il dialogo tra esperti di computer science, robotica, biologia cellulare e molecolare, zoologia, meccatronica avanzata e sensoristica ambientale, nonché architetti e designer.

Flora Robotica vuole proporre l'implementazione nel campo della progettazione di nuovi metodi che superino le pratiche di costruzione ortodosse e che sviluppino processi di auto-costruzione tramite accumulazione di materia vegetale. Partendo da un range di obiettivi definito dall'utente, la crescita delle piante viene direzionata da robot determinando le aree del sistema in cui vietare o favorire la crescita vegetale, in concomitanza ad esempio con finestre o spazio occupabile. Similmente al sistema di *additive manufacturing* della stampa 3D, secondo l'assunto di Flora Robotica è possibile utilizzare le piante per far crescere strutture viventi che sfruttino un sistema di addizione gestito dalla capacità di adattamento delle stesse piante.

Partendo da una struttura intrecciata che funge da base strutturale per la crescita delle piante, vengono quindi usate emissioni di luce e di ormoni per stimolare, attrarre, o indurre un comportamento repellente nelle piante, sfruttando la loro fitosensibilità.

Dei sensori di prossimità installati nei robot – che costituiscono i nodi della struttura – sono infatti in grado di gestire e rilevare la presenza delle piante e grazie a sensori più sofisticati viene monitorata anche l'elettrofisiologia ed il flusso di linfa.

1. Per consultare il sito web ufficiale del progetto di ricerca è possibile visitare la seguente pagina: https://www.florarobotica.eu/ [ultimo accesso 12.12.2019]



▲ FLORA ROBOTICA, strutture intrecciate che accolgono piante e sensori.
Fonte: HAMANN, HEIKO et al. 2017, *op. cit.*

Ogni piccolo robot è composto da sei LED: avendo verificato che la luce blu funge da elemento attrattore per le piante, la sua emissione da parte dei robot le aiuta a dirigersi in determinate direzioni. Rilevandone successivamente la reazione, i robot inoltre comunicano tra loro e possono quindi incentivare l'attivazione di altri robot posti sulla struttura che a quel punto inizieranno ad emettere luce blu per attirare le piante in un'altra direzione.

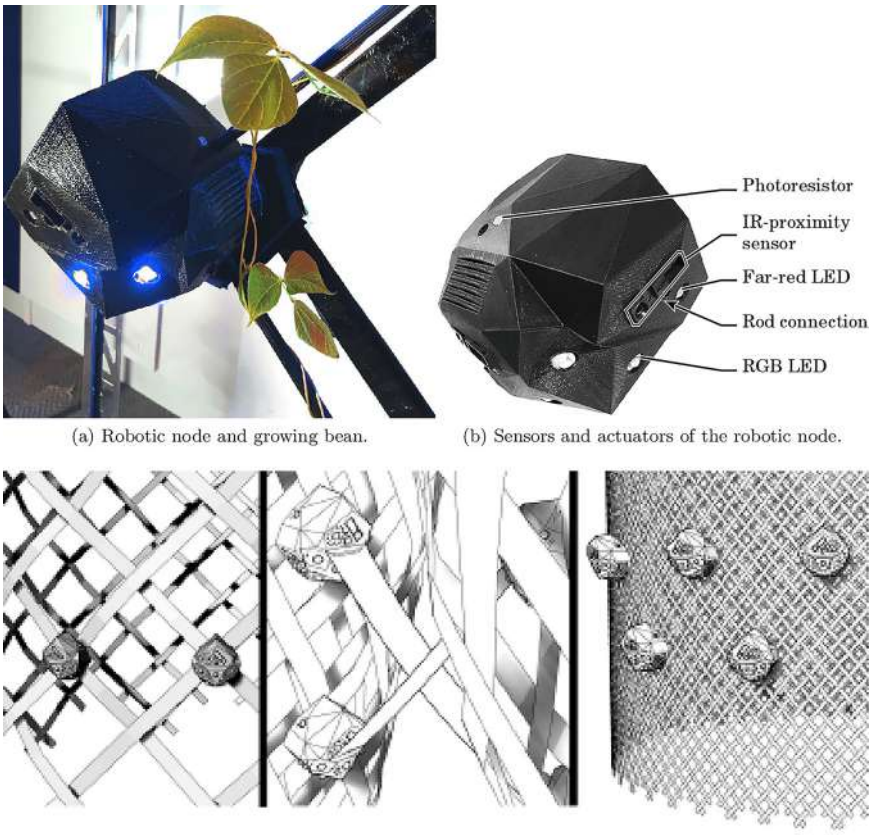
La struttura intrecciata di partenza, nel momento in cui la pianta si è sufficientemente sviluppata, viene tolta in modo da ottenere una conformazione spaziale definita dalla sola componente vivente.

L'architettura viene quindi costruita da un bio-ibrido pianta-robot che utilizza il comportamento adattivo delle piante a determinate condizioni locali, nonché la loro plasticità nello svilupparsi, nel crescere e nell'assumere determinate forme.

In questo modo, si propone una progettazione che non sia interamente pre-determinata, dove il manufatto architettonico non è totalmente disegnato o pre-fabbricato, piuttosto si auto-organizza *in situ*[2].

2. Cfr. Hamann, Heiko et al. 2017, "*Flora robotica – An Architectural System Combining Living Natural Plants and Distributed Robots*", disponibile all'indirizzo: http://www.flora-robotica.eu/wp-content/uploads/2018/10/floraRobotica_arXiv_2017.pdf [ultimo accesso 12.12.2019]

▼ flora robotica, dettaglio del nodo robotico, delle sue componenti e visualizzazione del concept che vede la collaborazione tra struttura intrecciata, piante e robot.
Fonte: Hamann, Heiko et al. 2017, *op. cit.*



(a) Robotic node and growing bean.

(b) Sensors and actuators of the robotic node.

(c) Concepts of robotic nodes in braided structures.

Le piante ed i robot lavorano in simbiosi per creare uno spazio destinato alle attività umane che sia il risultato della collaborazione tra intelligenza artificiale e biologica, appoggiandosi sui più recenti studi sulla neurobiologia vegetale che testimoniano che le piante sono dotate di sensi e sono in grado di memorizzare e comunicare tra loro, mostrando a tutti gli effetti una certa intelligenza che è anche alla base della loro grande resilienza nei confronti degli agenti esterni[3].

L'impiego di organismi viventi per la costruzione di strutture spaziali è anche alla base del *Silk Pavilion*, progettato nel 2013 da Neri Oxman al MIT.

Anche in questo caso si parte da un parallelismo col sistema di addizione di materia della stampa 3D, che rende possibile la stratificazione di materiale senza, tuttavia, raggiungere la complessità con cui questo processo viene attivato in natura.

Il baco da seta viene preso come caso studio di organismo biologico in grado di produrre una struttura stratificata molto sofisticata, all'interno della quale compiere la sua metamorfosi ed alla quale viene riconosciuto un grado di complessità fino a questo momento non possibile da raggiungere con la produzione additiva.
Uno degli aspetti più incredibili di questo processo è, inoltre, il fatto che venga portato avanti dal baco combinando due proteine in diverse concentrazioni, in modo che possano assurgere l'una da struttura portante e l'altra da collante che tiene unite le fibre.

Come spiega Oxman durante una sua TED talk[4], per comprendere meglio questo comportamento, sono stati necessari alcuni esperimenti in cui ad un baco da seta veniva attaccato

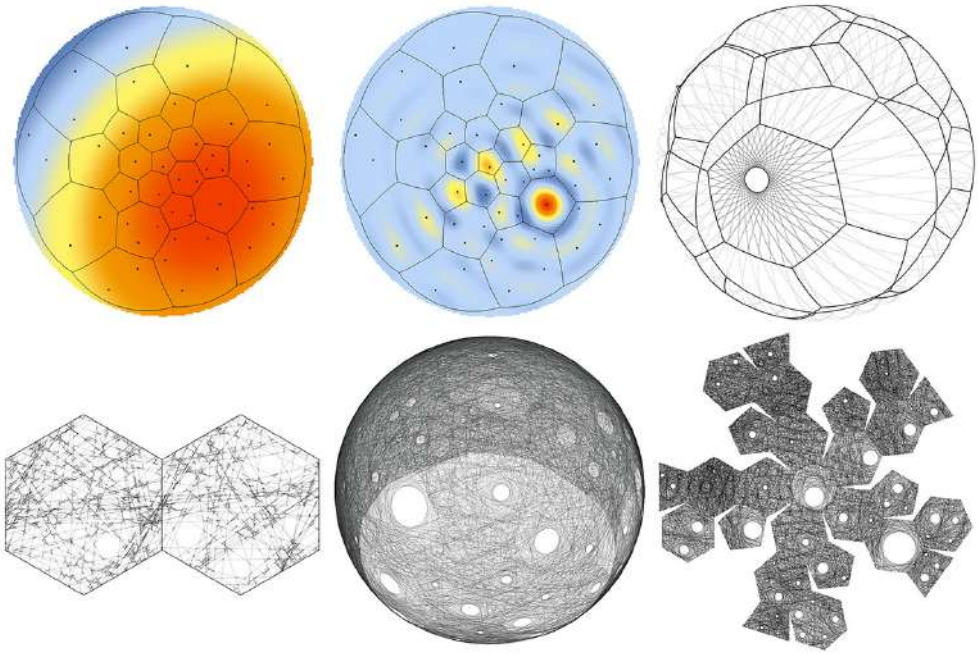
---

3. Uno dei massimi studiosi del tema è il neurobiologo italiano Stefano Mancuso, che ritiene che le piante siano organismi intelligenti dotati della capacità di acquisire, immagazzinare, condividere, elaborare e utilizzare informazioni raccolte dall'ambiente circostante. Cfr. Mancuso, Stefano e Viola, Alessandra 2015, *Verde brillante. Sensibilità e intelligenza del mondo vegetale*, Firenza: Giunti Editore.

4. È possibile guardare il TED talk tenuto da Neri Oxman nel 2015 dal titolo "*Design at the intersection of technology and biology*" al seguente indirizzo: https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology/discussion [ultimo accesso 13.12.2019]

un piccolo magnete, per poi collocarlo in una scatola con dei sensori magnetici che creassero un cloud tridimensionale e che consentissero di visualizzare come veniva generata la struttura del bozzolo. Collocando il baco su una struttura piana, si rilevò che il baco produceva un bozzolo piatto e questo aprì ad ulteriori sperimentazioni volti alla creazione di diversi ambienti e strutture, per giungere alla scoperta che la forma, la composizione e la struttura finale del bozzolo venivano influenzate direttamente dalla geometria dell'ambiente circostante.

A questo punto, si è passati alla scala architettonica utilizzando un robot per realizzare la struttura di base sulla quale posizionare i bachi che avrebbero intessuto la struttura di seta. Il dato che i bachi siano attratti dalle zone più scure e fredde ha portato alla produzione di diagrammi di studio della luce e del calore sulla struttura, in modo da creare aperture e distribuire i bachi.



▲ NERI OXMAN, modelli di studio delle condizioni di luce e termiche con proiezione dei percorsi dei bachi da seta sulla struttura approssimativamente sferica che compone il *Silk Pavilion*. I modelli sono stati sviluppati in base al contesto ambientale e, pertanto, le facce poligonali della struttura rispettano il modello climatico alla base.

Fonte: https://www.behance.net/gallery/65096955/Silk-Pavilion [ultimo accesso 13.12. 2019]

I bachi sulla struttura si comportano come una vera e propria stampante biologica in grado di gestire una trama complessa al livello spaziale, reagendo agli stimoli esterni indotti dai progettisti, che gestiscono la variazione di luce e fonte di calore per attrarli o respingerli.

▲ NERI OXMAN, *Silk Pavilion*, 2013, Dettagli della struttura finale.
Fonte: https://www.behance.net/gallery/65096955/Silk-Pavilion [ultimo accesso 13.12. 2019]

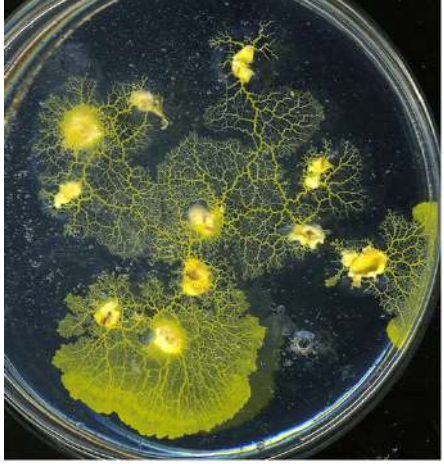
Il *Silk Pavilion* esplora quindi la dualità tra strutture fabbricate digitalmente e biologicamente, proponendo un approccio alla fabbricazione a base di fibre in cui lo strumento digitale è implementato dal sistema biologico: mentre il primo fornisce i percorsi portanti della struttura, l'altro segue queste traiettorie e produce una vera e propria pelle biologica che incorpora qualità di resistenza che ad una scala comparabile non sono ancora state raggiunte utilizzando le odierne tecniche di fabbricazione digitale[5]. Si pone, inoltre, come un uso più ecologicamente rispettoso dei bachi stessi, che generalmente nell'industria tessile vengono bolliti in modo da ucciderli ed utilizzare il bozzolo da cui ricavare il filo di seta.

Nel caso del padiglione di Neri Oxman, i bachi sono invece lasciati liberi di filare e liberi di procedere successivamente con la loro naturale metamorfosi.

Un campo di sperimentazione che vede sempre più interesse nell'ambito della progettazione urbana riguarda il coinvolgimento di un altro soggetto biologico come la muffa *physarum polycephalum*, detta anche *slime mould*, per capire come impiegare la sua intelligenza biologica.

Questa, nonostante la semplicità della sua struttura organica (è infatti un protista unicellulare), ha mostrato una sorprendente capacità di auto-organizzazione e memoria spaziale senza possedere un sistema nervoso centrale. È infatti definita come bio-computer con un grado di intelligenza inscritto all'interno dei suoi meccanismi fisici e si ipotizza il suo utilizzo come strumento bio-architettonico cibernetico per l'ottimizzazione della progettazione urbana.

5. Cfr. Oxman, Neri et al. 2014, "*Silk Pavilion: A Case Study in Fiber-based Digital Fabrication*" in Gramazio, Fabio, Kohler, Matthias e Silke Lan enber (a cura di) *FABRICATE Conference Proceedings*, Zurigo: gta Verla, pagg. 248-255.



Campione di plasmodio di *physarum policephalum* mentre colonizza fiocchi d'avena su un gel di agar.

Fonte: Adamatzky, Andrew, Armstrong Rachel et al. 2013, "On Creativity of Slime Mould" in International Journal of General Systems num. 42, vol. 5, doi: 10.1080/03081079.2013.776206

Un primo importante esperimento è stato quello condotto dai biologici dell'università Hokkaido di Sapporo e guidati dal biofisico Toshiyuki Nakagaki. Tali esperimenti avevano come scopo lo studio dell'apprendimento della muffa policefala per testarne le capacità di *problem solving* al livello spaziale. È stato quindi costruito un piccolo labirinto all'interno del quale sono stati disposti fiocchi d'avena che fungevano da elemento attrattore, costituendo una fonte di cibo per la muffa. Attraverso movimenti di contrazione ed espansione, è stato rilevato che, a partire dal nucleo centrale, la muffa sviluppava secrezioni venose che si propagavano in direzione del cibo, risolvendo il labirinto attraverso un'ottimizzazione del percorso[6].

6. Cfr. Nakagaki, Toshiyuki et al. 2000, "*Intelligence: Maze-solving by an amoeboid organism*" in *Nature*, vol. 407. doi:10.1038/35035159. [ultimo accesso 13.12.2019]

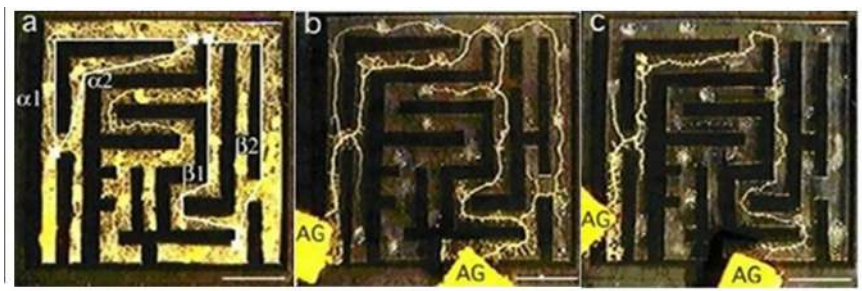


Foto dell'esperimento di Nakagaki dove è possibile vedere la muffa policefala trovare il percorso più breve per arrivare al cibo e risolvere il labirinto.
Fonte: Nakagaki, Toshiyuki et al. 2000, *op. cit.*

Successivamente, sempre sotto la guida di Nakagaki, il team di ricercatori ha condotto un esperimento volto invece a comprendere la capacità di apprendimento e memorizzazione rispetto alla variazione di temperatura. Durante la fase di crescita della *physarum polycephalum*, i ricercatori infatti diminuivano la temperatura ambientale rilevando una diminuzione della velocità di spostamento delle vene protoplasmatiche.

Nel momento in cui la temperatura veniva rialzata, si è osservato che per un certo arco di tempo la muffa continuava a presentare un rallentamento della velocità di propagazione come forma di memoria dell'abbassamento della temperatura. A seguito di un periodo a temperatura costante, la velocità veniva ripristinata, verificando di fatto come la *physarum* presentasse anche doti di sensibilità e memorizzazione delle condizioni ambientali, nei confronti delle quali era in grado di sviluppare comportamenti di adattamento[7].

Un primo sforzo di sintesi dei pattern comportamentali della muffa policefala è stato fatto dal team guidato da Andrew Adamatzky dell'Università del West England a Bristol, che nel 2009 ha condotto una serie di esperimenti volti alla dimostrazione di come le vene protoplasmatiche, sottoposte a fonti luminose, di cibo ed a condizioni ambientali diverse, reagissero sempre allo stesso modo a stimoli di stessa natura ed intensità. Questa è un'ulteriore prova della memoria della muffa e si presenta come caratteristica che si può riprodurre al livello computazionale per la progettazione di strutture spaziali basate su questo comportamento biologico emergente[8].

Questa capacità ha trovato impiego in alcuni studi effettuati a livello urbano, come ad esempio quello di un gruppo di ricercatori giapponesi che nel 2010 hanno comparato la capacità di sviluppo di percorsi ottimizzati della muffa policefala all'effettiva composizione della rete infrastrutturale urbana per verificarne l'efficienza.

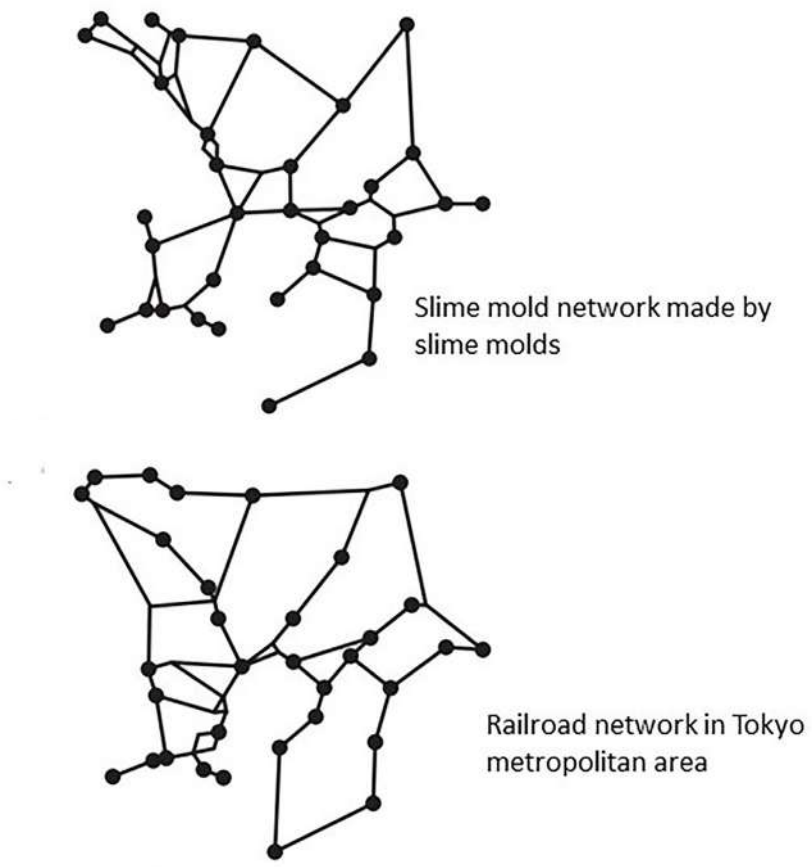
7. Cfr. Nakagaki, Toshiyuki et al. 2008, "*Amoebae Anticipate Periodic Event*" in *Physical Review Letters*, vol. 100, disponibile all'indirizzo: https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/33004/1/PhysRevLett_100_018101.pdf [ultimo accesso 13.12.2019]

8. Cfr. Adamatzky, Andrew 2008, "*Steering plasmodium with light: Dynamical programming of Physarum machine*" in *New Mathematics and Natural Computation Journal*, disponibile all'indirizzo: https://arxiv.org/pdf/0908.0850v1.pdf [ultimo accesso 13.12.2019]

Disponendo su una cartina geografica che rappresentava la metropolitana di Tokyo la *slime mould* e alcune fonti di cibo in corrispondenza dei principali nodi di scambio, è stato osservato come il percorso sviluppato dalla muffa corrispondesse con una buona approssimazione alla disposizione della rete infrastrutturale metropolitana, verificandone quindi l'ottimizzazione[9].

9. Cfr. Tero, Atsushi et al. 2010, "*Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design*" in Science n. 327, pagg. 439-442. doi: 10.1126/science.1177894

▼ Diagrammi di comparazione tra il percorso della rete metropolitana di Tokyo e il percorso ottimizzato compiuto dalla *slime mould*.
Fonte: Tero, Atsushi et al. 2010, *op. cit.*



Chiaramente questo apre a numerosi quesiti, primo tra tutti quello legato alla possibilità di impiegare concretamente questo organismo unicellulare ed il suo processo bio-computazionale per la progettazione urbana.

La ricerca di Marco Poletto e Claudia Pasquero di ecoLogicStudio punta proprio a questo scopo, ossia alla formazione di un modello di sviluppo basato sui principi di auto-organizzazione biologica. Come specifica Poletto:

> *Non c'è nessuno sistema 0-1 nel meccanismo computazionale della slime mould, perché questo si basa su gradienti bio-chimici, su reazioni e su ciò che Andrew Adamatzky ha chiamato "unconventional computing". […] La computazione non convenzionale è molto interessante ed entusiasmante, perché si basa tutta sul guardare alle macchine computazionali che funzionano al di fuori del campo digitale della logica binaria 0-1. Questo campo è molto tecnico, specifico e scientifico, ma credo che sia fondamentale da conoscere per cambiare prospettiva su come comprendiamo ancora una volta natura e computazione. […] il nostro scopo è quello di lavorare alla scala in cui questi sistemi naturali realmente lavorano [...] per osservare queste forme di intelligenza e le proprietà di questi sistemi e capire come possano avere ripercussioni alla scala dell'architettura e nelle città.*[10]

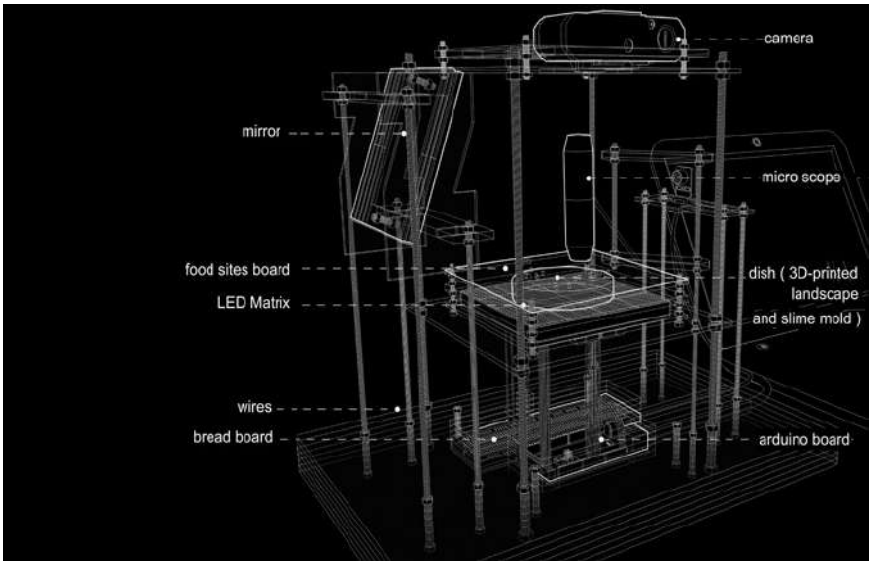
Nel progetto di ricerca "*Cities as biological computers*"[11], viene infatti integrata la presenza della *slime mould* con gli strumenti di computazione digitale per generare quella che viene chiamata la *Physarum Machine*: un apparato biodigitale, sviluppato nell'ambito dello Urban Morphogenesis Lab alla UCL Bartlett di Londra, in grado di risolvere problemi legati alla morfogenesi urbana.

10. Citazione estratta dall'intervista effettuata dall'autrice a Marco Poletto ed allegata alla presente dissertazione.

11. Cfr. Pasquero, Claudia e Poletto, Marco 2016, "*Cities as biological computers*" in *Special Edition of Cambridge University Press: ARQ on Architecture and Synthetic Biology,* vol. 20, issue 1, Cambridge: Cambridge University Press, pagg. 10-19. doi: 10.1017/S135913551600018X [ultimo accesso 13.12.2019]

L'apparato è caratterizzato dalla combinazione di un substrato digitale in comunicazione con il computer biologico rappresentato dalla *physarum polycephalum*, per ottenere un artefatto bio-tecnologico che in qualche modo rappresenti l'ibridazione tra tecnosfera (o urbansfera, come definita dagli architetti; cfr. 4.2.3) e biosfera, che sono interconnessi in modo da registrare il comportamento della *slime mold* sul territorio oggetto di studio.

Le informazioni topografiche e morfologiche del territorio scelto sono, infatti, trasformate in substrato stampato in 3D per costruire la base di sviluppo della muffa e viene registrato il percorso spaziale emergente in base agli stimoli dati dal gradiente di luce prodotto dalla matrice di LED che la *slime mould* tende ad evitare, oltre che alle componenti nutritive che vengono somministrate a sostegno del metabolismo della stessa muffa. Si osserva, quindi, come la morfologia della muffa si modifica in maniera intelligente rispetto alle condizioni spaziali ed ambientali ed inoltre viene sviluppato un algoritmo che è in grado di riconoscere e simulare il comportamento della muffa, per averne una traduzione digitale.



▲ Schema delle principali componenti della *Physarum Machine*.
Fonte: http://www.ecologicstudio.com/v2/lab/project.php?idcat=53&idsubcat=71&idproj=144 [ultimo acc esso 13.12.2019]

▲ Foto della *Physarum Machine* collegata al computer dove sono mostrate alcune immagini in tempo reale del comportamento della *slime mould*.
Fonte: http://www.ecologicstudio.com/v2/lab/project.php?idcat=53&idsubcat=71&idproj=144 [ultimo accesso 13.12.2019]

Un ultimo esempio – più speculativo probabilmente – che vale la pena citare è quello di François Roche sulla persecuzione di una "architettura degli umori", che prenda ispirazione da input bio-fisiologici derivati direttamente dall'utente. In questo caso quindi non viene utilizzato un agente biologico non-umano come co-agente, ma l'esperimento si basa sulla potenzialità di leggere i comportamenti fisiologici e chimici del corpo umano per tradurli al livello architettonico, grazie ad un'implementazione bio-tecnologica.

Ne deriva un'architettura che prende forma adattandosi alle trasformazioni emotive, secondo un principio di simpatia o di empatia/antipatia rispetto alla situazione o nei confronti dell'ambiente circostante. La logica costruttiva è conseguenza della patologia, della fragilità della psiche dell'uomo stesso e, di conseguenza, si contrappone alla logica riduzionista di algoritmi computazionali che guidano la forma architettonica attraverso il puro calcolo matematico.

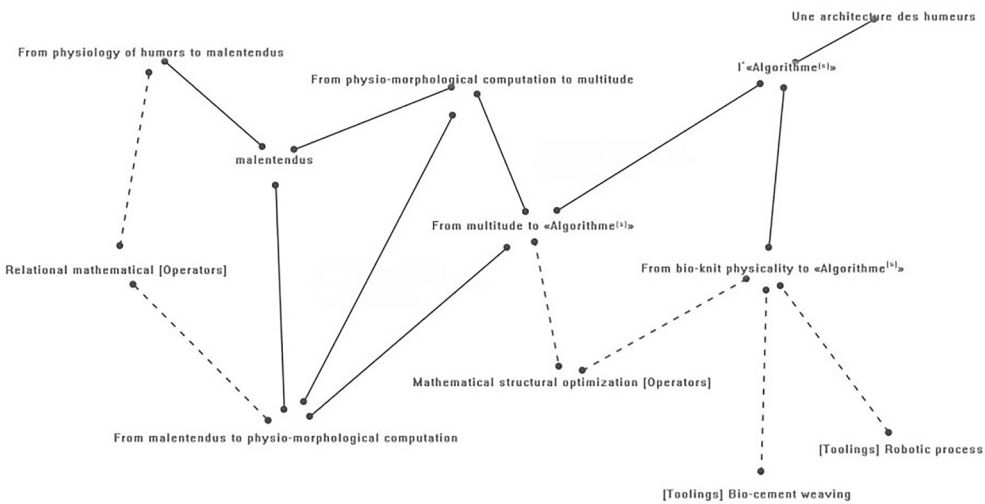
Viene, infatti, proposto un algoritmo che, oltre alla componente matematica, per l'ottimizzazione della forma tiene in conto della

raccolta di dati che riguardano la chimica del corpo: il processo è condotto proprio in funzione delle emissioni neurobiologiche dell'utente/destinatario finale dell'architettura stessa.

Sostanzialmente, facendo appello ai meccanismi più intimi dell'utente, si promuove l'emergere di un'architettura che sia "emissione del desiderio" e che produca morfologie abitabili e variabili, che mettono in discussione il meccanismo determinista delle tipologie abitative tradizionali.

Ciò viene tradotto architettonicamente attraverso l'impiego di un robot che produce secrezioni usando un materiale ibrido composto da bio-plastiche e bio-cemento e che è in grado quindi di generare geometrie complesse, derivate dall'analisi dell'algoritmo bio-fisiologico sintetizzato a partire dall'utente[12].

12. È possibile leggere più approfonditamente in merito alla architecture "*des humeurs*" sul sito ufficiale di François Roche/new-territories: http://www.new-territories.com/blog/architecturedeshumeurs/?p=14 [ultimo accesso 13.12.2019]



▲ Schematizzazione del funzionamento dell'algoritmo che bio-fisiologico.

Nelle pagine successive, ulteriori schematizzazioni del processo. Nella pubblicazione originale le due immagini sono contigue.
Fonte: http://www.new-territories.com/blog/architecturedeshumeurs/?p=61[ultimo accesso 13.12.2019]

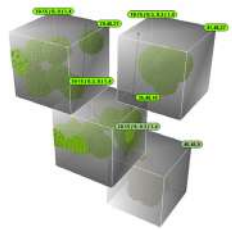
From “multitudes” to the structure “*algorithms*”

From “malentendus” to physio morphology

Physiology of “humeurs”

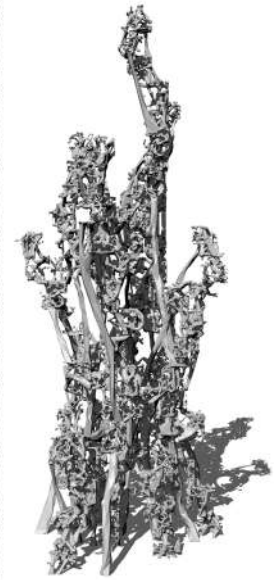
Malentendus

Physio morphologies

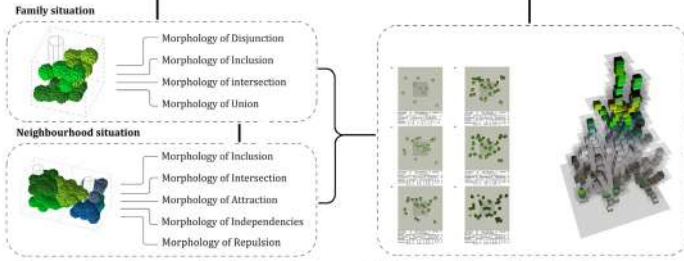


“multitudes”

Structural optimization



From “humeur” physiology to “malentendus”



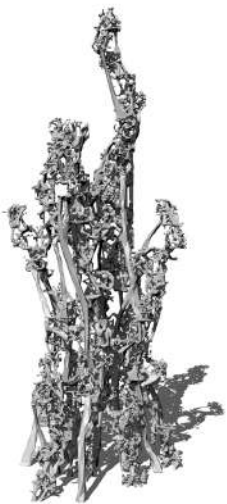
From physiomorphological computation to “multitudes”

Mathematical operators for structural optimization

e **structure "*algorithms*"**

From physio-morphologic computation to "*algorithms*"

Structural optimization

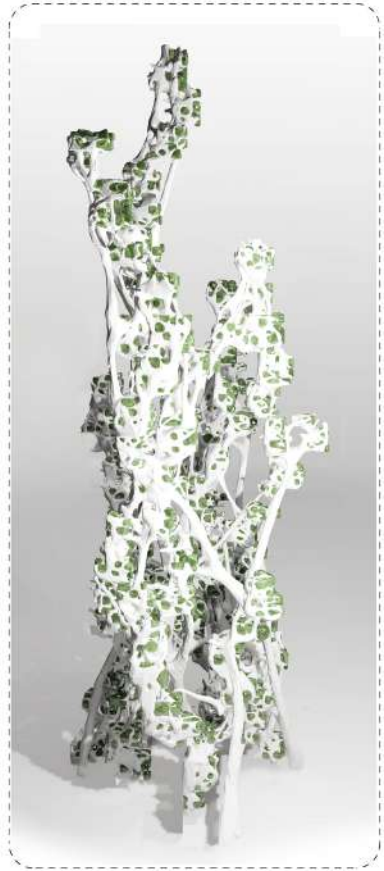


Mathematical operators for structural optimization

Bio Knitting physicality

Bio Weaving Cement

Robotic process



"Bio algorithm"

4.2.5

FUNZIONALE vs VIVENTE

In maniera un po' provocatoria, l'ultimo binomio proposto è quello che cerca di mettere in luce la contrapposizione tra l'approccio funzionalista alla pratica architettonica, che molto deve alla lezione del movimento moderno, e l'approccio biotecnologico, legato invece al paradigma del vivente come futuro possibile di sperimentazioni progettuali che mirano ad un'iper-connettività tra mondo naturale e mondo artificiale.

Al di là della tendenza biocentrica di alcuni esponenti del Bauhaus che abbiamo messo in luce (cfr. 4.2.1), che mostravano già una certa sensibilità ecologica al tema del progetto, una figura sicuramente centrale ed emblematica all'interno del movimento è quella di Le Corbusier. Nella sua prima fase di ricerca architettonica (antecedente alle ultime tendenze biomorfe che rappresentarono un punto di rottura molto forte) c'è un chiaro intento di razionalizzazione e semplificazione della tipologia abitativa.

Il principio è diverso dall'approccio neoplastico di un altro grande maestro del Movimento Moderno, Mies van der Rohe, che utilizzava i setti in serie per rompere l'idea di stanza e di involucro architettonico, prolungandoli verso l'esterno dell'edificio con fini plastici. Le Corbusier, infatti, mostrò un'aderenza molto significativa al paradigma industriale. Rappresentativo è il paragone metaforico della casa ad una "macchina per l'abitare"[1], nonché l'adesione agli aspetti più seriali, propri del mondo meccanico, come l'uso di una forte modularità come principio compositivo dell'edificio. Tale modularità consentiva flessibilità nelle combinazioni di multipli e sottomultipli

1. Cfr. Le Corbusier 2003 (1923), *Verso un'architettura*, Milano: Longanesi.

del modulo principale, ma allo stesso tempo rendeva l'architettura subordinata a certe proporzioni ed a certi schemi.

L'intento era, infatti, esclusivamente funzionale, piuttosto che plastico o tanto meno formale: "la forma segue la funzione" (Soullivan, 1896), per cui era quest'ultima ad aver il predominio sugli altri aspetti e veniva identificata come vero canone estetico per l'architettura.
Ne risultavano di conseguenza i celebri cinque punti dell'architettura moderna[2]:

- i *pilotis* (pilastri), che consentono di sollevare dal terreno l'edificio mediante colonne in calcestruzzo armato, che ottimizzano anche l'isolamento rispetto al terreno stesso ed all'umidità e che dal punto di vista compositivo conferiscono leggerezza al corpo architettonico che giace sospeso su un vassoio
- il *toit terrasse* (tetto giardino), per risarcire l'uomo della componente naturale, che in questo modo non circonda soltanto l'edificio all'esterno ma diventa elemento integrante della composizione architettonica
- il *plan libre* (pianta libera), che sfrutta il sistema costruttivo basato su pilotis in cemento armato per eliminare i muri portanti a favore di uno scheletro portante che rende più flessibile la configurazione planimetrica e la divisione intera dell'abitazione
- la *façade libre* (facciata libera), che proprio perché non svolge ruolo strutturale può essere liberamente trattata come membrana che talvolta può chiudersi verso l'esterno con tamponature opache, talvolta può aprirsi al contesto circostante con infissi trasparenti
- la *fenêtre en longueur* (finestra a nastro), una conseguenza del punto precedente e del sistema puntiforme in cemento armato, che consente di avere finestre che taglino nella sua orizzontalità la superficie dell'edificio.

La spinta principale che condusse a queste innovazioni tipologiche era legata alla proposta di un modello nuovo di architettura

2. Ibidem

e di città, un modello che in particolare fosse in grado di fornire delle risposte adeguate rispetto a caratteri di ordine sociale e igienico-sanitario.

Tuttavia, l'approccio funzionalista provocò uno scollamento dell'architettura rispetto al contesto ed un'enfatizzazione di volumetrie poggiate su un "vassoio", nei confronti del quale vi era indifferenza[3]. È chiaro che questa soluzione si ponga agli antipodi rispetto alla presente dissertazione, che punta invece ad un'integrazione e un radicamento tra contesto e architettura decisamente più radicali.

Lo scopo è infatti comprendere anche come gli aspetti biologici possano completare la definizione di "contesto", che per ora all'interno della progettazione è stato inteso prevalentemente in senso sociale, orografico, storico o come campo di forze che metaforicamente emergono per informare l'architettura[4].

Steve Pike, ad esempio, promuove un'architettura in cui il contesto è definito anche dalla preesistenza biologica, ammettendo la possibilità che l'architettura stessa possa interfacciarsi con l'ambiente vivente, incorporandolo. Insieme al microbiologo Conrad Mullineaux, Pike indaga le potenzialità dell'architettura microbiologica responsiva, per ribaltare la concezione comune dell'aria come di qualcosa di sterile e come spazio vuoto ed approdare ad una nuova visione di atmosfera colonizzata da organismi invisibili, che potrebbero avere delle implicazioni innovative anche nel campo della progettazione[5].

Nel caso di *Algaetecture* del 2011 ed in *Contaminant* del 2013, ad esempio, viene creato un piccolo ambiente in laboratorio con cianobatteri e funghi e vengono studiati i processi micro-organici e microbiologici con la prospettiva che si possano incorporare

3. Saggio, Antonino 2010, *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*, Roma: Carocci, pagg. 90-92.

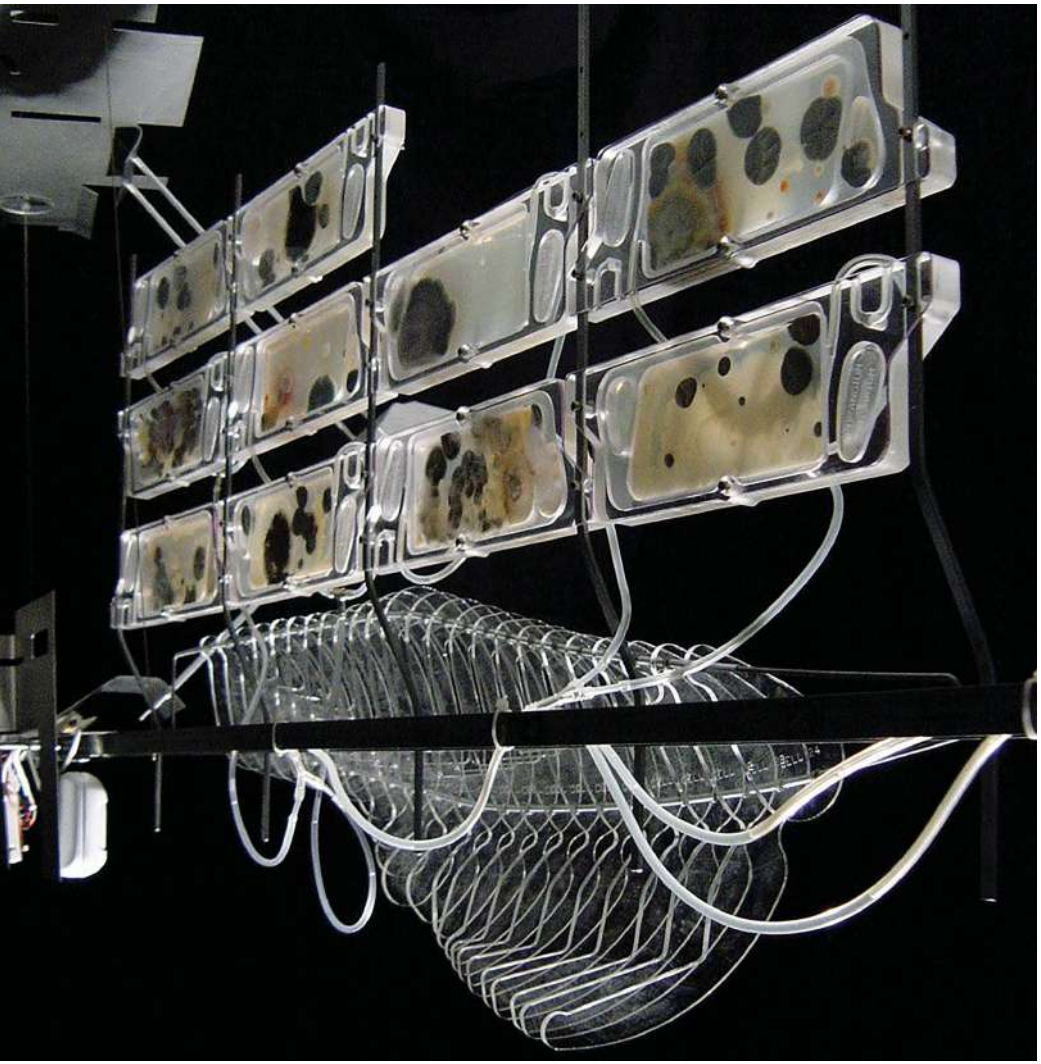
4. Cfr. Saggio, Antonino, lezione sul "contesto" tenuta presso il Laboratorio di Progettazione Architettonica e Urbana al quarto anno della Facoltà di Architettura "Sapienza" di Roma, disponibile all'indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/Didattica/Lab/Lab19/lez/6Tessiture.htm [ultimo accesso 15.12.2019]

5. Cfr. Pike, Steve 2008, "*Manipulation and Control of Micro-Organic Matter in Architecture*" in Cruz, Marcos e Pike, Steve (a cura di), *AD: Neoplasmatic Design*, vol. 78, n. 6, Londra: Wiley Academy, pagg. 16-23.

questi organismi in ambienti parzialmente progettati e parzialmente lasciati all'autorganizzazione degli stessi sistemi, per ottenere un miglioramento della salubrità ambientale grazie all'attività di captazione e assorbimento di sostanze inquinanti[6].

6. Cfr. Pike, Steve 2008, "*Algaetecture and Nonsterile*" in ibidem, pagg. 72-77.

▼ Steve Pike, *Contaminant*, 2013
Fonte: http://syndebio.com/contaminant/ [ultimo accesso 13.12.2019]



L'idea di Le Corbusier di architettura come macchina cede, dunque, il passo ad un'idea di architettura che, accogliendo anche organismi viventi, non si comporta più come macchina ma come essere biologico in grado di innescare processi reattivi e metabolici rispetto al contesto.

In tal senso, come specificato già in precedenza, i materiali edilizi non sono più inerti o resi dinamici meccanicamente ed informaticamente; piuttosto, la loro composizione data dalla commistione di diversi media (da quelli digitali a quelli tecnologici a quelli biologici) genera delle connessioni reali e non puramente simboliche con l'ambiente e la natura, con l'obiettivo di incorporare la bio-logica al livello costruttivo. Il tema centrale dell'architettura contemporanea non è più solo volto ad una ricerca linguistica, piuttosto guarda all'aspetto biologico del reale[7].

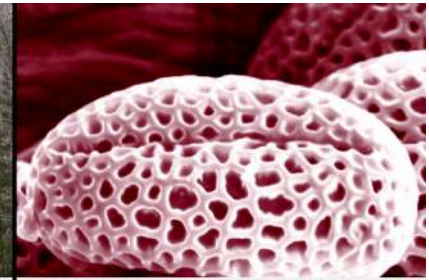
Possiamo a questo punto rivedere i cinque punti dell'architettura moderna cercando di decostruirli in funzione dell'architettura eco-simbiotica o *Hyper Natura*. Chiaramente in questo caso non sarà necessario un elenco puntuale: si cercherà di mettere in luce processi o approcci alla progettazione, piuttosto che prescrizioni.

Nel paradigma "bio-informato", innanzitutto, l'architettura risponde in maniera simbiotica rispetto alle condizioni esterne, per cui non è possibile sintetizzare principi di base ferrei.

La continua interazione tra bioma esterno ed interno all'edificio diventa la base sulla quale viene costruito un macro-bioma al livello urbano, capace di condensare e sostenere un network di relazioni a tutte le scale e tra le varie specie biotiche ed abiotiche. Inoltre, differentemente dal cemento armato, che comunicava un'idea di rigidità legata alle sue potenzialità strutturali, la materia dell'architettura eco-simbiotica diventa un layer dinamico in co-evoluzione con l'ambiente, che abbandona la rigidità per sviluppare proprietà emergenti, di crescita ed auto-organizzazione.

A questo proposito, è interessante il diagramma proposto da Alberto T. Estévez in cui viene fatto un paragone tra architettura

7. Cfr. intervista condotta dall'autrice a Cesare Griffa ed allegata alla presente dissertazione.

			
	The classical past	**The modern present**	**The biodigital future**
chronology	...until the 19th century	20th century (to current times)	21st century onwards
formal system	vertical	horizontal	organic (continuous)
structural system	compression	traction	living (natural and/or digital) compression + traction
material system	stone, brick, timber	concrete, steel, plastic	natural DNA (plant, flesh and bone) and/or digital software
production system or process	manual production of individual parts, all different	automated mass production of identical parts	natural growth and/or robotized production of different parts

classica, moderna e le prospettive future che potrebbero essere raggiunte con la convergenza bio-digitale: il sistema formale passa dall'avere una predominanza verticale, data dallo svettare dei templi greci eretti sulle colonne, allo svilupparsi soprattutto in orizzontale con il modernismo, per poi farsi sistema continuo di tipo organico.

La continuità del sistema organico implica quindi che non sia possibile operarne una scomposizione in elementi architettonici elementari ed isolati, che vengono ripetuti in serie o combinati tra loro come nel caso dei cinque punti dell'architettura moderna.

Lo scarto che si vuole perseguire rispetto ai grandi maestri del movimento moderno viene iconicamente rappresentato attraverso il padiglione/manifesto *Genetic Barcelona Pavilion: Ceci n'est pas un pavillon*, che nel 2007 vuole provocatoriamente proporre una nuova versione del celebre padiglione di Barcellona di Mies van der Rohe: in questo caso il padiglione è però pensato come reificazione della ricerca sul controllo genetico della crescita dei tessuti cellulari, per ipotizzare una loro futura applicazione come materiali da costruzione.

▲ ALBERTO T. ESTÉVEZ, *Genetic Barcelona Pavilion: Ceci n'est pas un pavillon* (*Genetic Manifesto*), 2007
Fonte: http://geneticarchitectures.weebly.com/research_group.html [ultimo accesso 13.12.2019]

◀ ALBERTO T. ESTÉVEZ, Diagrammi delle tre ere principali dell'architettura, 2005
Fonte: http://albertotestevez.blogspot.com/2014/01/genetics-and-cybernetics-in-architecture.html [ultimo accesso 13.12.2019]

Un ulteriore importante elemento di divergenza rispetto al funzionalismo modernista è la rottura del tabù dell'architettura sanitizzata, a favore di un'apertura nei confronti della possibilità di impiegare organismi generalmente considerati come dannosi o infestanti (come i batteri o i funghi) per ipotizzare un loro coinvolgimento vantaggioso all'interno del processo costruttivo.

Come sostiene infatti Poletto in merito alla ricerca portata avanti con ecoLogicStudio:

> *Ci stiamo davvero spingendo nella direzione in cui i requisiti di programma per come li conosciamo necessitano di essere riscritti, perché si tratta di creare una nuova struttura in cui nuove pratiche emergono grazie a queste nuove possibilità offerte dai microrganismi. Molte persone pensano a questi organismi più come ad un problema, piuttosto che ad un'opportunità, e noi vogliamo proprio dimostrare che l'architettura potrebbe essere un veicolo culturale per supportare questo genere di sperimentazioni.*[8]

Un esempio è il bio-cemento brevettato nel 2016 in Olanda dal gruppo guidato da Henk Jonkers della Technology University di Delft. Grazie all'intervento della microbiologia è possibile infatti contrastare la fragilità del materiale, incorporando nella miscela batteri bacillus, che si riproducono in ambienti alcalini conferendo capacità di autoriparazione al cemento stesso[9].

Soprattutto, nell'architettura eco-simbiotica si abbandona l'adesione ad un canone estetico legato al purismo volumetrico, per ammettere anche le nozioni di sporco, di impuro, dove la trasparenza delle finestre a nastro lascia il posto ad uno stadio più viscoso, in quanto legato proprio alla presenza della materia vivente ed ai suoi cicli di nascita e di morte.

8. Cfr. intervista condotta dall'autrice a Marco Poletto allegata alla presente dissertazione.

9. È possibile approfondire la ricerca sul sito ufficiale della TU Delft a questo indirizzo: tudelft.nl/en/ceg/research/stories-of-science/self-healing-of-concrete-by-bacterial-mineral-precipitation/ [ultimo accesso 15.12.2019]

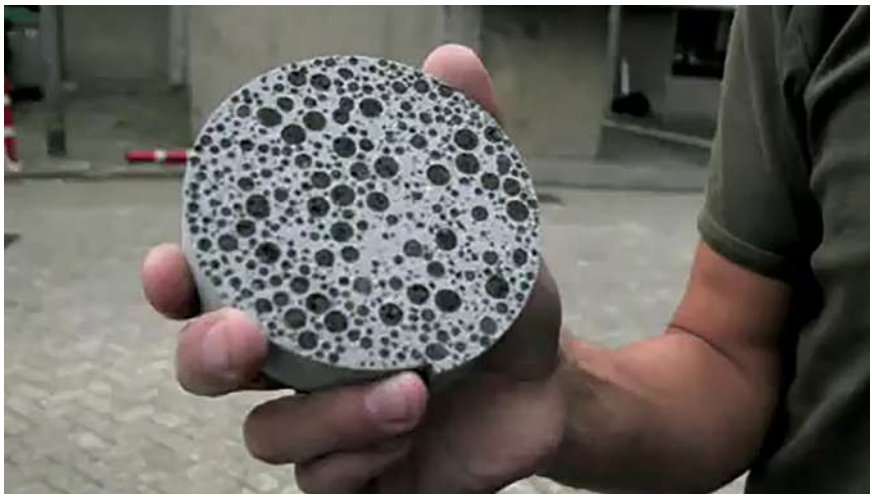
La contrapposizione proposta con il funzionalismo non vuole, tuttavia, cadere nel fraintendimento di sottintendere che nel nuovo paradigma bio-tecnologico l'aspetto puramente "funzionale" abbia poco valore, al contrario: molto più concretamente, si fa riferimento ad un funzionalismo che ha più a che vedere con la sua definizione nel campo delle scienze sociologiche contemporanee, piuttosto che con quella mutuata dal Movimento Moderno. In sociologia il funzionalismo indica una società concepita come insieme di parti interconnesse tra loro e con il contesto nel quale si inseriscono.

È quindi il principio di relazionalità che stabilisce il principio "funzionale" e che concorre all'equilibrio sociale, traendo ispirazione dal modello di sistema organico derivato dalle scienze biologiche, piuttosto che dal funzionalismo di matrice industriale/meccanica[10].

La funzione come valore a sé non è più, dunque, canone estetico assoluto dell'architettura, lo diventa piuttosto questa capacità dell'architettura di attivare processi sistemici di bio-ricezione, di essere "viva" e responsiva nei confronti dei cicli naturali.

10. Cfr. definizione di funzionalismo in sociologia: https://it.wikipedia.org/wiki/Funzionalismo_(sociologia) [ultimo accesso 15.12.2019]

▼ Un campione di bio-cemento sintetizzato dal gruppo di ricerca olandese. Fonte: tudelft.nl/en/ceg/research/stories-of-science/self-healing-of-concrete-by-bacterial-mineral-precipitation/ [ultimo accesso 15.12.2019]



4.3
NUOVE DEFINIZIONI PER UNA SOSTENIBILITÀ AVANZATA

Il superamento di certi binomi legati alla progettazione e l'adesione al paradigma bio-tecnologico e bio-informatico sposta in maniera piuttosto netta anche la modalità con cui viene inteso il concetto di "sostenibilità" ambientale.

Alla luce del Cambiamento Climatico che stiamo attraversando, la nostra idea di natura come abbiamo visto sta progressivamente cambiando (cfr. 1.3 e 2.1) e di conseguenza il progetto architettonico non è più visto come contrapposto alla natura, o come artefatto che deve porsi esclusivamente in termini conservativi nei confronti dell'ambiente, secondo un atteggiamento che sposa alla lettera la derivazione latina del termine sostenibilità da "*sustinere*", ossia sostenere, mantenere, conservare[1]. Il termine stesso è col tempo diventato molto inflazionato e, insieme alla nozione di ecologia, si è svuotato di significato, quasi come se l'unica alternativa fosse la retrocessione ad una prospettiva bucolica e *low-tech*, divenendo anche in alcuni casi oggetto di strumentalizzazione con fini manipolatori (di fatto, si parla di *greenwashing*[2]), per dirigere il consumo verso certi brand, piuttosto che a stimolare un consumo moderato e consapevole.

1. Cfr. definizione di "sostenibilità" disponibile a questo indirizzo: https://it.wikipedia.org/wiki/Sostenibilit%C3%A0 [ultimo accesso 23.12.2019]

2. *Greenwashing* è un neologismo indicante la strategia di comunicazione di certe imprese, organizzazioni o istituzioni politiche finalizzata a costruire un'immagine di sé ingannevolmente positiva sotto il profilo dell'impatto ambientale, allo scopo di distogliere l'attenzione dell'opinione pubblica dagli effetti negativi per l'ambiente dovuti alle proprie attività o ai propri prodotti. Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Greenwashing [ultimo accesso 23.12.2019]

Soprattutto, come già abbiamo avuto modo di argomentare (cfr. capitoli 1 e 2) è necessario svincolarsi da un certo moralismo legato alla questione ambientalista.

La sfida contemporanea si prefigura, nfatti, legata allo studio dei processi biologici, per incorporarli a livello architettonico come "nuova sostanza"[3] di progetto, arrivando anche ad aumentare le potenzialità della natura stessa per sviluppare un concetto di sostenibilità che potremmo definire più avanzato.

Si identificano in particolare alcune terminologie che sono state mutuate dalle scienze biotecnologiche e che sono entrate come vocaboli all'interno della nostra disciplina per identificare quegli approcci che aderiscono ad una prospettiva volta all'integrazione di dati biologici, di esseri viventi o alla manipolazione della materia organica. Questi approcci, condividendo l'ideale cibernetico basato sull'interdisciplinarietà tra ingegneria, biologia e scienze umane, puntano ad allontanarsi dal riduzionismo scientifico per incorporare le dinamiche dei fenomeni biologici basati sul concetto di retroazione e, più in generale, di scambio di informazione, sia all'interno dell'organismo, che tra questi e l'ambiente.

In alcuni casi, introdurremo invece dei neologismi che, nonostante si siano formati per definire approcci al progetto nati in ambito di ricerche diverse, mostreranno molte convergenze e sintonie, perseguite attraverso

- processi *bottom-up*, come nel caso dello sfruttamento di comportamenti emergenti già intrinsechi nel vivente
- processi *top-down*, come nel caso dell'ingegnerizzazione dei sistemi biologici o della bio-sintesi di nuovi materiali generati dall'ibridazione tra componente artificiale e organica.

3. Cfr. Saggio, Antonino 2000, "*Un manifesto per un'architettura dell'informazione. Nuove sostanze. L'Informatica e il rinnovamento dell'architettura*", disponibile all'indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/Articoli/IT/Manifesto.html#Italiano [ultimo accesso 23.12.2019]

4.3.1

BIO-SENSING/ECO-DATA

Con il termine *bio-sensing* ci si riferisce all'uso della sensibilità intrinseca negli organismi viventi che li rende capaci di rilevare determinate condizioni ambientali. Come abbiamo, infatti, visto nel caso dell'installazione *Melbourne Mussle Choir* (cfr. 3.2.3) alcuni organismi come ad esempio i mitili hanno capacità di monitoraggio della qualità dell'acqua ed è quindi possibile utilizzarli come bio-sensori rispetto al livello di inquinamento.

Chiaramente, nello scopo di questa dissertazione, si introduce la possibilità di potenziamento di questa prerogativa attraverso la costruzione di interfacce informatiche con sensoristica avanzata che possano determinare quindi un network con l'agente biologico, in grado di conferire alla progettazione a scala urbana e paesaggistica un alto grado di resilienza, proprio perché basato sulla raccolta di eco-dati e sulla produzione di loop di azioni e retro-azioni nel sistema.

Le soluzioni informatiche assumono quindi una scala più ampia rispetto all'impiego puramente architettonico, in modo da stabilire quel tipo di convergenza tecno-ecologica (cfr. 2) e di (e)co-esistenza tra ambiente e tecnologia (cfr. 3 ed in particolare 3.2.3).

A ciò, si vuole aggiungere anche la possibilità di interpolare gli eco-dati legati all'atmosfera ed al clima come materie di progetto stesso, per incorporare all'interno dell'architettura anche proprietà come l'effusività, l'emissività, la conduttività o altre proprietà invisibili legate ad aspetti climatici. Questo approccio in particolare lo si deve soprattutto all'architetto Philippe Rahm, che propone proprio un'intersezione tra clima, architettura e spazio fisiologico dell'utente come possibile soluzione adattiva e di mitigazione nei confronti della crisi ecologica.

Lo stesso Rahm, in occasione della sua prima mostra inaugurata nel 2018 negli Stati Uniti, ha deciso di intitolare l'evento "*The Anthropocene Style*" con intento di riconoscere l'epoca dell'Antropocene e di farne occasione per un riscatto della progettazione in termini di superamento della dicotomia rispetto ai fattori naturali: per questo motivo si punta all'integrazione materica ed atmosferica di certe proprietà, che vanno in netto contrasto con lo stile modernista che ha predominato lo scorso secolo (cfr. 4.2.5).
In uno *satement* proprio riguardo la mostra, l'architetto ha affermato che:

> *Il cambiamento climatico ci sta forzando a ripensare l'architettura radicalmente, per portare il nostro focus al di là di un approccio puramente visuale e funzionale, verso un atteggiamento più sensibile, più attento all'invisibile, ad aspetti dello spazio legati al clima. Perché non fare del clima il nuovo linguaggio architettonico, un linguaggio per l'architettura ripensato avendo in mente la meteorologia? Passando dalla scala più piccola della dimensione fisiologica, fino alla vasta scala della dimensione meteorologica, l'architettura deve costruire scambi sensuali tra il corpo e lo spazio ed inventare nuovi approcci capaci di instaurare cambiamenti a lungo termine nella forma e nel modo in cui abiteremo gli edifici di domani.*[4]

L'approccio, come si evince, sembra andare in perfetta adesione con quanto proposto da alcune ricerche artistiche che abbiamo affrontato nel fare cenno alle opere di Andrea Polli, Olafur Eliasson e Fujiko Nakaya (cfr. 3.2.1).

4. Cfr. dichiarazione rilasciata sul sito ufficiale dello SFAI – San Francisco Art Institute, dove la mostra si è tenuta: https://sfai.edu/exhibitions-public-events/detail/philippe-rahm-the-anthropocene-style [ultimo accesso 23.12.2019]

4.3.2

MATERIAL COMPUTATION

Il neologismo *Material Computation* nasce nell'ambito della ricerca di Achim Menges, prima che questi come abbiamo visto (cfr. 4.2.1) si spingesse più verso il fronte biomimetico.

Si fa riferimento in particolare all'integrazione tra design computazionale e studio alla miro-scala delle caratteristiche del materiale naturale (nel caso dei padiglioni realizzati da Menges, viene usato il legno) col fine di aumentarne le capacità perfomative rispetto alle condizioni esterne (luce, temperatura, gravità, vento o umidità).

Il legno è composto primariamente da cellulosa e da lignina, che attraverso un processo di accrescimento generano diversi strati eterogenei che incorporano caratteristiche diverse, a seconda che si tratti di tessuto sviluppatosi nello stadio iniziale o più maturo della crescita stagionale. Questa differenziazione tissutale è la principale responsabile della proprietà anisotropa del legno o della differente elasticità o reazione all'umidità. Se analizzata digitalmente (con scansioni e tomografie[5]) per studiarne le proprietà al livello cellulare, è possibile ottenere un algoritmo che identifica le caratteristiche della porzione di materiale studiato, aprendo alla possibilità di eliminare dal campione quella parte corrispondente allo strato tissutale più

5. Per tomografia (dal greco témnó, tagliare, o tómos, nel senso di "strato", e gráphó, scrivere) si intende la tecnica spettroscopica mirata alla rappresentazione a strati (del corpo umano o di campioni), in contrapposizione alla radiografia convenzionale la quale dispone sulla superficie bidimensionale della lastra tutto lo spessore del corpo o oggetto. La tomografia trova impiego soprattutto in medicina, ma anche in archeologia, geofisica, chimica e scienze dei materiali. Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Tomografia [ultimo accesso 30.12.2019]

giovane, che gioca un ruolo poco significativo al livello strutturale[6].

Concepire il materiale alla micro-scala, per poi passare solo successivamente alla sintesi alla macro-scala, sposta il focus sulla comprensione e la progettazione dei processi di reciprocità interscalari e sulle relazioni non-lineari che molti materiali complessi possono instaurare, quando esposti ad un ambiente che esercita su di essi delle forze. Questa caratteristica potrebbe quindi essere sfruttata per direzionare/ottimizzare il comportamento finale gestendo al livello algoritmico il gradiente di composizione del materiale[7].

Lo sfruttamento delle proprietà igroscopiche e anisotrope del legno consente inoltre una risposta che non necessita di equipaggiamento tecnologico o sensoristica di supporto, ma che si basa sulla capacità intrinseca del materiale stesso, opportunamente ottimizzata attraverso lo studio computazionale preliminare.

Il risultato è un materiale sensibile, che si auto-organizza rispetto alle condizioni climatiche in un mutuo feedback.

6. Cfr. COGDELL, CHRISTINA 2019, *Toward a Living Architecture? Complexism and Biology in Generative Design,* Minneapolis: University of Minnesota Press

7. Cfr. MENGES, ACHIM (a cura di) 2012, A*D: Material Computation. Higher integration in Morphogenetic Design*, vol. 82, n. 2, Londra: Wiley Academy

4.3.3

MATERIAL ECOLOGY

Anche nel caso di *Material Ecology* ci troviamo davanti ad un neologismo, che è stato coniato da Neri Oxman[8] per definire la sua ricerca architettonica che in parte abbiamo accennato (cfr. 4.2.1 e 4.2.4).

Si fa riferimento ad un campo di sperimentazione in cui si mira alla progettazione di prodotti che siano rispettosi dell'ambiente e che siano generati dall'intersezione tra ottimizzazione computazionale, fabbricazione digitale, biologia e scienze dei materiali.

L'analisi delle condizioni ambientali porta al calcolo e studio delle proprietà e del comportamento dei bio-materiali utilizzati, in modo da conferire una maggior responsività al manufatto rispetto alle variazioni esterne.

Questo approccio potrebbe ricordare in qualche modo la definizione di *Material Computation*, tanto che un saggio di Oxman proprio in merito alla sua sperimentazione è stato inserito all'interno della pubblicazione curata da Menges sulla computazione materiale[9]. Tuttavia, se ne discosta perché in questo caso si ricorre anche alla biologia sintetica per manipolare e programmare la materia organica, per ottenere combinazioni non esistenti in natura, tant'è che si fa spesso riferimento anche al termine *Programming Matter* per definire questa pratica.

Il ragionamento fondante si basa sulla stratificazione di

8. Cfr. OXMAN, NERI 2010, *Material-based Design Computation*, tesi di dottorato, Massachusetts Institute of Technology, relatore William J. Mitchell

9. Cfr. OXMAN, NERI 2012, "*Programming Matter*" in MENGES, ACHIM (a cura di), *op. cit.*, pagg. 88-95.

materiale eterogeneo con proprietà programmabili, che si ispira alla presenza in natura di materiali assemblati tra loro con diverse gradazioni funzionali, che grazie ad un lavoro sinergico generano una risposta complessiva finale alle diverse scale.

Questo viene tradotto al livello architettonico con la generazione di forme ottimizzate al livello computazionale per garantire le massime prestazioni con il minimo impiego di risorse, realizzate attraverso la variazione locale delle proprietà di materiali assemblati roboticamente e ingegnerizzati biologicamente.

4.3.4

BIOCOMPUTING

Con il termine *biocomputing* si identifica generalmente quella branca della computazione che mira alla costruzione di bio-computer, ossia di sistemi che utilizzano materiale biologico per i calcoli computazionali e che molto deve alle innovazioni introdotte nei campi delle nanobiotecnologie, ossia di quelle biotecnologie che operano alla nano-scala e che consentono anche di ingegnerizzare al livello biomolecolare la materia, per implementare le funzioni di computazione.

Più nello specifico, un biocomputer è costituito da un tracciato o una serie di tracciati metabolici che coinvolgono materiali biologici, che sono progettati per assumere un determinato comportamento in base a determinate condizioni (*input*) del sistema. Il tracciato risultante delle reazioni che si verificano rappresenta l'*output*, che successivamente viene interpretato al livello computazionale[10].

Non si fa, dunque, riferimento a quella branca della biocomputazione che si può definire "bio-ispirata"[11], che invece studia i processi biologici per ricavarne modelli computazionali per la risoluzione di problemi, come ad esempio accade nel caso dell'intelligenza artificiale e del *machine learning,* che si ispirano al modello di rete neurale, o come accade per la *swarm intelligence*, che studia sistemi auto-organizzati come gli stormi degli uccelli o le colonie di insetti, la cui azione è il risultato di un'intelligenza collettiva.

10. Cfr, Freitas. Robert A. 1999, *Nanomedicine Volume I: Basic Capabilities*, Austin, Texas: Landes Bioscience, pagg. 349-351.

11. Per approfondire il concetto di "*bio-inspired computing*" cfr. https://en.wikipedia.org/wiki/Bio-inspired_computing [ultimo accesso 23.12.2019]

Per quanto questo aspetto sia molto rilevante nella ricerca architettonica contemporanea che punta ad avvicinare sempre più i sistemi tecnologici a quelli organici, un uso esclusivo di questo approccio risulterebbe meccanicista e tecnocratico e più che altro sembrerebbe virare verso la biomimesi, dalla quale la presente dissertazione si discosta (cfr. 4.2.1). Pertanto, se ne propone un uso in accoppiamento ad un sistema che implichi anche il coinvolgimento di organismi viventi, in modo che la computazione biologica venga ampliata e coadiuvata anche da quella bio-ispirata.

Rientrano, di conseguenza, in questa definizione le sperimentazioni architettoniche che aderiscono agli stessi principi degli esempi che abbiamo affrontato nel parlare dell'intelligenza bio-tecnologica (cfr. 4.2.4) e che puntano, di conseguenza, all'introduzione anche in campo progettuale architettonico di quell'ideale bio-cibernetico basato sull'assemblaggio di *wetware*, *hardware* e *software* che abbiamo visto nel caso di Guy Ben-Ary (cfr.3.1.3).

4.3.5

BIODIGITAL

Per quanto riguarda la definizione del termine *biodigital*, ne abbiamo già fatto cenno descrivendo il lavoro guidato da Alberto T. Estévez a Barcellona nel *Genetic Architectures Research Group*[12] (cfr. 4.2.3).

I punti chiave assunti dal team per la descrizione del nuovo approccio progettuale biodigitale si basano sul:

- lavorare con organismi viventi che costituiscono il "software naturale" e che, attraverso processi genetici, possono essere modificati per ottenere un'automazione della crescita naturale, materiali da costruzione avanzati o spazi architettonici "viventi"
- lavorare sul "DNA artificiale", quindi sui software di computazione, al fine di implementare processi cibernetici, robotici e di automazione dell'architettura attraverso l'uso delle tecnologie digitali e la produzione di prototipi in scala 1:1 con macchine a controllo numerico o stampanti 3D[13].

Nel *biodigital* quindi si fa molto leva sull'applicazione della genetica per automatizzare la crescita naturale, per ottenere elementi viventi

12. Per ulteriori informazioni sul gruppo di ricerca, è possibile visitare la pagina ufficiale al seguente indirizzo: http://geneticarchitectures.weebly.com/research_group.html [ultimo accesso 23.12.2019]

13. Cfr. Estévez, Alberto T. 2010, "*Application of Life Information in Architecture: Biodigital Architecture and Genetics*" in *LIFE in:formation, On Responsive Information and Variations in Architecture: Proceedings of the 30th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)*, New York: Cooper Union, Pratt Institute, pagg. 168-173.

che sfruttino l'integrazione di organismi anche modificati a livello genetico, come nel caso di batteri di *Escherichia Coli* manipolati con il gene che esprime la bioluminescenza, per poi essere integrati come dispositivi d'illuminazione.

L'obiettivo è di produrre un'architettura che sia completamente ecologica e riciclabile e che assicuri un dispendio minimo di energia per i processi costruttivi e di manutenzione, dato che se ne ipotizza una crescita naturale.

Questa prospettiva fa leva sulla "bioplasticità naturale" che è stata assunta come *core* del manifesto[14] che in qualche modo si pone a guida di questo approccio: il riconoscimento della plasticità della natura di modellarsi quando, ad esempio, soggetta a interazioni random di virus che possono mutarne il DNA, diventa un pretesto per sguanciarsi dal volerla semplicemente preservare in uno stato di immobilità ed un incentivo a esaltarne l'accezione trasformativa.

Viene sostenuto, infatti, che la natura non è da intendersi come un feticcio da collezione da osservare, piuttosto come soggetto che si pone in fluidità rispetto alle diverse condizioni.

Il termine *biodigital* viene, tuttavia, anche menzionato per fare riferimento a quella pratica architettonica che interfaccia processi digitali e biologici, senza necessariamente arrivare alla manipolazione genetica di questi ultimi. Ci si riferisce in particolare a quella parte di ricerca che punta ad un obiettivo più simile a quello della raccolta di eco-data, quindi alla costruzione di interfacce di codificazione e amplificazione della bio-informazione, per instaurare meccanismi di interazione e comunicazione tra sistemi biologici e antropici sfruttando le più avanzate tecnologie di computazione, 3d-printing e robotica.

Rientra quindi in questa prospettiva il lavoro già menzionato di ecoLogicStudio (cfr. 4.2), che negli anni hanno costruito un workflow basato proprio sul traslare al livello architettonico e territoriale il principio ecosistemico che vede l'abitare umano come forza co-evolutiva rispetto agli ecosistemi naturali.

14. È possibile leggere il "*Bioplasticity Manifesto*" in Estévez, Alberto T. 2014, "*The Future of Architecture: Biodigital Architecture and Genetics*" in *Architecture Research* n. 4, pagg. 13-20. doi:10.5923/s.arch.201402.02

Come affermato dallo stesso Poletto:

> *[…] non ci poniamo né all'interno di un paradigma riduzionista né allo stesso tempo all'interno di un paradigma completamente formale. Piuttosto, ci inseriamo in quello che può essere definito il paradigma "biodigitale", che per me significa davvero passare dalla cosiddetta era digitale a quella che potremmo chiamare era dell'esperienza, dove la computazione digitale biologica è incorporata all'interno dell'architettura, nella nostra esperienza, nelle nostre intuizioni.*
> *Stiamo raccogliendo le diverse intelligenze dei sistemi viventi e dei sistemi digitali e stiamo cercando di integrarle al livello architettonico. Tutto ciò diventa parte di un sistema complesso multistrato e in questo modo ci si allontana dalla trappola meccanicista o riduzionista. […] penso che ci siano molte interessanti possibilità di sperimentare, anche grazie a questa idea di integrazione e computazione biologica. Sono molto sicuro che tutte le interfacce obsolete prima o poi scompariranno e che tutto diventerà molto più "incorporato".*
> *Per questo è importante che non ci sia semplicemente una transizione digitale, ma che realmente si possa completare una transizione "materiale" ed è qui che il ruolo dell'architettura diventa cruciale nelle modalità con le quali è possibile far convergere tutte queste possibilità, anche attraverso la stampa 3D, la computazione, le wearable technologies ed i sistemi viventi per creare nuove forme di intelligenza*[15].

15. Cfr. intervista condotta dall'autrice a Marco Poletto allegata alla presente dissertazione.

4.3.6

SYNBIO DESIGN

Con l'accezione di *Synbio Design* si fa, infine, riferimento all'uso della biologia sintetica, ossia alla progettazione e fabbricazione di componenti e sistemi biologici non ancora esistenti in natura o alla riprogettazione e produzione di sistemi biologici già presenti in natura[16], chiaramente nel nostro caso con lo scopo di incorporarne i prodotti all'interno della progettazione.

È possibile infatti attraverso questi processi raggiungere un'ibridazione di materiale organico ed inorganico per la realizzazione di biomateriali (alcuni esempi li abbiamo già accennati nel capitolo 4.2.1), talvolta ricorrendo alla programmazione della componente vivente in modo da direzionarne il comportamento e raggiungere determinati obiettivi performativi.

Ci ricolleghiamo in quest'ultimo caso, ad esempio, alle protocellule ed al lavoro di Rachel Armstrong (cfr. 4.2.1 e 4.2.3), che rientra pienamente in questa definizione di *Synbio Design* proprio perché mira alla programmazione del comportamento cellulare.

La programmabilità apre, inoltre, non solo alla possibilità di rendere prevedibile una determinata reazione, ma anche alla prospettiva di contrastare il fenomeno di deterioramento dei materiali nel tempo, guidarne la riproduzione e crescita (anche in termini di autorigenerazione, come abbiamo visto con il bio-cemento a base di batteri; cfr. 4.2.5), ma soprattutto programmarne il processo di decadimento e quindi rendere programmabile anche la morte, rendendolo un vero e proprio intervento di *bio-hacking*.

16. Cfr. definizione di "biologia sintetica" disponibile al seguente indirizzo: https://it.wikipedia.org/wiki/Biologia_di_sintesi [ultimo accesso 23.12.2019]

4.4
CASI STUDIO

Si propone in questa sezione l'analisi di specifici casi studio, oltre ai molti esempi già citati, per mettere in luce come le definizioni e gli approcci di sostenibilità avanzata che abbiamo identificato siano state esplicitate in particolare in alcune proposte progettuali.

La scelta è ricaduta su alcune figure ritenute centrali all'interno della ricerca oggetto della dissertazione, che hanno contribuito in maniera sostanziale all'avanzamento del paradigma biotecnologico e della bio-informazione all'interno dell'architettura.

Tra i numerosi risultati e proposte progettuali, si è deciso di selezionare solo alcuni progetti ritenuti paradigmatici, nell'impossibilità in questa sede di poter fare un'analisi completa. In particolare, è stato dato spazio a prototipi che si ha avuto modo di osservare in prima persona, a progetti sui quali si è avuto un confronto diretto con gli stessi autori e ad alcuni risultati più recenti che hanno raggiunto determinate sperimentazioni, che costituiscono quindi lo stadio più avanzato che questo tipo di ricerca ha raggiunto ad oggi.

Molti dei casi riportati sono prototipi o installazioni, per quanto si sia fatto lo sforzo di far emergere quelle applicazioni alla scala architettonica ed urbana che hanno trovato un riscontro costruttivo reale e che, dunque, rappresentano un test di fattibilità molto significativo rispetto alla grande sperimentalità di questa ricerca e alle possibilità che attualmente ci sono per concretizzarla.

Per quanto riguarda i media biologici utilizzati, pur assicurando un'eterogeneità nell'impiego di vegetazione, del micelio dei funghi, di protocellule, di batteri e di microalghe come materiale

di progetto, si noterà come particolare enfasi sia stata posta in merito all'applicazione che vede protagoniste le microalghe.

Ciò è dovuto a molteplici fattori, legati soprattutto alla reperibilità di questi organismi e alla facilità con cui è possibile coltivarli per innescare un processo simbiotico in cui la CO_2 esterna, o generata in altre parti dell'edificio, possa essere impiegata come nutrimento delle alghe durante la fotosintesi.

La biomassa algale ottenuta nelle applicazioni di fotobioreattori integrati all'interno degli edifici costituisce, inoltre, un prodotto – come si vedrà nello specifico – estremamente versatile nei suoi impieghi al livello economico: è possibile infatti utilizzarlo per sintetizzare biocarburante, per ottenere bioplastiche attraverso un tipo di lavorazione che viene chiamata "*down stream*" ed è possibile anche ottenere prodotti cosmetici o prodotti alimentari ad alto valore proteico, un tema quest'ultimo cruciale nel dibattito contemporaneo riguardo i *novel food*[1].

La grande flessibilità legata al loro impiego, rende quindi il settore legato alle microalghe ad oggi quello che ha restituito la maggior parte degli esempi ben riusciti di integrazione nel campo del progetto, affermandosi come area in continua crescita e sperimentazione.

Infine, il criterio di organizzazione dei casi studio ha seguito una logica basata sulla scala: i progetti sono stati raggruppati in quattro grandi categorie, che vanno dalla dimensione macro al dettaglio.

Sono state infatti identificate

- la scala urbana e di paesaggio
- la scala dell'edificio
- la scala dell'installazione/di design
- la scala del dettaglio architettonico

con l'obiettivo di far emergere come questa ricerca progettuale si basi su una potenziale applicabilità al livello interscalare.

1. Per un'argomentazione più ampia sul tema delle alghe e dei loro possibili impieghi, cfr. intervista effettuata dall'autrice a Cesare Griffa ed allegata alla presente dissertazione.

SCALA URBANA E DI PAESAGGIO

Scape Landscape Architecture - Living Breakwaters

Anno: 2018
Location: New York
Strategia adottata: bio-sensing

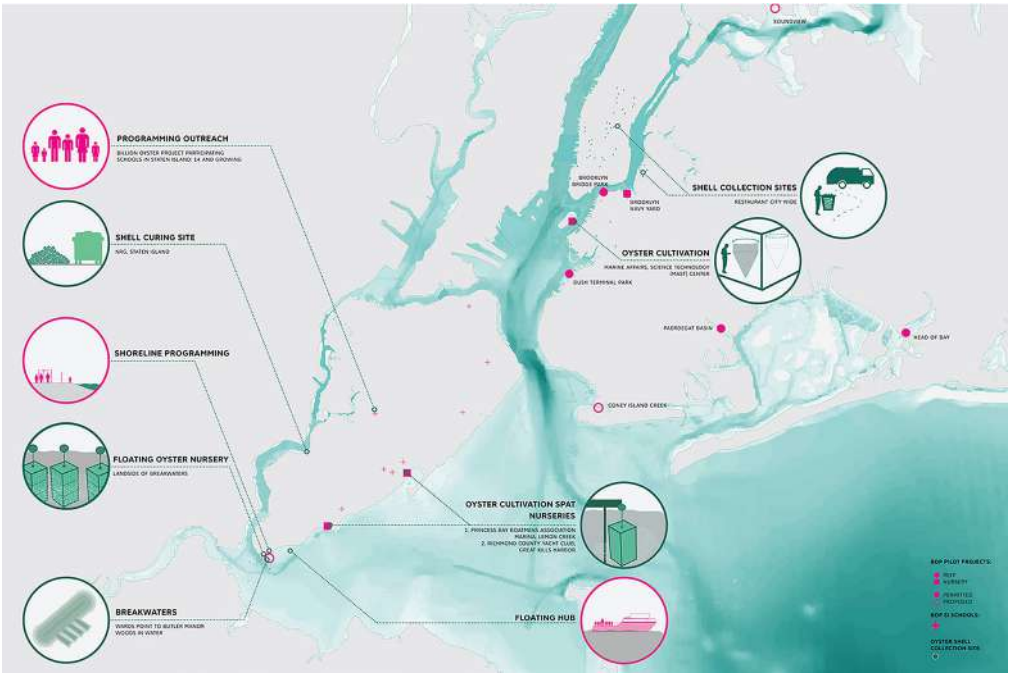
Scape Landscape Architecture è uno studio guidato dall'architetto Kate Orff, a capo del Centre for Resilient Cities and Landscapes, e mira alla progettazione di interventi che si pongano in sintonia con l'ecosistema e che siano in grado di adattarsi in maniera resiliente rispetto alla grande crisi climatica.

Il progetto più paradigmatico dello studio è *Living Breakwaters*, ossia un sistema di frangiflutti viventi presentato in occasione del concorso internazionale indetto nel 2011, *Rebuild by Design*[1], di cui è risultato vincitore. Il progetto era stato presentato in una versione più succinta in occasione della mostra *Rising Currents*[2], organizzata al MoMA nel 2009. Questa si proponeva di affrontare la crisi legata all'innalzamento del livello del mare ed in questo caso Scape si presentò con *Oyster-tecture*, una proposta che si concentrava principalmente sulla progettazione di un habitat per favorire e supportare la proliferazione dei molluschi, una componente che poi è stata integrata anche all'interno del più complesso *Living Breakwaters*.

1. Cfr. sito ufficiale della competition con il dossier del progetto: http://www.rebuildbydesign.org/data/files/676.pdf [ultimo accesso 14.01.2020]
2. Cfr. sito ufficiale della mostra al seguente indirizzo: https://www.moma.org/calendar/exhibitions/1028? [ultimo accesso 14.01.2020]

Obiettivo del progetto è la ricostruzione del fronte di New York a seguito dell'uragano Sandy e l'intero sistema si prefigura come un'infrastruttura "animale, vivente e collaborativa"[3] composta da una commistione di paesaggio naturale e paesaggio artificiale.

Vengono, infatti, sfruttati una serie di moduli in eco-cemento per costruire un apparato che consenta alla fauna di popolare l'area, di rigenerare l'ecosistema dei fondali e che allo stesso tempo agisca come supporto tecnologico in grado di contrastare le forti ondate dei maremoti.



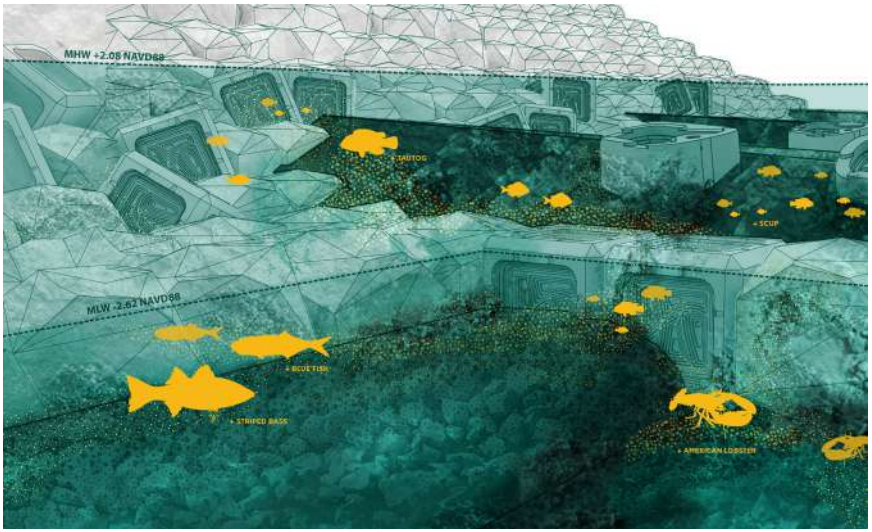
▲ Scape, *Living Breakwaters*, 2018 - strategia generale
Fonte: https://www.scapestudio.com/projects/living-breakwaters-design-implementation/ [ultimo accesso 4.01.2020]

La strategia adottata si basa su una stratificazione di layer che mira ad integrare la micro-complessità delle diverse specie locali: questo principio ha, infatti, guidato la progettazione delle diverse

3. Tesoriere, Zeila 2019 "*Dopo la Firmitas. Prospettiva metabolista di architetture resilienti*" in *Agathon* n. 6, pagg. 58-65. doi: 10.19229/2464-9309/662019

tipologie con le quali sono stati progettati i frangiflutti.

Il loro layout è stato modellato al livello computazionale per valutare le diverse condizioni alle quali sarebbero stati esposti e per incentivare l'attenuazione dell'impatto delle onde e giungere ad una geometria ottimizzata, tanto da un punto di vista funzionale, quanto da un punto di vista legato al supporto di una determinata specie.



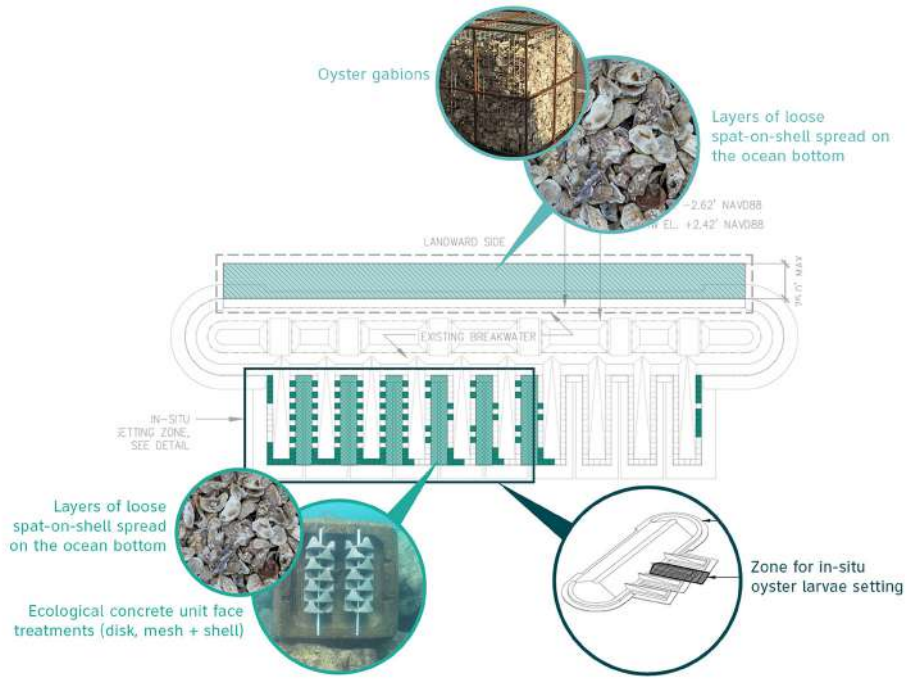
▲ Scape, *Living Breakwaters*, 2018 - una vista dell'habitat multispecie costruito.
Fonte: https://www.scapestudio.com/projects/living-breakwaters-design-implementation/ [ultimo accesso 4.01.2020]

Grande rilievo viene dato in particolare al ripopolamento delle ostriche.

La reintroduzione di questi molluschi porterebbe, infatti, a molteplici conseguenze positive: oltre ad un ripristino della biodiversità, la loro presenza garantirebbe un processo di biorimediazione della qualità dell'acqua, dovuto al processo di biofiltrazione che, come abbiamo già accennato (cfr. 3.2.3), queste specie sono naturalmente capaci di innescare.

Di conseguenza, un'area del progetto è stata studiata proprio per seguire e supportare i molluschi in tutto il loro ciclo vitale: dalla deposizione delle uova, al loro allevamento. In questo caso, l'aspetto interessante è stato accoppiare la costruzione di un habitat adatto alla loro abilità nel costruire biogenicamente sistemi di

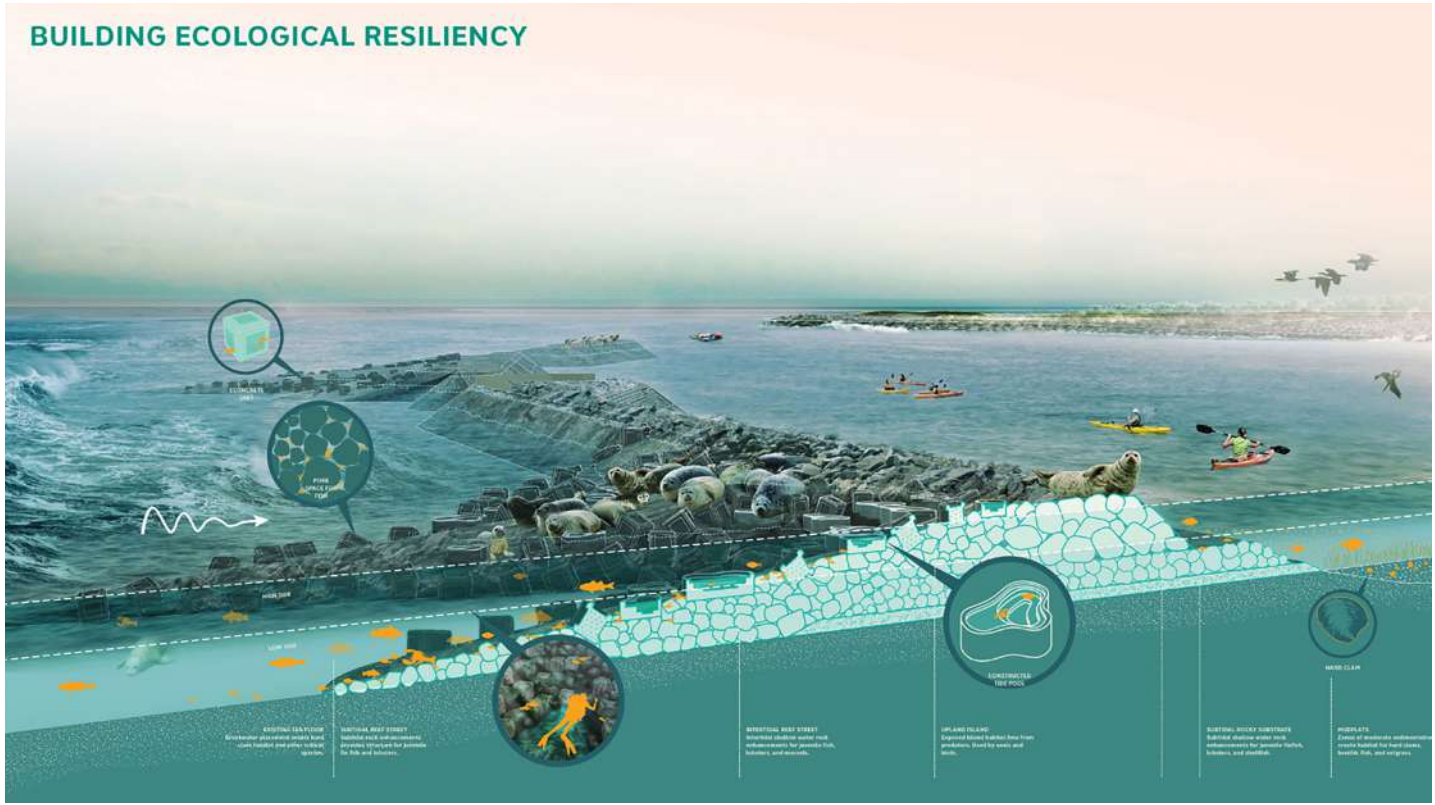
barriera. Accumulandosi sulle superfici e sviluppando un processo di calcificazione, i molluschi possono, infatti, dare un grosso contributo nel rinforzare l'infrastruttura dei frangiflutti, aumentandone la stabilità e riducendo la necessità di manutenzione.



▲ Scape, *Living Breakwaters*, 2018 - area del progetto dedicata al ciclo vitale dei molluschi. Fonte: https://stormrecovery.ny.gov/learn-more-about-living-breakwaters-project [ultimo accesso 4.01.2020]

A ciò si aggiunge un forte aspetto sociale: le persone sono una componente fondamentale di qualsiasi ecosistema e l'infrastruttura è, pertanto, coadiuvata dai *Water Hubs*, ossia centri di monitoraggio, orientamento e scuole di educazione ambientale, che puntano ad incentivare una maggiore consapevolezza riguardo ai temi dell'ecologia urbana ed in particolare di quella fluviale di New York.

In questo modo il progetto assume una dimensione di trasformatore sociale e culturale, oltre che ecologico, e si pone a supporto di un ambiente co-costruito attraverso un'architettura pensata anche per specie non-umane.


BUILDING ECOLOGICAL RESILIENCY

Scape, *Living Breakwaters*, 2018
a sinistra: sezione del progetto.
in alto: dettaglio del frangiflutto con le morfologie adoperate a seconda della specie da supportare.
Fonte: https://stormrecovery.ny.gov/learn-more-about-living-breakwaters-project [ultimo accesso 4.01.2020]

ecoLogisStudio - Aarhus Wet City

Anno: 2017
Location: Aarhus
Strategia adottata: biodigital / eco-data

Aarhus Wet City è uno dei primi esempi applicativi dei blue-green plans, che abbiamo già avuto modo di introdurre come metodo alla base dell'operato di ecoLogicStudio alla scala urbana (cfr. 4.2.3).

Il progetto è stato proposto per la città di Aarhus e si interfaccia sinergicamente con l'implementazione dei bio-prototipi di *Urban Algae Folly* (cfr. scheda del progetto allegata alla presente dissertazione), che agiscono come attivatori degli spazi urbani aperti, oltre che come impianti di disinquinamento atmosferico e di produzione di energia e biomassa.

L'obiettivo dei *blue-green plans* è quello di stabilire un network basato su uno scambio di azioni e retroazioni che coinvolgano i sistemi antropici e quelli biotici, similmente al funzionamento delle reti biologiche che, in maniera interscalare ed ai vari livelli sotterranei e di superficie, supportano lo scambio di bio-informazione.

Lo scopo è inserire all'interno di questo *bio-network* anche l'architettura, in modo che anche questa possa interagire come elemento amplificatore, piuttosto che disturbatore, della rete.

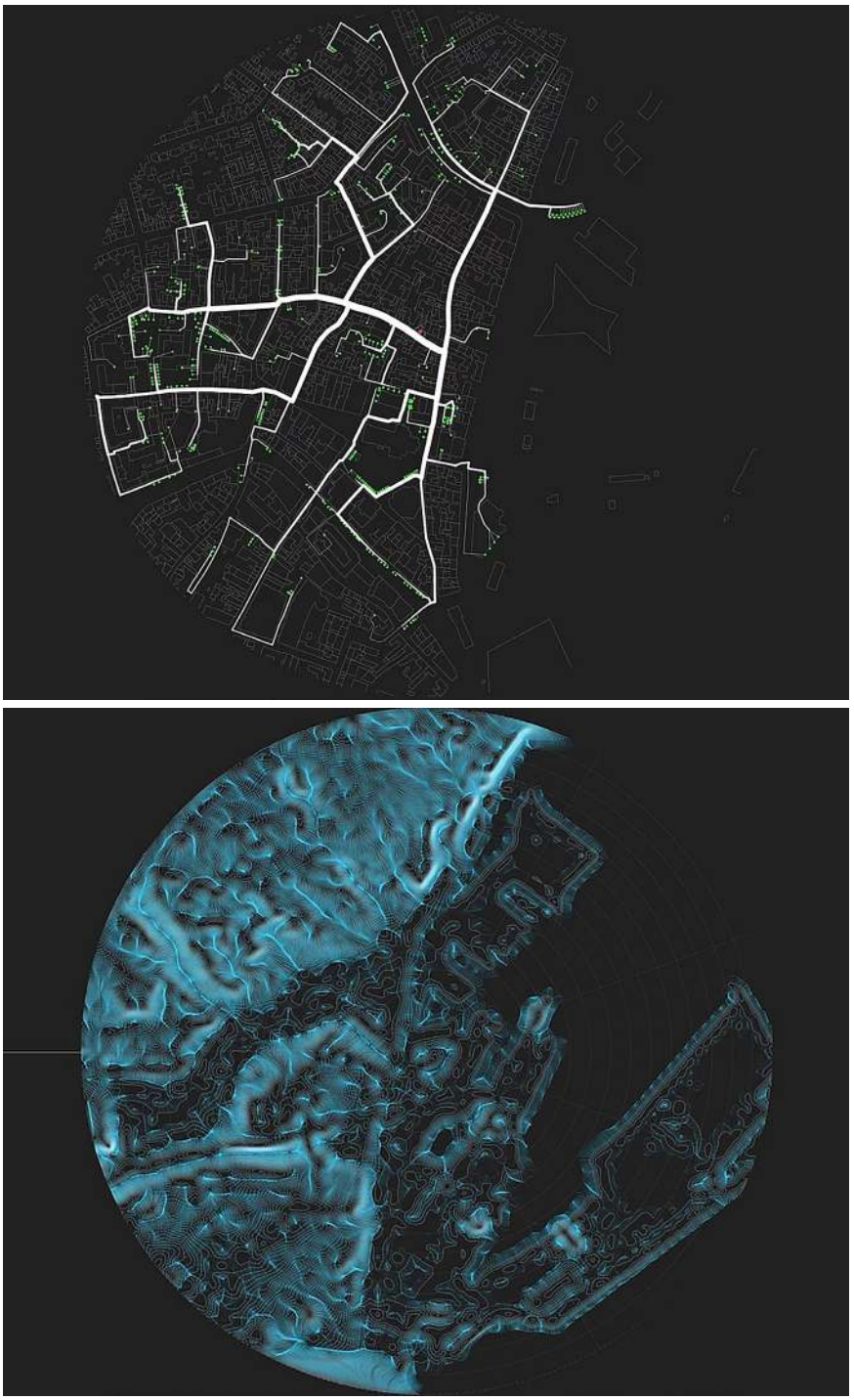
A tal fine, vengono impiegate tecnologie digitali e dispositivi di monitoraggio satellitare messi a disposizione dall'ESA per analizzare e mappare la rete biotica urbana e conoscere l'esatta posizione geografica degli alberi presenti, che nel caso specifico della città di Aarhus ammontano 141.765.

▲ ecoLogicStudio, *Aarhus Wet City*, 2017 - vista satellitare
Fonte: https://www.photosynthetica.co.uk [ultimo accesso 4.01.2020]

A partire da questo indice, viene applicato un algoritmo che collega tutti gli alberi posizionati ad una determinata distanza: questo step è necessario per la creazione di un pattern astratto che ridescrive la città identificando le aree a diverso grado di connettività biotica e che consente, di conseguenza, di individuare quelle aree a bassa connettività che risultano ideali per l'inserimento di ulteriore substrato biologico, utile a fornire ulteriori nodi di connessione al network.

A ciò si aggiunge l'analisi topografica basata sull'andamento fluidodinamico dell'acqua piovana, che permette di generare una mappa in grado di descrivere le reti idriche: l'accostamento di questi primi due field consente di comprendere come le reti idriche e quelle arboree interagiscono fisicamente.

L'intersezione tra le due reti apre, inoltre, alla formulazione di diverse ipotesi su come questa sovrapposizione possa essere sfruttata in chiave co-evolutiva rispetto all'ambiente costruito, per sviluppare i sistemi resilienti che compongono la *Bio-City.*



▲ ecoLogicStudio, *Aarhus Wet City*, 2017 - distanza minima e della rete idrica
Fonte: https://www.photosynthetica.co.uk [ultimo accesso 4.01.2020]

A questo diagramma viene aggiunto, infine, quello che identifica la rete infrastrutturale principale: ogni strada o percorso identifica un collegamento tra i nodi della mappa che rappresentano gli incroci, mentre gli edifici vengono mappati come nuvole di punti.

▲ ecoLogicStudio, *Aarhus Wet City*, 2017 - diagramma della rete infrastrutturale
Fonte: https://www.photosynthetica.co.uk [ultimo accesso 4.01.2020]

Il software sviluppato da ecoLogicStudio in accoppiata con la proposta dei *blue-green plans*, punta a simulare il percorso più breve che collega ogni elemento costruito dell'impianto urbano di Aarhus ad un elemento biotico di una certa densità e dimensione.

A ciò vengono interlacciate anche le stime relative alla quantità di alberi necessaria a compensare le emissioni di carbonio prodotte da ogni famiglia, che sono utili a pianificare strategie di intervento sulla città.

La proposta è anche quella di digitalizzare gli alberi, ossia di dotarli di un QR Code che consenta ai cittadini di monitorarli in tempo reale tramite il software e di conoscere i dati relativi a location, specie, età, taglia, assorbimento della CO_2, valore proteico ed energetico, rendendo quindi gli alberi parte effettiva del sistema di dati bio-digitale.

L'interfaccia permette la raccolta di dati satellitari in tempo reale grazie alla distribuzione di sensori e di bio-prototipi, aggiornando di volta in volta lo stato di fatto della città per consentire la pianificazione di nuovi interventi, laddove sia necessario, e per permettere ai cittadini di informarsi sullo stato di salute del substrato biologico, attivando una maggiore sensibilità ecologica.

Viene, quindi, generata una mappa della città fortemente interattiva e mutevole rispetto alle variazioni ambientali ed alla partecipazione dei cittadini, in quanto tramite l'app i cittadini stessi possono generare mappe personalizzate basate sugli alberi taggati e sul percorso minimo che li collega rispetto alla propria abitazione.

Coinvolgendo gli abitanti in maniera attiva, i *blue-green plans* diventano dunque uno strumento per elaborare nuovi protocolli di "coltivazione urbana collettiva", in grado di sensibilizzare la cittadinanza rispetto ai temi della co-esistenza con le altre specie e della sostenibilità ambientale.

La natura diagrammatica di queste analisi compiute attraverso i blue-green plans, come spiega Marco Poletto[1], oltre ad essere un esercizio di indicizzazione è allo stesso tempo strumento generatore di trasformazione. I grafici non sono da leggere solo da un punto di vista figurativo, ma fungono da agenti operativi che registrano opportunità latenti all'interno del contesto, proprio perché si cerca di instaurare tra questi un principio di relazione e interazione che porterà alla formulazione delle ipotesi progettuali.

È questa prerogativa generativa che consente al progettista di passare dal paradigma analitico a quello sintetico.

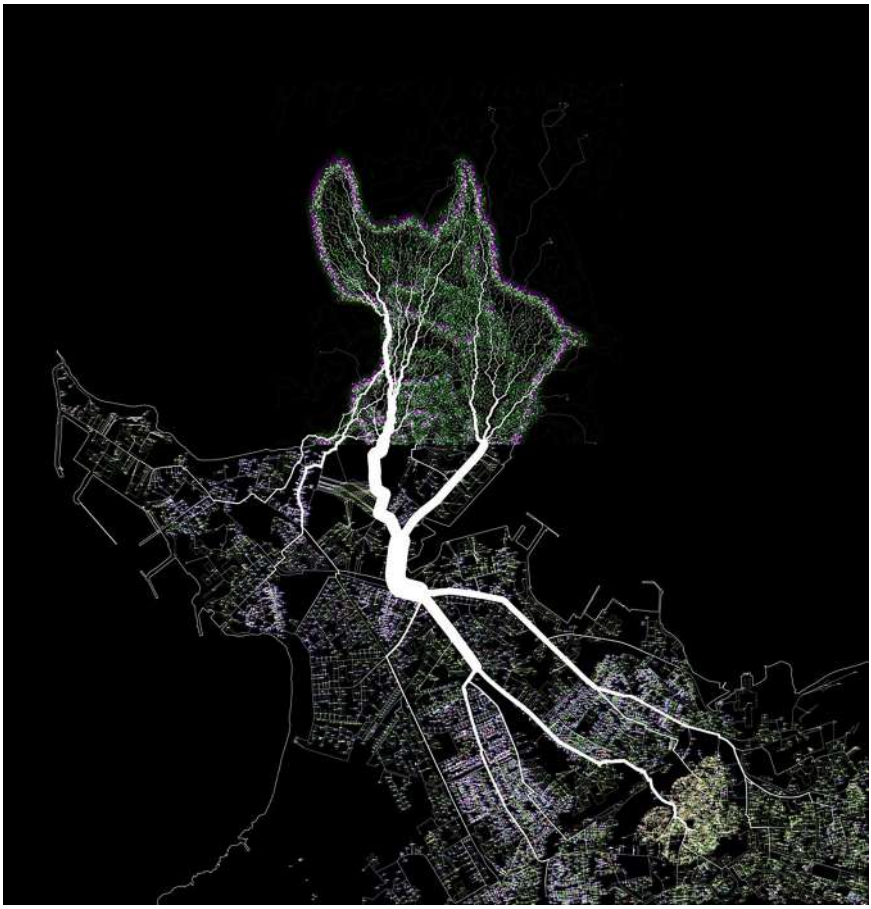
Ne deriva un "paesaggio sintetico", frutto del livello di astrazione e della condizione di "conversazione" tra designer e algoritmo che, proprio perché deputato ad interagire con determinati parametri contestuali, manifesta una propria *agency* e diventa forza generatrice di progetto[2].

1. Cfr. intervista condotta dall'autrice a Marco Poletto allegata alla presente dissertazione.

2. *Ibidem.*

Occorre precisare ancora una volta che questi *blue-green plans* sono da interpretare come campi di operazioni possibili (*operational fields*): a partire da una base algoritmica che gestisce dati eterogenei e non quantità urbanistiche omogenee e spazialmente rigide, mirano a stimolare operazioni sulla città in termini morfologici, sociali e biologici.

EcoLogicStudio ha proposto lo stesso approccio basato sulla *wet city* anche per la città di Tallin con il progetto *Anthropocene Island*, presentato nel corso della biennale *bioTallin* del 2017.



▲ ecoLogicStudio, *Anthropocene Island*, 2017
Fonte: https://www.artribune.com/dal-mondo/2017/09/reportage-tallinn/attachment/ecologicstudio-anthropocene-island-diagram-courtesy-ecologicstudio/ [accesso 4.01.2020]

Philippe Rahm - Jade Eco Park

Anno: 2016
Location: Taichung
Strategia adottata: eco-data

Il *Jade Eco Park*, inaugurato nel 2016, è il progetto di un parco di 70 ettari situato in un'area precedentemente occupata da un aeroporto nella città di Taichung, a Taiwan, che ospita zone adibite ad attività sportive, ricreative, per le famiglie o per il turismo.

Per giungere alla conformazione finale della planimetria, sono state effettuate delle simulazioni fluidodinamiche computazionali che hanno permesso di analizzare le variazioni climatiche e le condizioni di inquinamento preesistenti, derivanti dalla ventilazione e dalla vicinanza o meno rispetto a assi di scorrimento stradale, a schermature arboree, o al mare.

Questi dati di partenza vengono quindi manipolati attraverso l'inserimento di dispositivi artificiali che interagiscono con l'ambiente naturale, in modo da generare spazi a diverse temperature e condizioni atmosferiche, e amplificano le condizioni esistenti per conformare aree più fresche, secche o pulite ed assicurare il comfort dei visitatori.

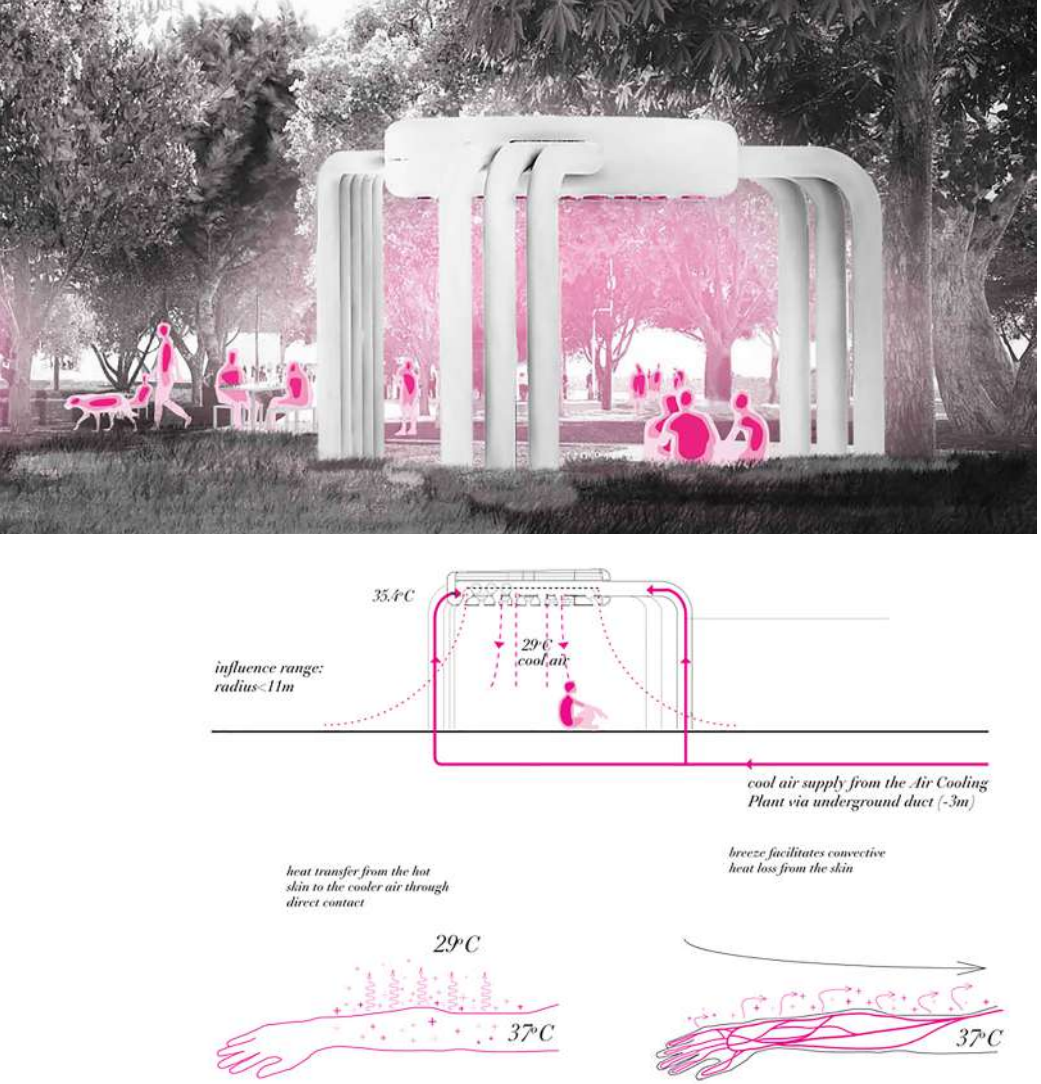
Vengono, successivamente, sintetizzate mappe climatiche a diverse gradazioni che rispecchiano le simulazioni computazionali e che corrispondono specificatamente ad un parametro atmosferico ed alla sua intensità all'interno del parco: le zone più calde e secche sono identificate con il colore rosa, a quelle più fredde e umide è associato il colore blu, a quelle meno inquinate e più silenziose viene invece assegnato il colore grigio.

▲ Philippe Rahm, *Jade Eco Park*, 2016 - mappe climatiche dell'area d'intervento
Fonte: https://transsolar.com/projects/taiwan-taichung-gateway-jade-ecopark-masterplan [ultimo accesso 4.01.2020]

La sovrapposizione delle mappe concorre alla definizione di una moltitudine eterogenea di esperienze sensoriali, che sono in continua metamorfosi a seconda dell'ora e delle stagioni.

Questa variabilità, come anticipato, viene assicurata da una serie di dispositivi climatici (naturali ed artificiali) che abbassano, riducono, invertono la temperatura o il livello di inquinamento dell'aria attraverso operazioni di raffreddamento, riscaldamento e disinquinamento.

I dispositivi di raffrescamento naturali sono rappresentati dagli alberi a grandi foglie, in grado di proiettare un'ombra pesante e che presentano un fogliame di colorazione chiara per avere un potere riflettente dei raggi solari. Quelli artificiali sono, invece, apparecchi che lavorano per convezione (gli "*Antycyclone*" o "*Underground breeze*", che soffiano aria refrigerata dallo scambio di calore sotterraneo), conduzione, (le "*Night light*" o "*Vertical night*", che espongono le



▲ Philippe Rahm, *Jade Eco Park*, 2016 - Anticyclone: uno dei dispositivi del parco. Rendering e schemi di funzionamento tecnologico e di percezione fisiologica.

Fonte: https://urbannext.net/cooling-climate-devices-at-jade-meteo-park/ [ultimo accesso 4.01.2020]

superfici allo scorrere di acqua fredda), evaporazione (gli "*Stratus cloud*" o "*Blue sky drizzle*", che nebulizzano gocce d'acqua per mantenere la temperatura dell'aria costante) o riflessione (i "*Moon light*" o "*Long waves filters*", che filtrano e riflettono la luce attraverso la loro parte sommitale).

I dispositivi di riscaldamento e di deumidificazione dell'aria consentono agli utenti del parco di ripararsi dalle intemperie o

contrastare il fenomeno della sudorazione per coloro che svolgono nel parco attività sportiva. Il primo obiettivo viene raggiunto attraverso rifugi coperti o alberi con una fronda compatta, il secondo scopo è invece perseguito attraverso specie vegetali in grado di assorbire l'umidità attraverso le radici, accoppiate con impianti artificiali che emettono aria secca e soprannominati "*Dry cloud*" o "*Desert wind*".

▲ Philippe Rahm, *Jade Eco Park*, 2016 - Stratus cloud: uno dei dispositivi del parco. Fonte: https://www.archdaily.com/903925/touch-it-smell-it-feel-it-architecture-for-the-senses/ [ultimo accesso 4.01.2020]

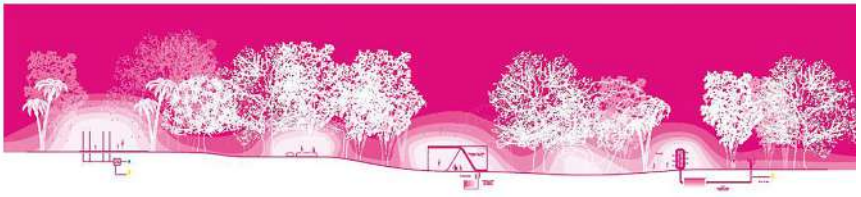
Infine, i dispositivi climatici di disinquinamento sono in grado, oltre che di purificare l'aria, di ridurre il rumore circostante e di ridurre anche la presenza delle zanzare, per assicurare una piacevole sosta.

L'effetto disinquinante viene ottenuto sempre da una commistione di componente vegetazionale in grado di assorbire ossidi di azoto e altre sostanze e che fungono anche da barriere acustiche, a cui si aggiunge la componente artificiale rappresentata dagli "*Ozone eclipse*", ossia sistemi di filtraggio delle particelle di PM10 e PM2.5 presenti nell'aria.

Un altro impianto è, inoltre, deputato ad emette ultrasuoni non percepibili dall'uomo, ma che agiscono come input per allontanare la presenza delle zanzare.

Il progetto si prefigura quindi come manifesto della filosofia progettuale di Philippe Rahm della "forma che segue il clima"[1], diventando emblema di un'architettura meteorologica in grado di agire come vettore di amplificazione di certe condizioni naturali e di scaturire reazioni fisiologiche sul corpo degli utenti che la esperiscono.

1. Rahm, Philippe 2017, *Forms follows climate: about a meteorological park in Taiwan*, Editore OFL



◀ Philippe Rahm, *Jade Eco Park*, 2016
in alto: vista rendering con le differenziazioni climatiche del parco
in basso: sezioni del parco

Fonte: https://www.artwort.com/2015/05/05/architettura/vers-une-architecture-meteorologique-philippe-rahm/ [ultimo accesso 4.01.2020]

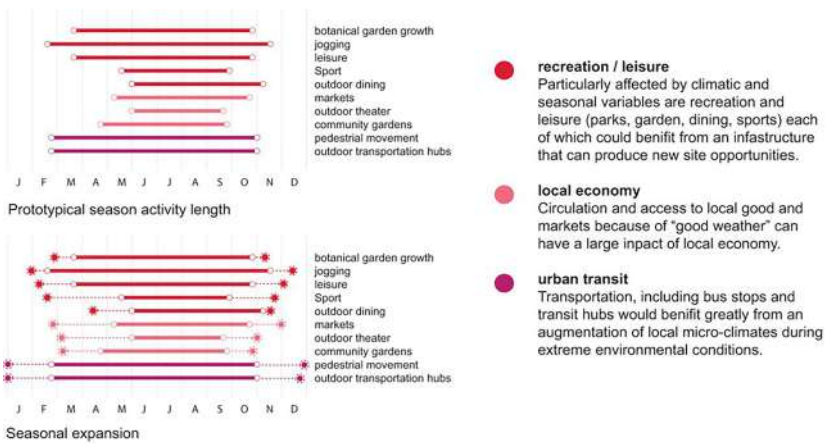
Weathers - Wanderings

Anno: 2010
Location: -
Strategia adottata: eco-data

Wanderings è un concept project di Sean Lally, fondatore dello studio di progettazione Weathers e professore associato alla University of Illinois di Chicago, nella School of Architecture.

Il progetto si basa sulla sua ricerca, molto affine a quella di Philippe Rahm, di utilizzare le condizioni ambientali come soggetto di design per la creazione di dispositivi artificiali combinati a quelli naturali. Il fine è quello di creare un paesaggio tecnologicamente aumentato e microclimaticamente regolato, che stimoli anche l'interazione sociale e influenzi la modalità con cui viviamo gli spazi esterni.

L'infrastruttura si basa sulla progettazione di un sistema capace di manipolare gli attributi climatici stagionali al livello locale, per dare la possibilità di utilizzare in maniera flessibile lo spazio esterno, incontrando quindi le esigenze legate alle diverse attività possibili a seconda delle condizioni ambientali.



Gli elementi di design sono degli agenti in grado di captare gli eco-dati e interagire dinamicamente con questi, per riconfigurarli, agendo alla micro-scala quando presi singolarmente, ma in grado di innescare conseguenze alla macro-scala se considerati come sistemi aggregati nello spazio[1].

▲ Weathers, *The Wanderings*, 2010
Fonte: http://seanlally.net/2019/02/27/wanderings/ [ultimo accesso 4.01.2020]

Sono composti da materiale elastico la cui reazione varia a seconda del contesto atmosferico e delle forze esterne (ad esempio se viene percepita la prossimità di una persona, che può usare alcuni di questi elementi come seduta), restituendo output coerenti

1. Cfr. Lally, Sean 2010, "*Eat me... Drink me…*" in Gissen, David (a cura di), *AD: Territory. Architecture Beyond Environment*, vol. 80, n. 3, Londra: Wiley Academy, pagg. 14-19

◀ Weathers, *The Wanderings*, 2010 - diagrammi delle attività stagionali
Fonte: http://seanlally.net/2019/02/27/wanderings/ [ultimo accesso 4.01.2020]

con le richieste di maggior illuminazione, umidità, riscaldamento o raffrescamento.

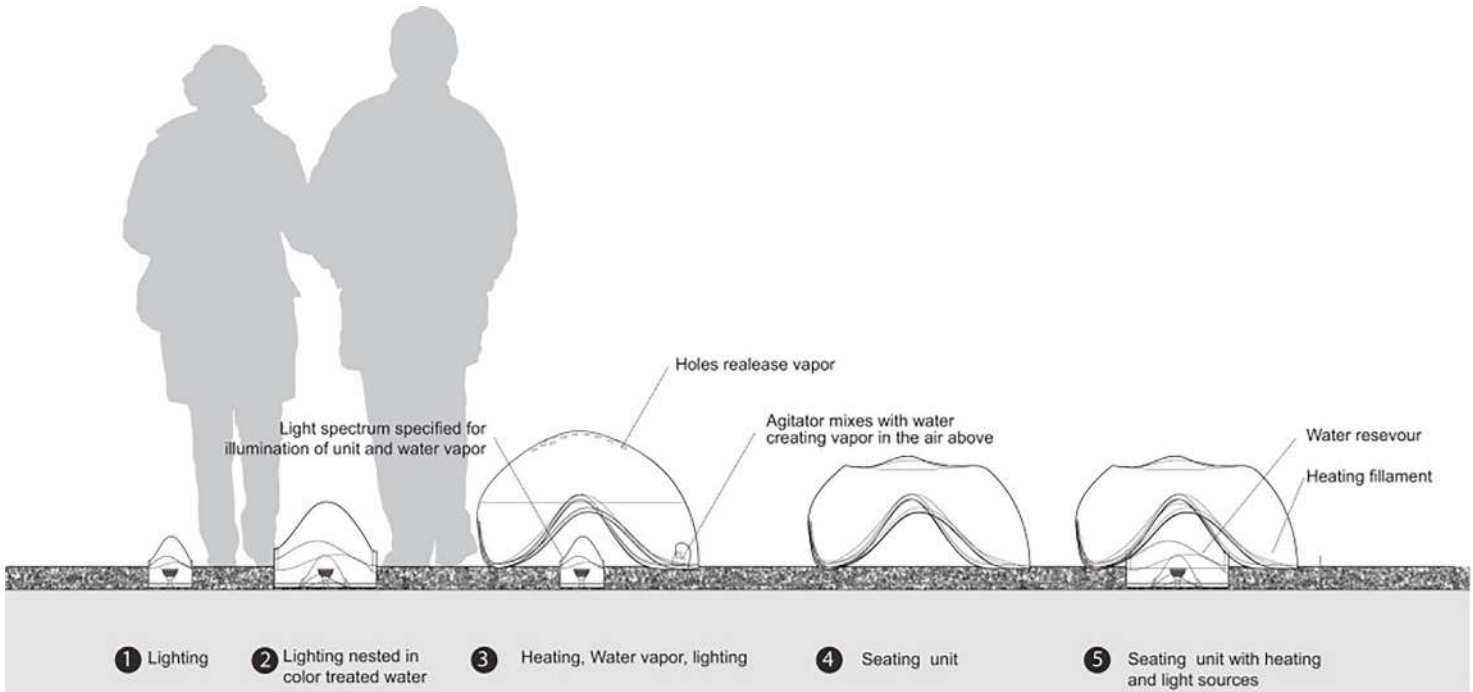
L'energia utilizzata per il funzionamento di questi dispositivi deriva da film fotovoltaici che ne permettono l'accumulo durante le ore diurne e vengono incorporate luci blu e rosse, che quando vengono emesse sono in grado di incentivare la crescita della vegetazione circostante.

Lo scopo è anche quello di stimolare la sensibilità degli utenti nei confronti di quei limiti fisici non visibili ed associati ai gradienti energetici emanati da ogni *Wanderings*, che costituisce un nodo all'interno del network più complesso. Questi gradienti diventano, inoltre, generatori della configurazione spaziale al livello planimetrico, per cui diventano strumenti attraverso cui indagare la possibilità di inserire all'interno della progettazione questi fattori come organizzatori primari della geometria[2].

2. Cfr. Lally, Sean (a cura di) 2009, *AD: Energies. New Material Boundaries*, vol. 79, n. 3, Londra: Wiley Academy

Weathers, *The Wanderings*, 2010 - sezione con funzionamento tecnologico
Fonte: http://seanlally.net/2019/02/27/wanderings/ [ultimo accesso 4.01.2019]

▼ Weathers, *The Wanderings*, 2010 - vista rendering del progetto
Fonte: http://seanlally.net/2019/02/27/wanderings/ [ultimo accesso 4.01.2019]

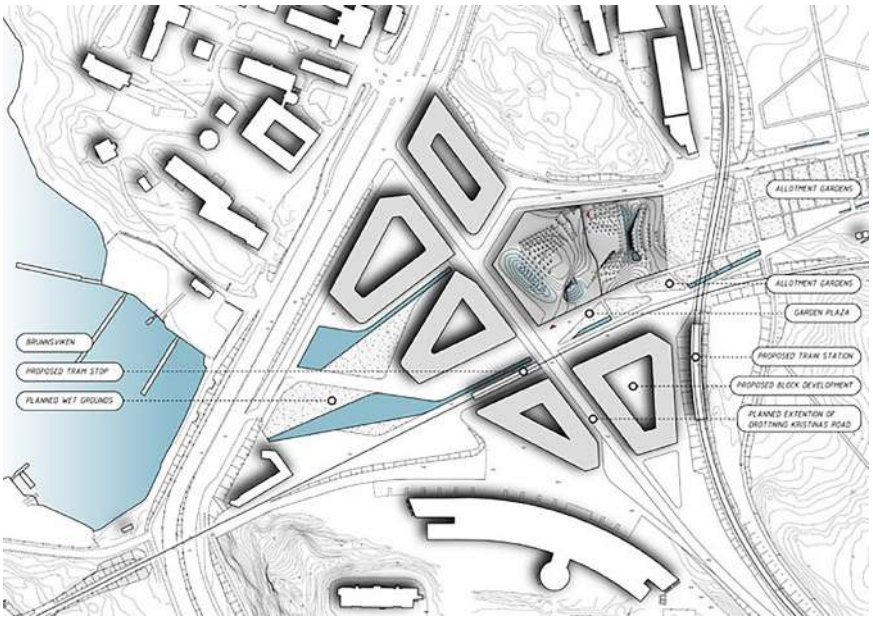

Holes realease vapor
Light spectrum specified for illumination of unit and water vapor
Agitator mixes with water creating vapor in the air above
Water resevour
Heating fillament
1 Lighting
2 Lighting nested in color treated water
3 Heating, Water vapor, lighting
4 Seating unit
5 Seating unit with heating and light sources

SCALA DELL'EDIFICIO

Servo - Hydrophile: Bioscience Innovation Center

Anno: 2010
Location: Albano, Stoccolma
Strategia adottata: eco-data

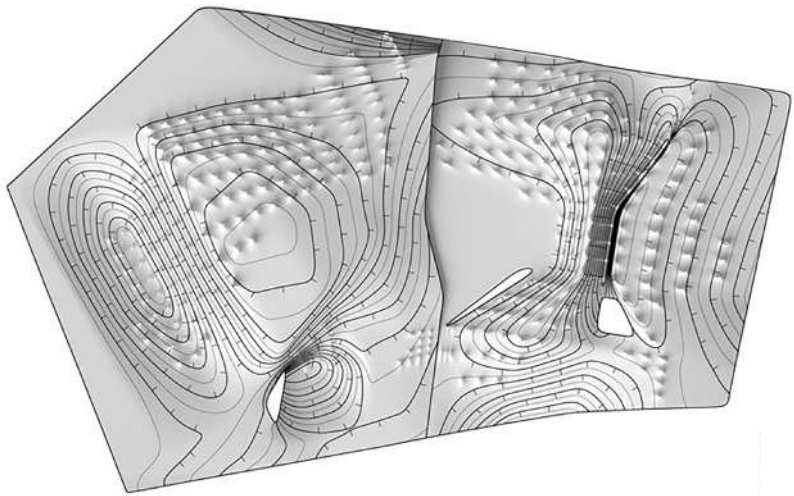
Hydrophile è una proposta di progetto avanzata dallo studio di architettura svedese Servo, per la costruzione di un Bioscience Innovation Center di 4000 m^2 situato nella città di Albano, nella regione di Stoccolma.



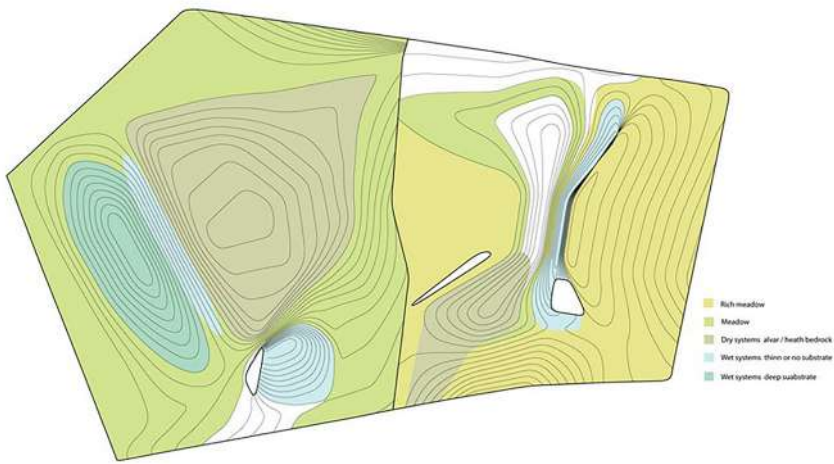
Servo, *Hydrophile*, 2010 - in alto: planimetria dell'area di intervento
nella pagina affianco: studi fluidodinamici che determinano la morfologia di copertura e differenziazione dei diversi biomi.
Fonte: https://www.arch2o.com/bioscience-innovation-center-hydrophile-servo/ [ultimo accesso 6.01.2020]

Si parla per dimensioni di un edificio che in realtà lavora alla scala del paesaggio e che cerca di fondersi con esso secondo un principio di simbiosi. Ciò è reso possibile grazie all'impiego di un tetto verde che sfrutta un sistema idrodinamico per la gestione di diverse specie di vegetazione e la generazione di microclimi.

La conformazione del tetto è pensata sulla base di studi di fluidodinamica e mira a direzionare l'acqua verso alcune aree di depressione, nelle quali viene accumulata. Questo consente la formazione di zone umide con una superficie della copertura a spessore variabile che consente il radicamento e la proliferazione delle diverse tipologie biotiche.



HYDRODYNAMIC FLOWS



L'intera superficie della copertura è percorribile e garantisce un'esperienza immersiva nel visitatore, che si addentra in un paesaggio frutto della commistione bio-tecnologica di elementi naturali e di protuberanze a base di bioplastiche o vetro riciclato, che emergono dall'edificio per svolgere funzioni a supporto della biodiversità, attraverso l'emissione di acqua, aria e fornendo luminosità.

All'interno l'edificio si caratterizza con forme fluide che determinano l'auditorium ed i laboratori specializzati, insieme ad aree per la coltivazione della vegetazione in un ambiente climaticamente controllato.

Il nome *Hydrophile* trae ispirazione dalle proprietà idrodinamiche osservate nel guscio dei coleotteri del deserto del Namib, la cui performance è data dalla collaborazione tra forma e materia alla micro-scala. A questo livello di dettaglio, infatti, nel guscio del coleottero sono presenti sia zone idrofiliache, ossia attrattive dell'acqua, che zone idrofobiche, ossia repellenti nei confronti dei liquidi.

Questo stesso principio viene astratto e integrato alla scala architettonica, ma l'atteggiamento perseguito dal progetto non è tanto biomimetico dal punto di vista formale, piuttosto si avvicina al concetto, già affrontato con Neri Oxman, di ispirarsi tecnologicamente alla natura per generare materiali eterogenei, a base organica ed inorganica ed a diverse gradazioni funzionali.

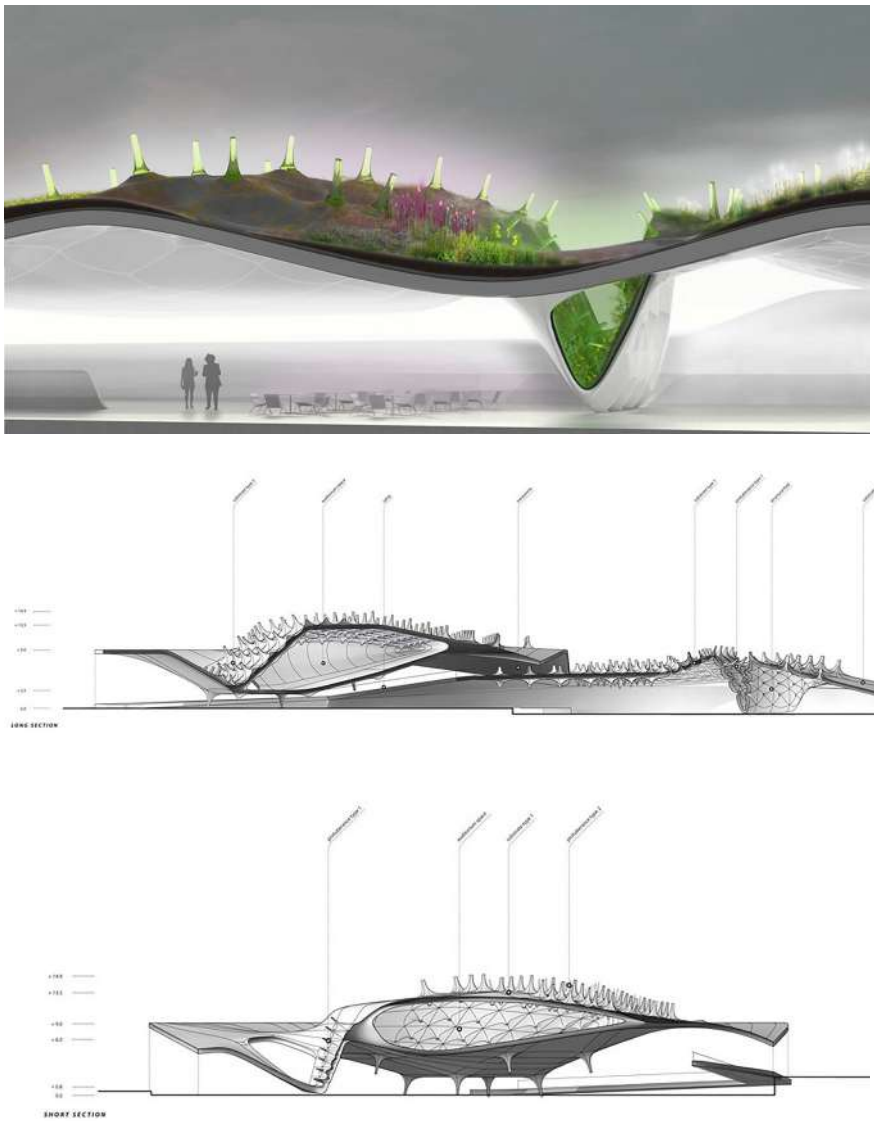
Nel caso del progetto di Servo, il risultato è infatti generato dalla collaborazione tra diverse componenti: seppur non si ricorra alla biologia sintetica come in Oxman, in questo caso l'eterogeneità dei materiali scaturisce dalla presenza dei diversi biotopi[1] coltivati sulla copertura, che forniscono diverse risposte performative rispetto alle condizioni esterne e che vengono aumentati e supportati dalla presenza del substrato tecnologico.

Inoltre, la superficie del tetto è a base di ceramiche con

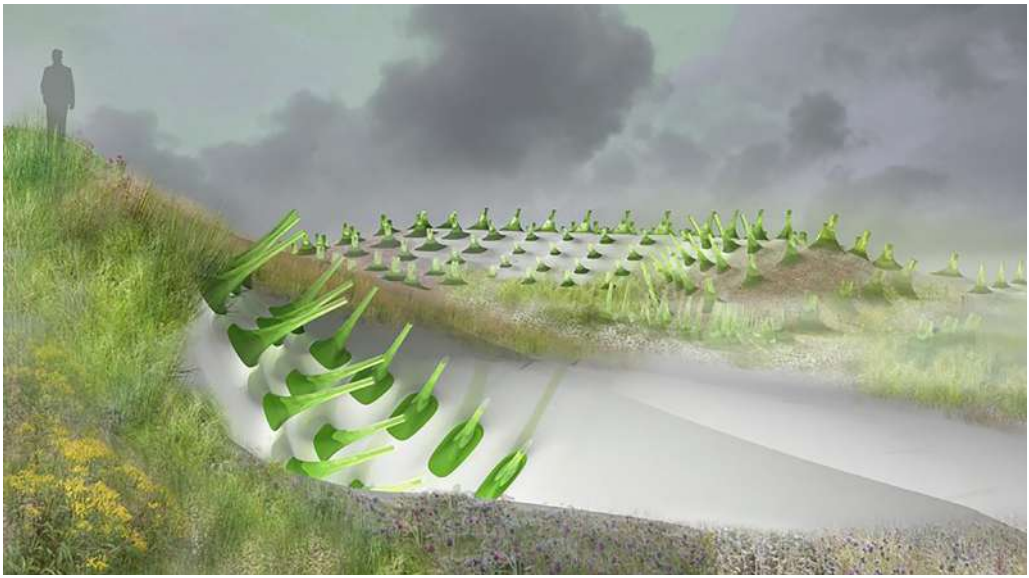
1. In ecologia per biotopo si intende un'area limitata in dimensioni (ad esempio uno stagno, una torbiera, un altipiano) di un ambiente dove vivono organismi vegetali ed animali di una stessa specie o di specie diverse, che nel loro insieme formano una biocenosi. Biotopo e biocenosi formano una unità funzionale chiamata ecosistema. Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Biotopo [ultimo accesso 5.01.2020]

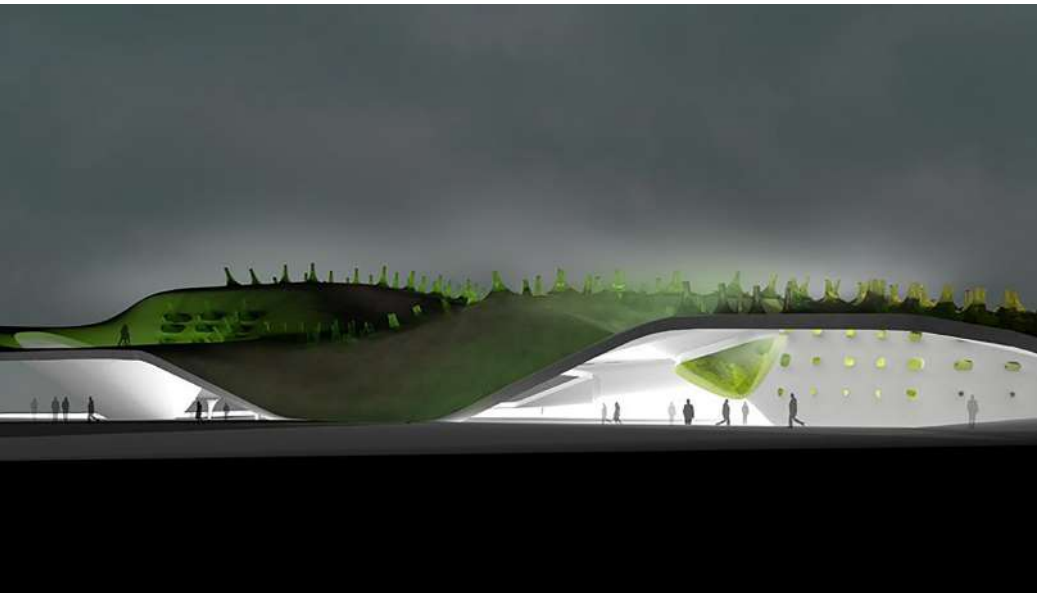
diversi gradi di porosità, accoppiata ai sistemi di protuberanze per comportarsi sia in maniera idrofiliaca che idrofobica.

Ne risulta una vera e propria infrastruttura-ecosistema, in grado di supportare la biodiversità locale ed agire in accordo con l'ambiente circostante.



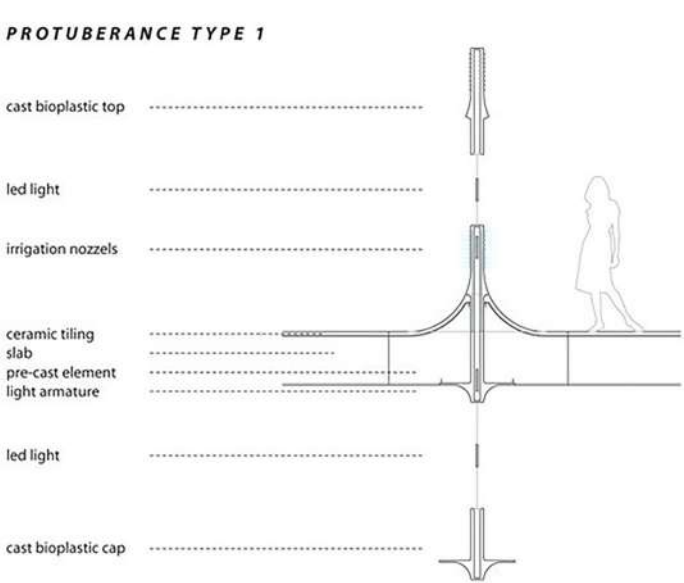
▲ Servo, *Hydrophile*, 2010 - rendering e sezioni del progetto
Fonte: https://www.arch2o.com/bioscience-innovation-center-hydrophile-servo/ [ultimo accesso 6.01.2020]

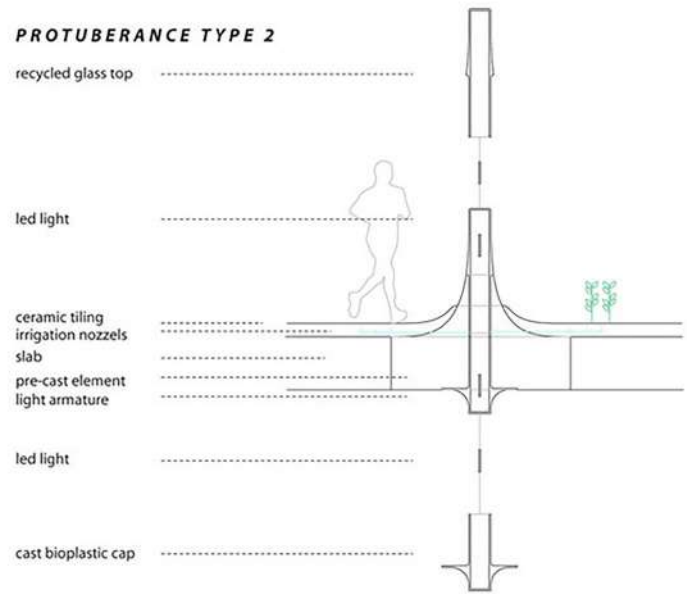




▲ Servo, *Hydrophile*, 2010 - rendering
Fonte: https://www.arch2o.com/bioscience-innovation-center-hydrophile-servo/ [ultimo accesso 6.01.2020]

Servo, *Hydrophile*, 2010 - dettaglio delle protuberanze di copertura ▶
Fonte: https://www.arch2o.com/bioscience-innovation-center-hydrophile-servo/ [ultimo accesso 6.01.2020]


PROTUBERANCE TYPE 1
cast bioplastic top
led light
irrigation nozzels
ceramic tiling
slab
pre-cast element
light armature
led light
cast bioplastic cap


PROTUBERANCE TYPE 2
recycled glass top
led light
ceramic tiling
irrigation nozzels
slab
pre-cast element
light armature
led light
cast bioplastic cap

R&Sie - I've heard about

Anno: 2004
Location: -
Strategia adottata: biodigital / eco-data

Nella complessa ed amplia sperimentazione architettonica dell'architetto François Roche, si sceglie di esaminare *I've heard about*, in quanto considerato manifesto della ricerca dello studio, nonché vera e propria "conquista epistemologica e metodologica"[1] rispetto alla possibilità di accoppiamento tra robot, bio-informazione ed architettura.

Il ruolo della macchina in Roche viene in teso non come semplice strumento meccanico a cui è delegata la trasformazione o l'assemblamento dell'artefatto architettonico, piuttosto come agente vero e proprio, in grado di elaborare, produrre e scambiare informazioni tra soggetti fisici (i cittadini), il contesto biologico ed il progetto di città.

Si propone quindi l'impiego del robot, detto VIAB, per la costruzione di un modello di connessione basato su continui *bio-feedback* e che incorpora la capacità degli organismi biologici di mantenere una condizione di equilibrio dinamico rispetto al contesto. Il risultato è un progetto che si basa su una logica *bottom-up* che è, per dirlo con le parole di Di Raimo, "inscritta in una sorta di contratto sociale e territoriale, fra abitanti e una struttura architettonica

1. Cfr. Di Raimo, Antonino 2014, *Francois Roche Eresie macchiniche e architetture viventi di New -Territories.com*, Roma: Edilstampa, pag. 18.

(chiamata anche biostruttura) che li ospita"[2].

L'involucro dell'unità abitativa di *I've heard about* si presenta come una concrezione organica di materiale ed è composto da polimeri che permettono l'integrazione di attrezzature per lo svolgimento di attività agro-urbane. Nella struttura vengono, inoltre, dispersi dei nano ricettori che sono in grado di rilevare lo stress presente, fornendo un indice sul livello di stress degli abitanti, che perturba il comportamento del VIAB.

L'architettura diventa, quindi, incorporazione di una serie di negoziazioni che vengono progressivamente modificate rispetto allo scambio di informazione tra abitante ed ambiente: il VIAB, nel momento in cui attiva il processo di costruzione, continua infatti a reperire dati rispetto alle condizioni locali (climatiche, rispetto alla densità di materiale raggiunto dalla biostruttura o rispetto alle richieste degli abitanti), per reagire in maniera adattiva e produrre un

2. *Ibidem*, pag. 19.

▲ R&Sie, *I've heard about*, 2004
Fonte: https://new-territories.com/I'veheardabout.htm [ultimo accesso 6.01.2020]

Splitterwerk - BIQ House

Anno: 2013
Location: Amburgo
Strategia adottata: biodigital / eco-data

La *BIQ House (Builduing with Bio-Intelligent Quotient)* è un edificio paradigmatico, in quanto rappresenta la prima architettura bio-reattiva al mondo in cui il ciclo biologico si interseca con quello tecnologico, grazie ad una facciata fotobiovoltaica.

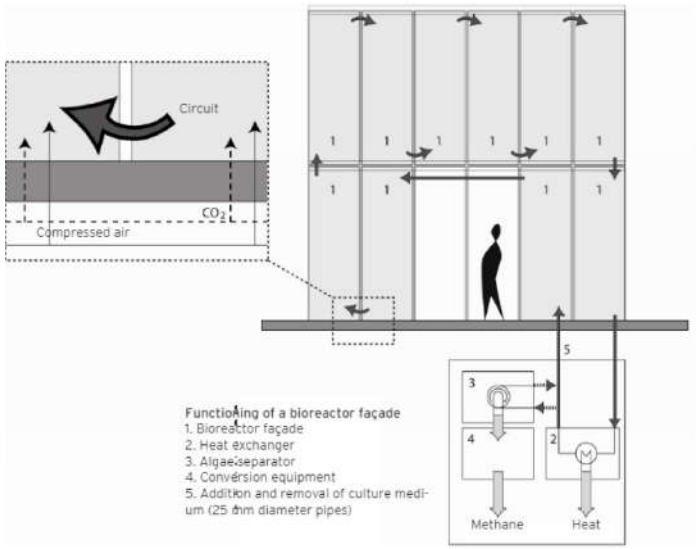
Realizzato ad Amburgo come parte integrante dell'*International Building Exhibition* (IBA), è composto da cinque piani con in totale 15 unità immobiliari di diversa metratura, di cui due che vogliono rappresentare il prototipo di appartamenti flessibili. Sono infatti composti da un nucleo centrale con i servizi (cucina e bagno), mentre gli spazi attorno sono pensati come mutevoli e l'utente può assegnare loro una funzione diversa a seconda delle esigenze, grazie al fatto che gli arredi sono integrati e nascosti lungo le pareti perimetrali.

I fotobioreattori progettati dallo studio Arup per la coltivazione di microalghe sono in tutto 129 e sono inseriti nei prospetti sud-ovest e sud-est, per garantire una massima esposizione solare e, conseguenza, il massimo rendimento energetico.

Questi sono un vero e proprio elemento bio-tecnologico *multitasking*, essendo in grado di svolgere la tripla funzione di

- schermi solari orientabili, diventando dei veri e propri *brise-soleil* "naturali"
- produttori di biomassa (e di conseguenza biocombustibile)
- collettori solari termici.

Attraverso il processo di assorbimento della luce solare svolto dalle alghe durante l'attività metabolica, i fotobioreattori sono in grado di produrre energia elettrica e calore.



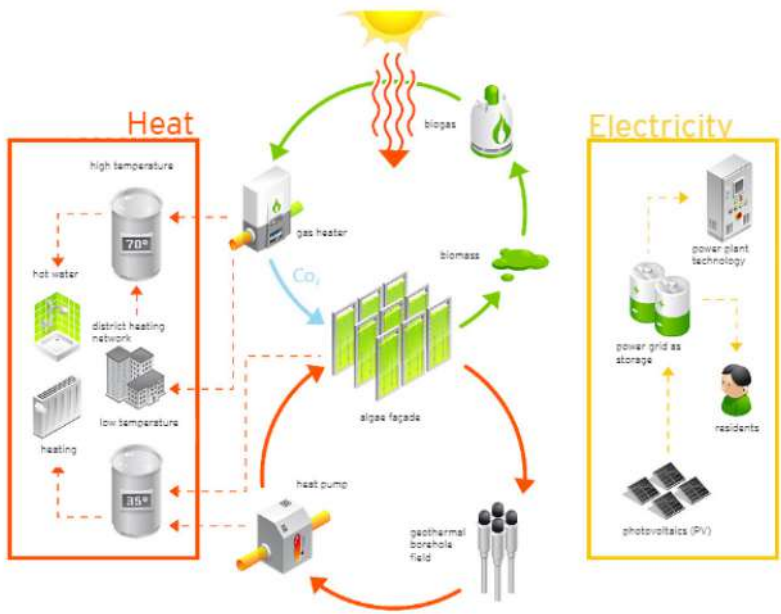
Splitterwerk, *BIQ House*, 2013
nella pagina accato: vista degli interni
in alto: schemi di funzionamento dei fotobioreattori
a destra: foto esterna della facciata

Fonte: https://www.arketipomagazine.it/biq-house-ad-amburgo-splitterwerk/ e http://docplayer.net/33182022-Smart-material-house-biq.html [ultimo accesso 6.01.2020]

L'energia sprigionata durante il processo, viene infatti trasformata in calore, come farebbe un'unità solare termica, e viene successivamente impiegata per il riscaldamento degli ambienti interni e dell'acqua delle abitazioni. Il calore raggiunto è di 40° ed è immesso nell'edificio attraverso uno scambiatore termico, ma può anche essere accumulato per l'inverno attraverso sonde geotermiche a salamoia, o utilizzato per alimentare direttamente una pompa di calore laddove sia necessario raggiungere temperature più elevate.

Allo stesso tempo, le alghe crescono all'interno dei bioreattori, alimentate da un circuito chiuso che consente la produzione di biomassa. Durante questo processo, le microalghe contribuiscono all'assorbimento di CO_2 proveniente dai gas di combustione del generatore termico, che provvede a fornire il nutrimento alle alghe stesse. Si stima che i pannelli possano contribuire alla riduzione di circa 6 tonnellate per anno di CO_2, mostrando quindi una elevata efficienza in termini di disinquinamento[1].

1. I dati tecnici sono estrapolati da un report presente sul sito dello European Portal For Energy Efficiency in Buildings e consultabile a questo link: https://www.buildup.eu/en/practices/cases/biq-house-first-algae-powered-building-world [ultimo accesso 5.01.2020]



La biomassa prodotta viene automaticamente trattata attraverso un separatore e stipata in un container a temperatura controllata, per poi essere trasportata all'interno di un impianto predisposto per la produzione di biogas.

L'intero network bio-tecnologico viene monitorato da un sistema centrale situato nell'edificio, in grado di gestire tutti i processi necessari al funzionamento dei bioreattori, in accoppiata con il sistema di gestione dell'energia del complesso di appartamenti, e che è anche in grado di tenere sotto controllo la densità della biomassa e la temperatura del medio di coltura, necessaria affinché la crescita algale avvenga correttamente.

Come affermato in una dichiarazione[2] da Jan Wurm, Europe Research Leader di Arup, la possibilità di utilizzare i processi bio-chimici nella facciata di un edificio, per creare ombreggiamento e produrre energia, rappresenta una soluzione sostenibile estremamente interessante e innovativa.

La *BIQ House*, di conseguenza, avendo superato la fase di test in un contesto di vita reale, costituisce un esempio riuscito di uno scenario davvero possibile ed a cui è necessario puntare per la realizzazione del modello di *Bio-City* (cfr. 4.2.3) e per la progettazione di un ambiente costruito in grado di sviluppare relazioni eco-simbiotiche con il contesto.

2. E' possibile leggere la dichiarazione sul sito ufficiale di Arup, all'indirizzo: https://www.arup.com/news-and-events/world-first-bioreactive-facade-debuts-in-hamburg [ultimo accesso 5.01.2020]

◀ Splitterwerk, *BIQ House*, 2013 - funzionamento circolare delle tecnologie dell'edificio. Fonte: http://docplayer.net/33182022-Smart-material-house-biq.html [ultimo accesso 6.01.2020]

ecoLogicStudio - BIO.tech HUT

Anno: 2017
Location: Astana, Kazakhstan
Strategia adottata: biodigital / bio-computing / synbio

BIO.tech HUT è un padiglione progettato per l'Expo 2017 ad Astana (Kazakhstan) e viene definito da ecoLogicStudio come il contributo più a grande scala finora raggiunto[1], dato che è un edificio permanente che racchiude alcuni aspetti che prima non erano mai stati sperimentati dagli architetti.

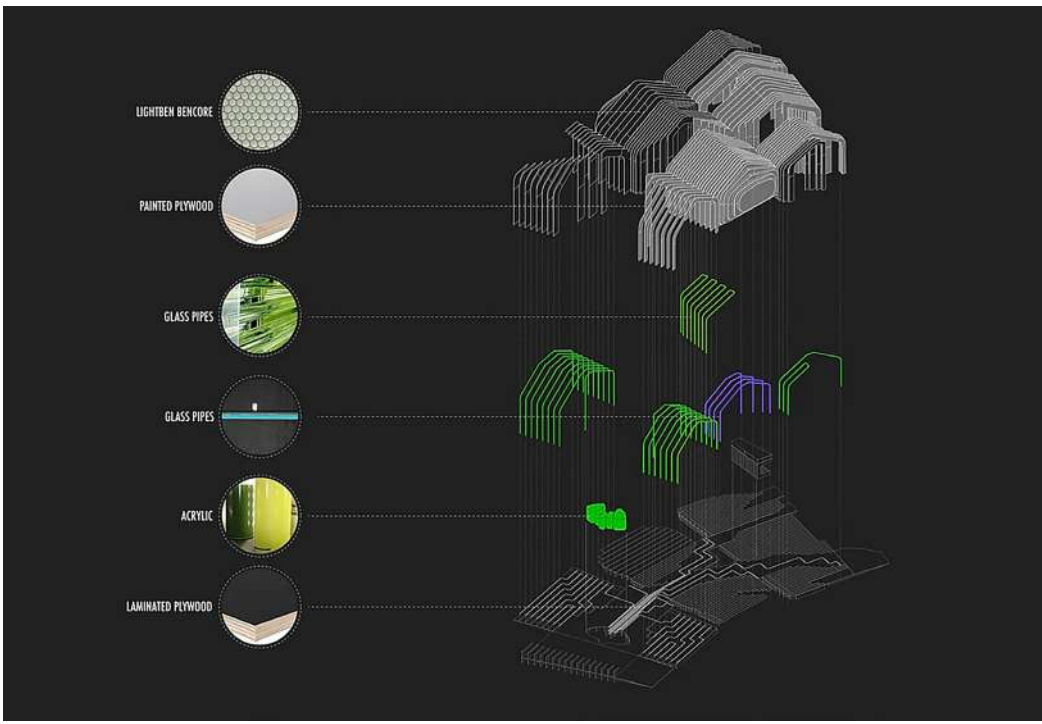
I cianobatteri sono infatti stati modificati in laboratorio per trasformare sostanze inquinanti o di rifiuto in sostanze nutritive e materie prime, assurgendo a potenziale anello mancante per raggiungere un sistema metabolico urbano chiuso. Inoltre, le microalghe impiegate all'interno del *BIO.tech HUT* non solo sono in grado di innescare il processo di fotosintesi catturando la radiazione solare, ma assorbono anche le emissioni dall'edificio stesso, in particolare CO_2, diventando un layer attivo che entra in risonanza con i cicli metabolici urbani, oltre che naturali.

In maniera prototipica, il padiglione vuole porsi come veicolo culturale per esplorare la convivenza tra uomo e microrganismi all'interno dello spazio architettonico. L'edificio diventa, di conseguenza, un mezzo attraverso cui fare esperienza di un nuovo modo di relazionarci con il mondo biologico ed i requisiti funzionali

1. Cfr. intervista condotta dall'autrice a Marco Poletto allegata alla presente dissertazione.

e di programma nel progetto vengono riscritti sulla base di queste possibilità emergenti offerte dalle biotecnologie.

Dal punto di vista spaziale, il padiglione è composto da tre ambienti interconnessi, che rappresentato le tre modalità con cui è possibile fare esperienza di questo mondo tecno-naturale: quella più scientifica/razionale, quella più artistica ed esperienziale ed infine quella più produttiva.



▲ ecoLogicStudio, *BIO.tech Hut,* 2017 - esploso assonometrico con le principali tecnologie
Fonte: https://www.photosynthetica.co.uk [ultimo accesso 7.01.2020]

Il *Lab* è lo spazio più scientifico che in qualche modo rappresenta il cervello dell'intero complesso.

Al suo interno gli utenti possono iniziare a familiarizzare con i microrganismi, per comprenderne la loro biodiversità. Inoltre, i cianobatteri vengono qui addomesticate e ingegnerizzate in ambienti di coltivazione artificiale, per studiarne diversi modelli di crescita e

sperimentare la possibilità di sintetizzare nuovi biomateriali.

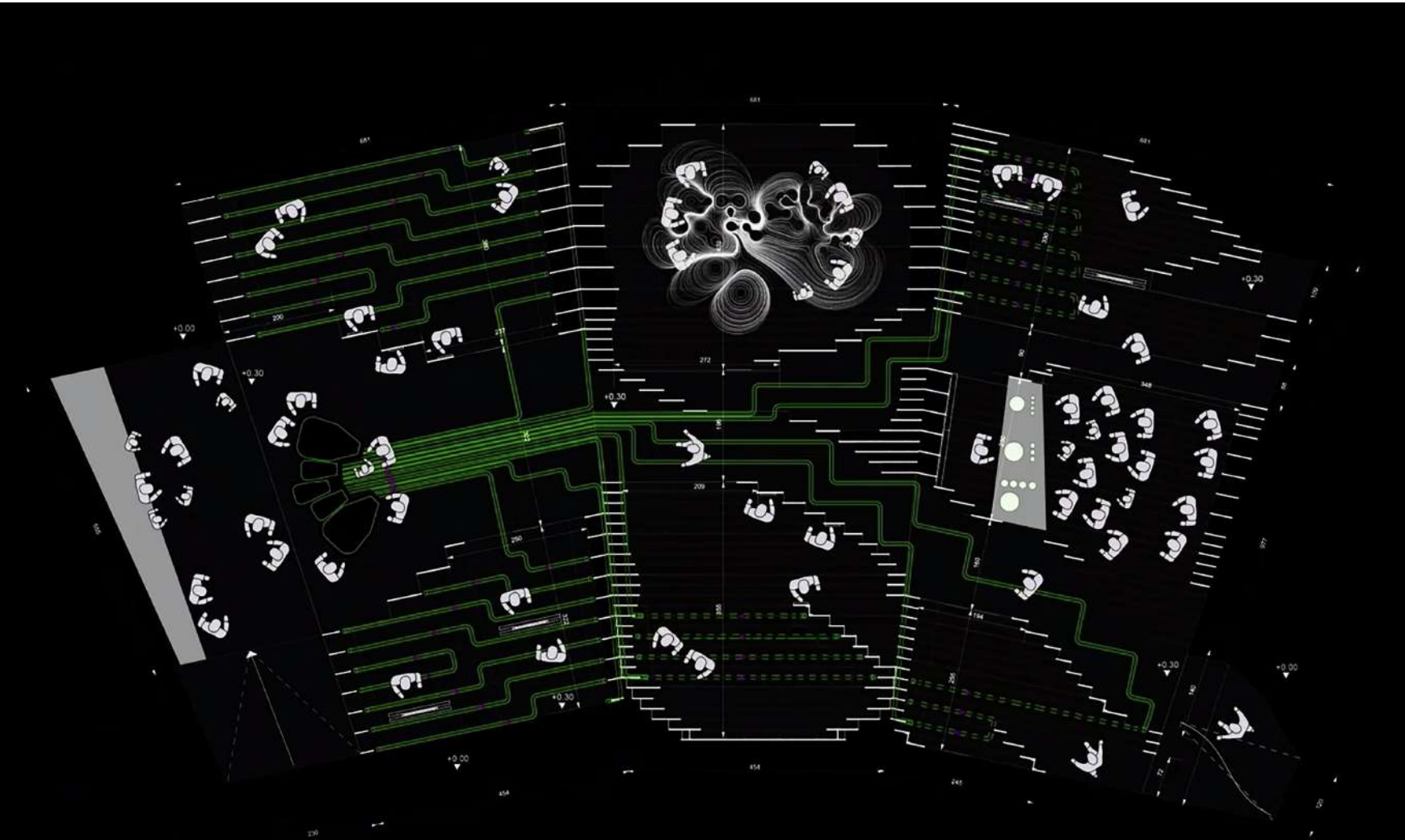
Il *Living Hut* è il nucleo dell'esperienza artistica ed è diviso in due sale:

- la *Bio.light Room*, che è uno spazio buio e calmo in cui l'unica luce visibile viene emessa dai batteri bioluminescenti quando vengono scossi ed ossigenati dal sistema di trattamento dell'aria
- la seconda stanza è, invece, inondata di luce naturale ed ospita l'installazione *H.O.R.T.U.S. (Hydro Organisms Responsive to Urban Stimuli)*, abitata da colonie fotosintetiche di cianobatteri che i visitatori sono incoraggiati a nutrire interagendo con delle pompette sospese. Queste servono a iniettare biossido di carbonio all'interno del sistema, necessario ai microorganismi per la loro attività metabolica e per lo sviluppo di biomassa. La scultura del giardino cibernetico, oltre a rappresentare un'installazione di sicuro interesse estetico, è soprattutto un sistema altamente produttivo, in quanto potrebbe garantire un certo apporto di coltura in grado di generare bio-energia.

Il *Garden Hut*, infine, è un ambiente dedicato alla produzione di super-cibo e bio-carburante. Qui, la *Algae Photo-Bioreactor Room* è infatti piena di microrganismi in crescita che, dopo essere stati trattati all'interno della zona di raccolta e di trasformazione della biomassa, possono essere impiegati per uso commerciale nel settore energetico o alimentare.

Dal punto di vista tecnologico, il meccanismo di funzionamento dei fotobioreattori sfrutta un sistema avanzato che pompa aria ad alta velocità per tenere in movimento i microrganismi contenuti in tubi di vetro da laboratorio. Il flusso d'aria genera infatti un effetto centrifugo all'interno del fluido contenuto nei tubi, che catalizza lo scambio di ossigeno e CO_2. I tubi assurgono a veri e propri elementi architettonici che caratterizzano lo spazio e sono supportati da una serie di telai in policarbonato alveolare ad alte prestazioni.

Ne risulta una struttura molto leggera e completamente riciclabile, che ottimizza anche la penetrazione di luce naturale all'interno dell'edificio.



La superficie complessiva di *BIO.tech HUT* è di 180mq, con una capacità di ospitare 1600L di coltura. In condizioni ottimali, si stima una produzione di circa 1kg di biomassa algale al giorno, che può contenere fino al 60% di olio da cui è possibile ricavare 1kg di biocarburante, liberando 10KWh di energia, ossia un quantitativo sufficiente per alimentare una casa media nel Regno Unito.

Per quanto riguarda l'aspetto legato alla produzione alimentare, invece, una microalga come la Chlorella, che viene impiegata all'interno dell'HUT, contiene fino al 60% di proteine vegetali, che si prefigurano come interessante ed indispensabile nuova fonte proteica da impiegare all'interno della nostra dieta. Si stima che quotidianamente il padiglione è in grado di produrre fino a 600 g di biomassa proteica, che equivale quindi al fabbisogno proteico giornaliero necessario a 12 adulti.

La stessa quantità potrebbe essere raggiunta con l'impiego di ben otto mucche, volendo fare una comparazione con l'equivalente proteico a base di carne, per cui ne deriva un'ottimizzazione anche rispetto alla riduzione delle emissioni di gas serra legate all'agricoltura o all'allevamento.

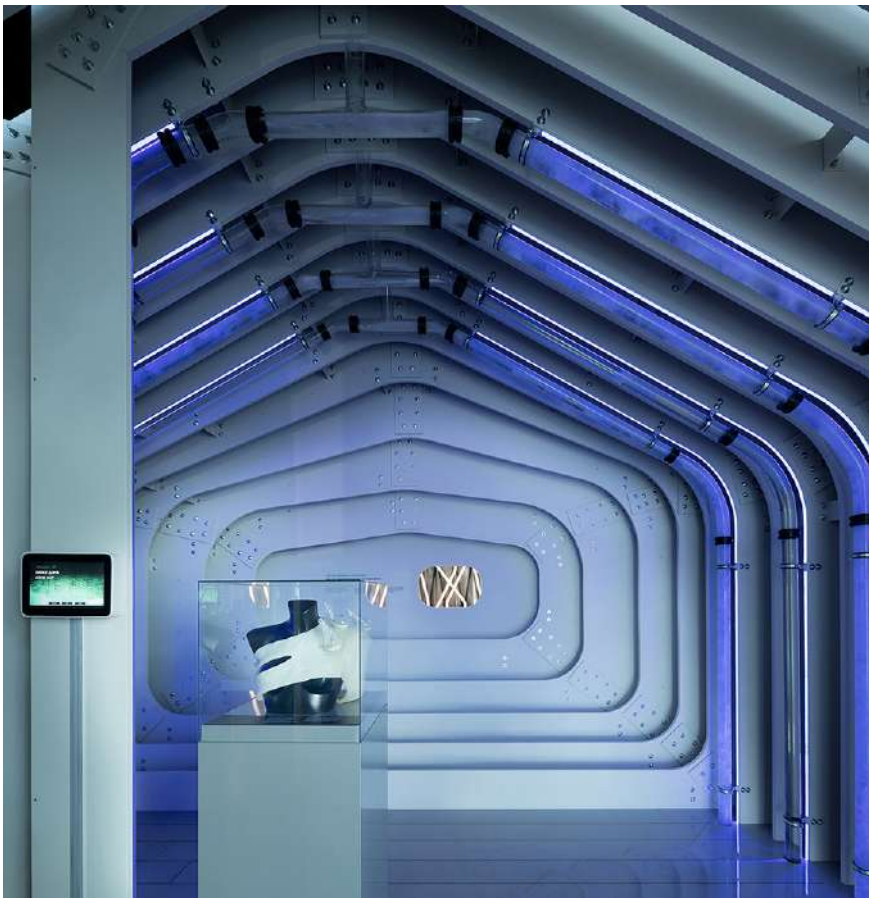
A ciò, come già specificato, si aggiunge la capacità di captazione della CO_2 dei fotobioreattori, che sono in grado di assorbire fino a 2kg di anidride carbonica al giorno, ossia il quantitativo assorbito da 32 alberi di grossa taglia[2].

2. I dati sono estrapolati dalla descrizione pubblicata sul sito di photo.Synthetica, il consorzio inaugurato nel 2018 dagli stessi Marco Poletto e Claudia Pasquero di ecoLogicStudio per unificare la loro pratica architettonica all'attività didattica e di ricerca svolta presso lo Urban Morphgenesis Lab della UCL Bartlett ed il Synthetic Landscape Lab dell'University of Innsbruck. Il sito è visitabile a questo link: https://www.photosynthetica.co.uk/interior [ultimo accesso 2.01.2020]

ecoLogicStudio, *BIO.tech Hut,* 2017 - foto delle sale interne: il Garden Hut e il Living Hut con l'installazione H.O.R.T.U.S.
Fonte: https://archello.com/project/biotech-hut [ultimo accesso 7.01.2020]

ecoLogicStudio, *BIO.tech Hut,* 2017 - pianta dell'edificio
Fonte: Marco Poletto, "Urban Microbiology is the Key to Building the Future of our Cities". TEDx Bucarest, 24.04.2018

GARDEN HUT



▲ ecoLogicStudio, *BIO.tech Hut,* 2017 - foto della Bio.light Room
Fonte: https://archello.com/project/biotech-hut [ultimo accesso 7.01.2020]

SCALA DELL'INSTALLAZIONE/DI DESIGN

ecoLogicSTudio - Urban Algae Folly
Anno: 2015-2017
Location: Milano, Aarhus
Approccio adottato: eco-data / biodigital / biocomputing

Urban Algae Folly è una struttura di copertura innovativa che permette la coltivazione delle microalghe.

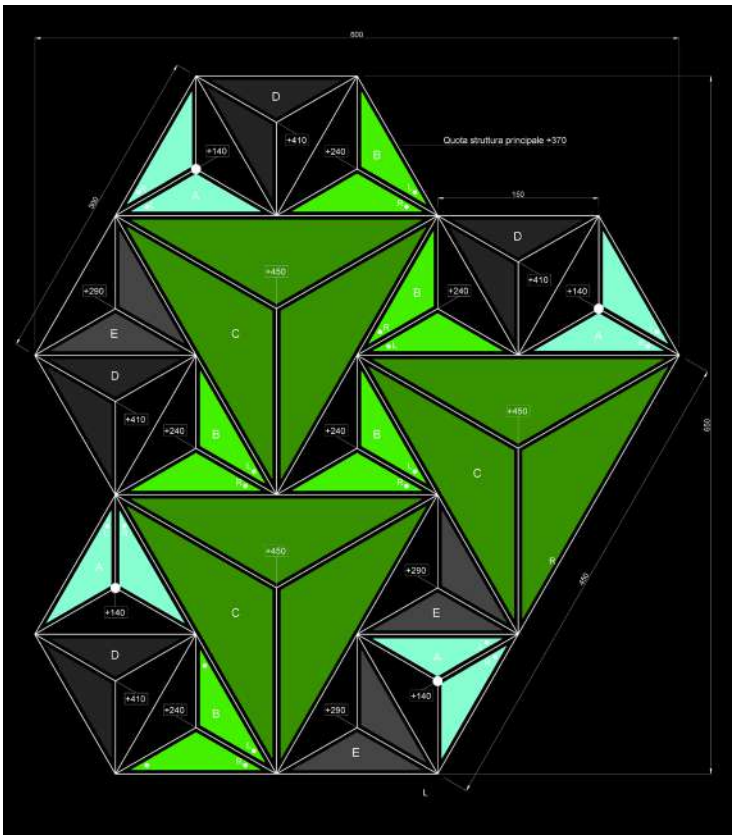
È stata inaugurata per la prima volta in occasione dell'Expo di Milano 2015, dal titolo F*eeding the Planet, Energy for Life*, ed in particolare è stato ospitato all'interno dell'area dedicata al *Future Food District*, curato da Carlo Ratti e dove era presente anche un prototipo di facciata progettato da Cesare Griffa (cfr. scheda allegata).

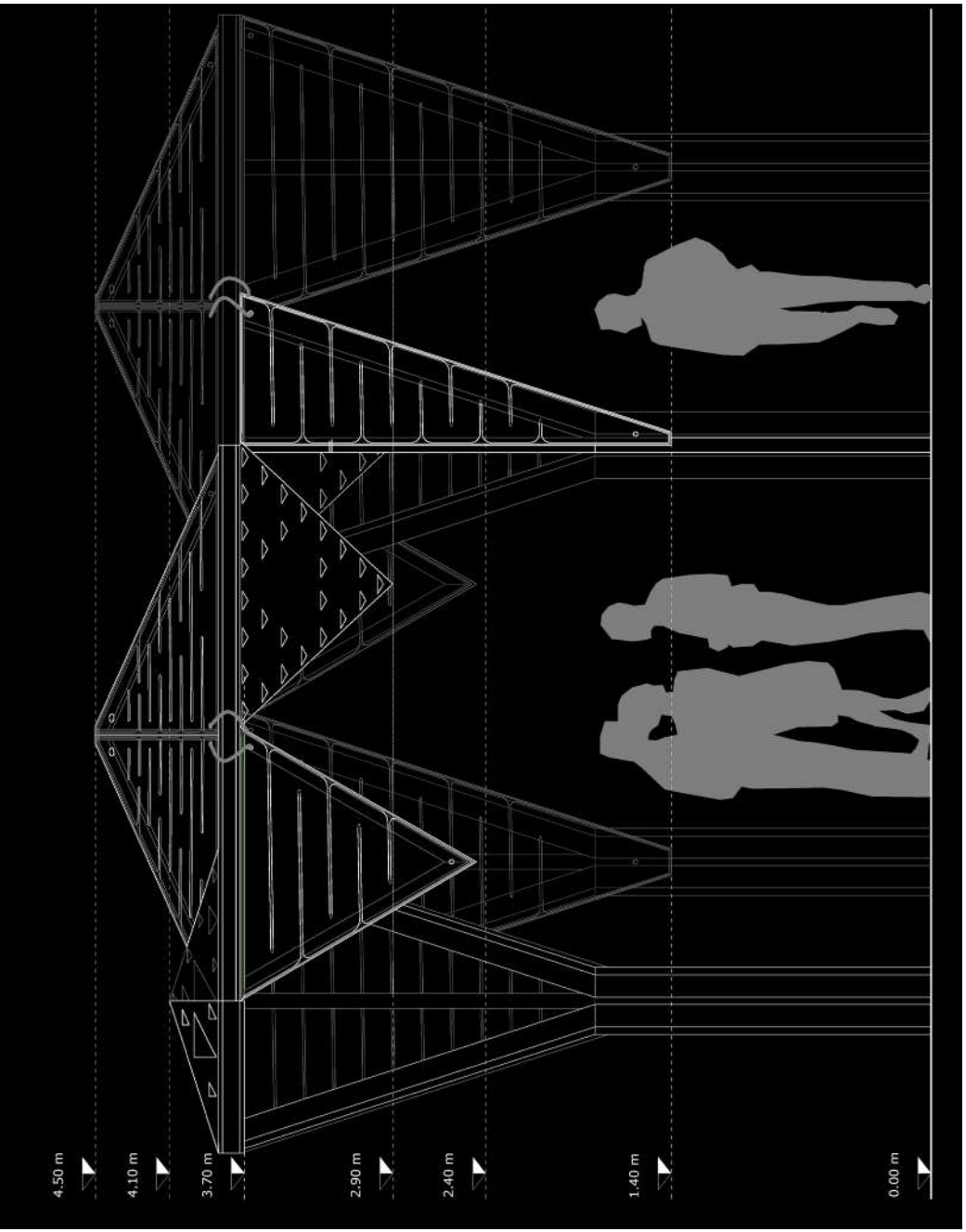
Tre tipologie di microalghe nei tre circuiti indipendenti vengono, quindi, coltivate all'interno moduli in ETFE sorretti da una struttura realizzata con macchinari CNC, costituendo un sistema biodigitale che allo stesso tempo concorre alla crescita di biomassa e fornisce riparo agli utenti per migliorare in comfort urbano.

Urban Algae Folly è un'architettura sia reattiva che adattiva: quando il sole colpisce la struttura, le alghe che fluiscono attraverso una serie di sacche e tubi, iniziando il processo della fotosintesi e modificando costantemente l'aspetto dell'installazione in risposta alle condizioni meteorologiche: ad una maggiore attività delle alghe nelle ore più soleggiate, corrisponde infatti una maggiore opacità dei pannelli.

Un sistema operativo computerizzato tiene, inoltre, sotto controllo il meccanismo di crescita ed il pH della soluzione di coltura delle alghe e rende l'architettura responsiva rispetto alla presenza di visitatori. L'irrorazione di acqua e ossigeno viene infatti regolata da

elettrovalvole che sono in grado di alterare la velocità del flusso nel momento in cui i sensori di prossimità captano la vicinanza degli utenti, in modo da creare una relazione simbiotica tra condizioni climatiche, organismi biologici (umani e non-umani) e sistemi di controllo digitali.





▲ ecoLogicStudio, *Urban Algae Folly,* 2015 - sezione
Fonte: http://syndebio.com/urban-algae-folly/ [ultimo accesso 8.01.2020]

◀ ecoLogicStudio, *Urban Algae Folly,* 2015 - pianta e foto del prototipo esposto a Expo 2015.
Fonte: http://syndebio.com/urban-algae-folly/ [ultimo accesso 8.01.2020]

Il prototipo è stato, successivamente, presentato con un design più avanzato in altre occasioni. Soprattutto, si segnala l'integrazione di *Urban Algae Folly* nel progetto *Aarhus Wet City* del 2017 (cfr. scheda di progetto allegata alla presente dissertazione), dove ecoLogicStudio si è impegnato nella realizzazione dei *blue-green plans* per la città danese.

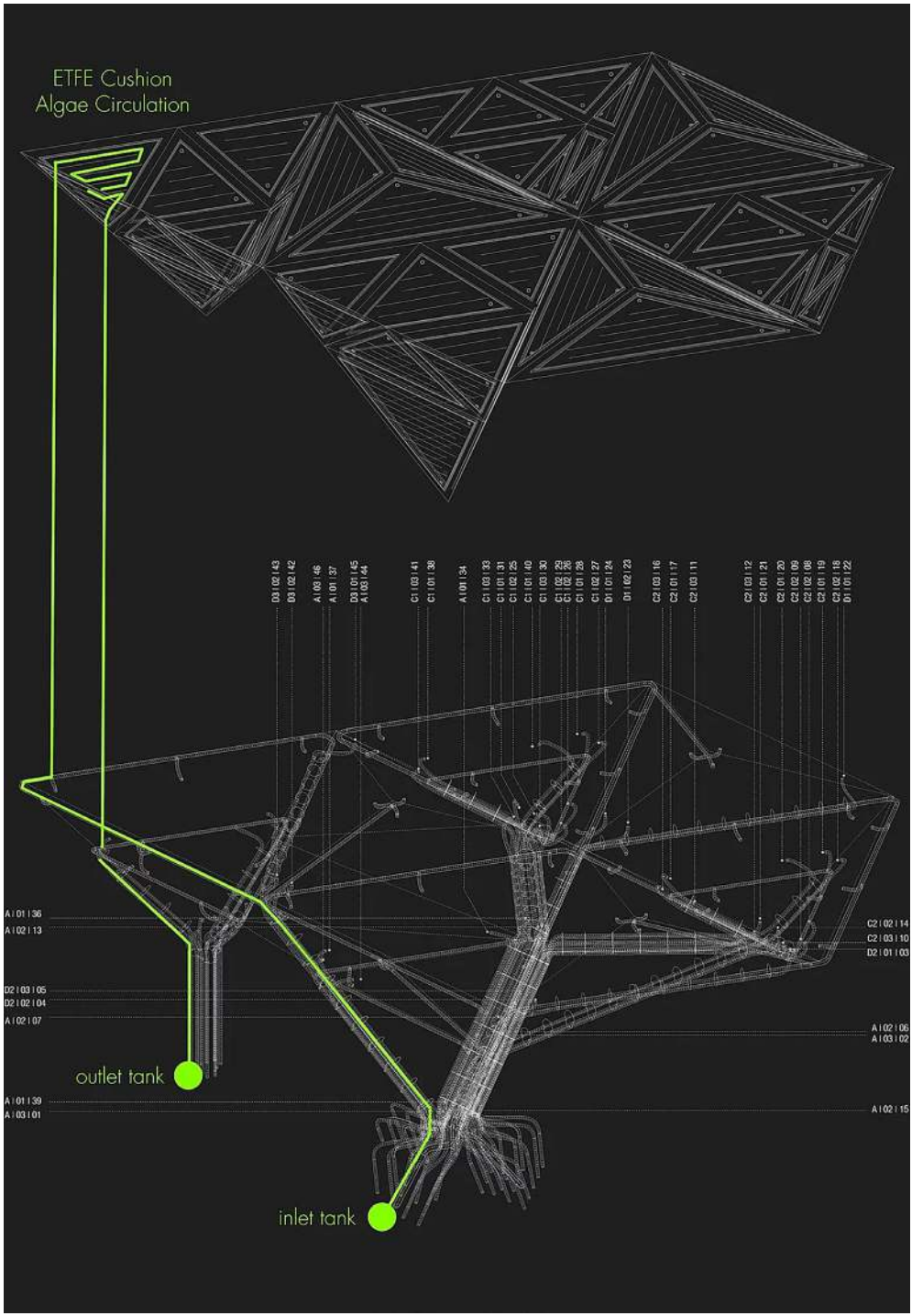
L'obiettivo è che questi bio-prototipi vengano installati negli spazi pubblici urbani per fungere da attivatori paesaggistici.

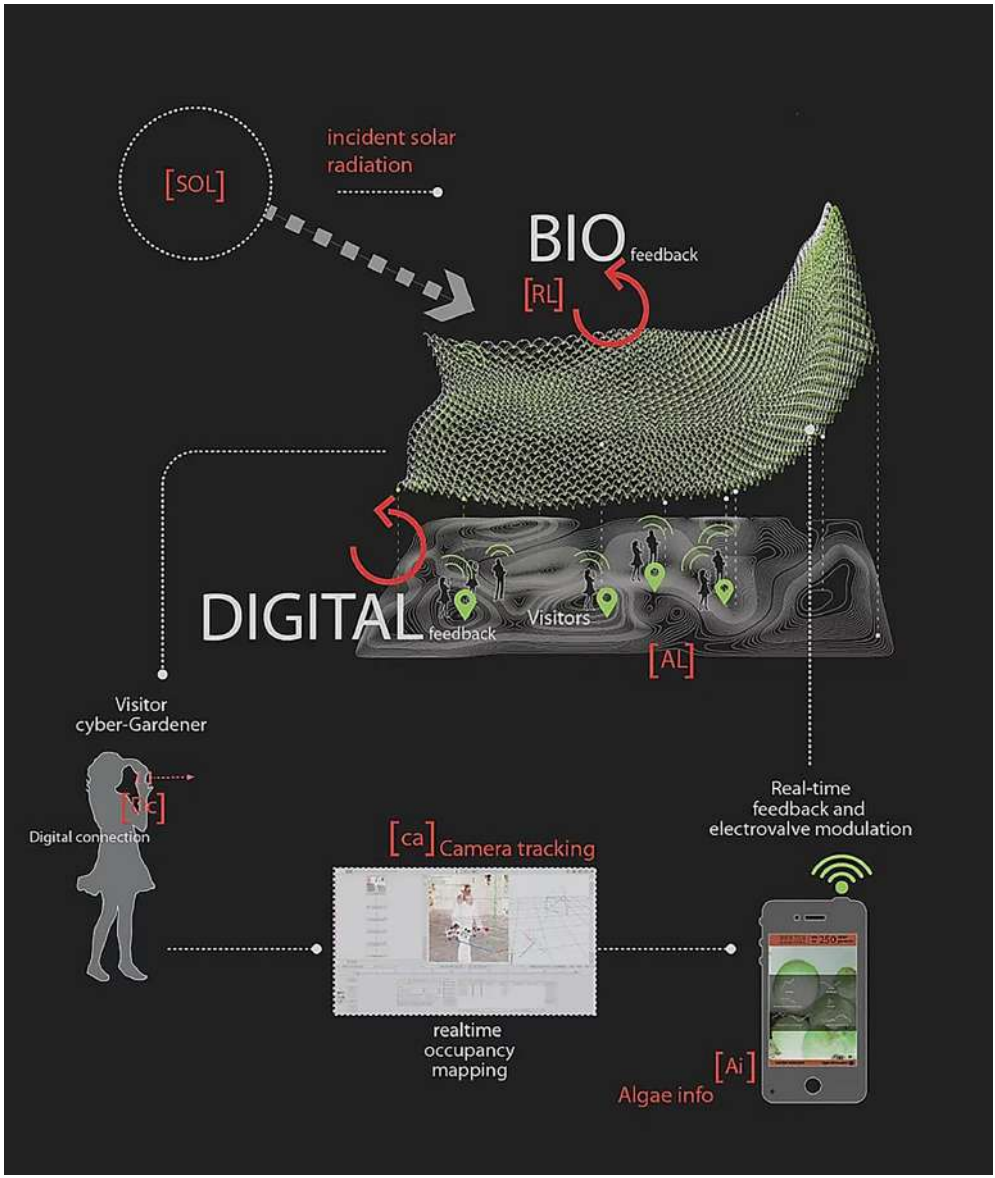
L'elemento interessante di questa ulteriore iterazione progettuale è che in questo caso, rispetto alla prima versione della folly, l'acqua impiegata nel sistema biodigitale è stata prelevata direttamente dal porto, per cui conteneva già al suo interno un campione di biodiversità e organismi con potenziale fotosintetico.

Come spiega Poletto, questi bio-prototipi rappresentano delle unità di misura all'interno dei *blue-green plans*, che aiutano a monitorare la situazione a scala locale ma allo stesso tempo, essendo unite in un network, sono in grado di descrivere anche le condizioni alla scala urbana, trasformandosi in veri e propri sistemi metabolici urbani diffusi[1].

1. Cfr. condotta dall'autrice a Marco Poletto allegata alla presente dissertazione.

▼ ecoLogicStudio, *Urban Algae Folly,* 2017 - foto del prototipo esposto al porto di Aarhus. Fonte: https://www.photosynthetica.co.uk/canopy [ultimo accesso 8.01.2020]


ETFE Cushion
Algae Circulation
D3 | 02 | 43
D3 | 02 | 42
A | 03 | 46
A | 01 | 37
D3 | 01 | 45
A | 03 | 44
C1 | 03 | 41
C1 | 01 | 38
A | 01 | 34
C1 | 03 | 33
C1 | 01 | 31
C1 | 02 | 25
C1 | 01 | 40
C1 | 03 | 30
C1 | 02 | 29
C1 | 02 | 26
C1 | 01 | 28
C1 | 02 | 27
D1 | 01 | 24
D1 | 02 | 23
C2 | 03 | 16
C2 | 01 | 17
C2 | 03 | 11
C2 | 03 | 12
C2 | 01 | 21
C2 | 01 | 20
C2 | 02 | 09
C2 | 02 | 08
C2 | 01 | 19
C2 | 02 | 18
D1 | 01 | 22
A | 01 | 36
A | 02 | 13
C2 | 02 | 14
C2 | 03 | 10
D2 | 01 | 03
D2 | 03 | 05
D2 | 02 | 04
A | 02 | 07
A | 02 | 06
A | 03 | 02
outlet tank
A | 01 | 39
A | 03 | 01
A | 02 | 15
inlet tank



▲ ecoLogicStudio, *Urban Algae Folly,* 2017 - schema del processo interattivo.
Fonte: https://www.photosynthetica.co.uk/canopy [ultimo accesso 8.01.2020]

◀ ecoLogicStudio, *Urban Algae Folly,* 2017 - sezione del prototipo esposto al porto di Aarhus.
Fonte: https://www.photosynthetica.co.uk/canopy [ultimo accesso 8.01.2020]

Philip Beesley, Rachel Armstrong - Hylozoic Ground

Anno: 2010
Location: Venezia
Approccio adottato: biodigital / biocomputing / synbio

Hylozoic Ground è una scultura cinetica progettata da Philip Beesley della University of Waterloo in collaborazione con Rachel Armstrong e quindi con il Living Architecture Group.

Il nome trae ispirazione dall'ilozoismo, un'antica visione filosofica secondo cui il principio della vita è intrinseco alla materia e, pertanto, viene preso a metafora di una città futura che possa ospitare artefatti che, come esseri viventi, possano avere in sé stessi animazione, movimento e sensibilità.

L'installazione immersiva è stata presentata nel padiglione canadese in occasione della Biennale di Architettura di Venezia del 2010 ed è servita come modello base per le successive sperimentazioni ed implementazioni che sono state fatte negli anni seguenti in altre esposizioni.

Propone un paesaggio sintetico in grado di sviluppare comportamenti viventi: reagisce in maniera empatica rispetto alla presenza degli utenti, impara e si auto-adatta grazie ad un sistema di machine learning che consente un comportamento della struttura non più basato su responsività pre-programmata, ma che sfrutta algoritmi di apprendimento, mostrando responsività anche rispetto a cambiamenti chimici al livello atmosferico.

La bio-struttura sintetica massimizza quindi l'interscambio tra gli occupanti e le variazioni ambientali grazie alla presenza di un network interattivo di fronde meccaniche digitalmente fabbricate

con attuatori in leghe a memoria di forma che determinano il comportamento cinetico, microprocessori e sensori di prossimità, oltre che ampolle contenenti protocellule di diverso tipo, in grado di purificare l'acqua immessa nel sistema, proveniente dalla laguna veneziana, e l'aria.

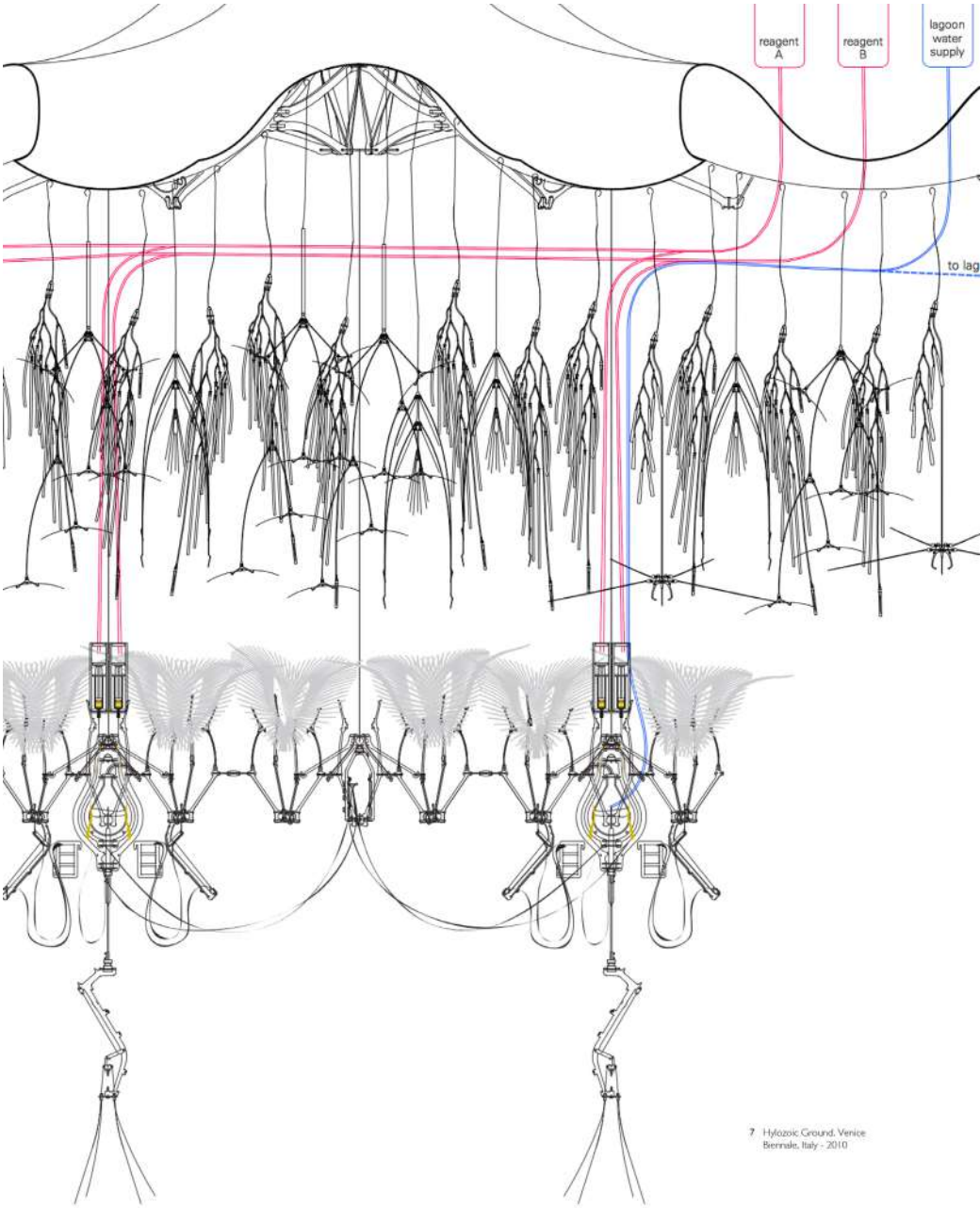
Beesley, Armstrong, *Hylozoic Ground,* 2010 - foto della installazione e dettaglio del contenitore con le protocellule

Beesley, Armstrong, *Hylozoic Ground,* 2010 - vistione complessiva dell'installazione. Fonte: https://www.researchgate.net/publication/297700714_Hylozoic_Ground [ultimo accesso 8.01.2020]

La biologia sintetica quindi subentra nella programmazione delle protocellule che innescano il processo di metabolismo e di interazione che entra in combinazione con i sistemi computazionali, rendendo la scultura un vero e proprio polmone bio-tecnologico.

Al di là della connotazione poetica di cui è connotata la struttura, *Hylozoic Ground* fornisce un input interessante per pensare ad una possibile implementazione di questa tecnologia che si basa sul geotessile, la scienza dei materiali, il design, la robotica, la biotecnologia, la psicologia e l'ingegneria per ottenere involucri architettonici o coperture urbane che siano in grado di sostenere relazioni complesse con l'ambiente e le persone, oltre che ad assolvere l'aspetto funzionale legato al filtraggio dell'aria o all'impiego come sistemi di ombreggiamento.

12 Hylozoic Ground, Venice Biennale, Italy - 2010



Beesley, Armstrong, *Hylozoic Ground,* 2010
nella pagina accato: particolare di uno degli elementi cinetici.
in alto: dettaglio del funzionamento tecnologico del sistema linfatico dell'installazione.

Fonte: https://www.researchgate.net/publication/297700714_Hylozoic_Ground [ultimo accesso 8.01.2020]

Achim Menges - Meteorosensitive Pavilions

Anno: 2012
Location: Parigi
Approccio adottato: Material Computation

Achim Menges, in collaborazione con Steffen Reichert ed Oliver David Kried, ha realizzato nel 2012 due padiglioni basati sulla *Material Computation* applicata al legno (cfr. 4.3.4), con lo scopo di sviluppare un'architettura meteorosensibile, ossia che si basi sull'interrelazione tra comportamento del materiale, morfogenesi computazionale e manifattura robotica.

Hygroskin, in mostra permanente presso il FRAC Centre, e *Hygroscope*, in esposizione invece al Centre Pompidou, sono quindi due padiglioni che sfruttano la capacità del legno di agire in maniera igroscopica rispetto alla presenza di umidità nell'aria, essendo in grado di assorbirla o di rilasciarla nell'ambiente circostante rispetto alle condizioni di umidità o di secchezza atmosferica.

Questo fenomeno dipende dal carattere anisotropico del materiale, dipendente quindi dalla direzionalità con cui vengono disposte le fibre.

A tal fine, sono state studiate le proprietà intrinseche del materiale, per computarle e sviluppare un meccanismo che per azionarsi sfrutta i processi metabolici del legno, senza la necessità di somministrazione di energia o l'impiego di sensoristica, ma basandosi esclusivamente sui *feedback* che avvengono naturalmente al livello biologico rispetto ai parametri climatici.

Ne deriva la realizzazione di due padiglioni di abete e di acero che quindi agiscono come organismi viventi: i sottili moduli triangolari di legno, mentre assorbono l'umidità, espandono i loro pori provocando la chiusura delle zone dove sono previste le aperture del padiglione; quando, invece, l'ambiente circostante è più asciutto, i pori si restringono ed i moduli si ritirano per scoprire le aperture stesse.

Questo garantisce una modulazione costante del rapporto tra esterno ed interno, portando ad una convergenza tra esperienza spaziale ed ambientale[1].

HygroSkin è realizzato con una struttura portante in telaio di acciaio che segue la tassellazione di Voronoi, in cui vengono fissati moduli di compensato a cui sono applicate le aperture reattive, prodotte con l'aiuto di uno scanner laser (per indagare le proprietà microscopiche del materiale) e di un robot per la stampa 3D.

Il modello computazionale alla base integra sia i dati relativi alla struttura anatomica interna del materiale, che i parametri di controllo robotico necessari alla fabbricazione degli elementi differenziati che compongono il padiglione.

1. Cfr. Menges, Achim et a. 2014, "*HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion*" in Gramazio, F., Kohler, M., Langenberg, S. (a cura di.), *Fabricate: Negotiating Design and Making*, Zurigo, pagg. 272-279.

▼ Achim Menges, *HygroSkin,* 2012 - vistione complessiva del padiglione.
Fonte: https://www.designboom.com/architecture/achim-menges-developes-hygroskin-and-hygroscope-biomimetic-meteorosensitive-pavilions-4-14-2014/ [ultimo accesso 8.01.2020]

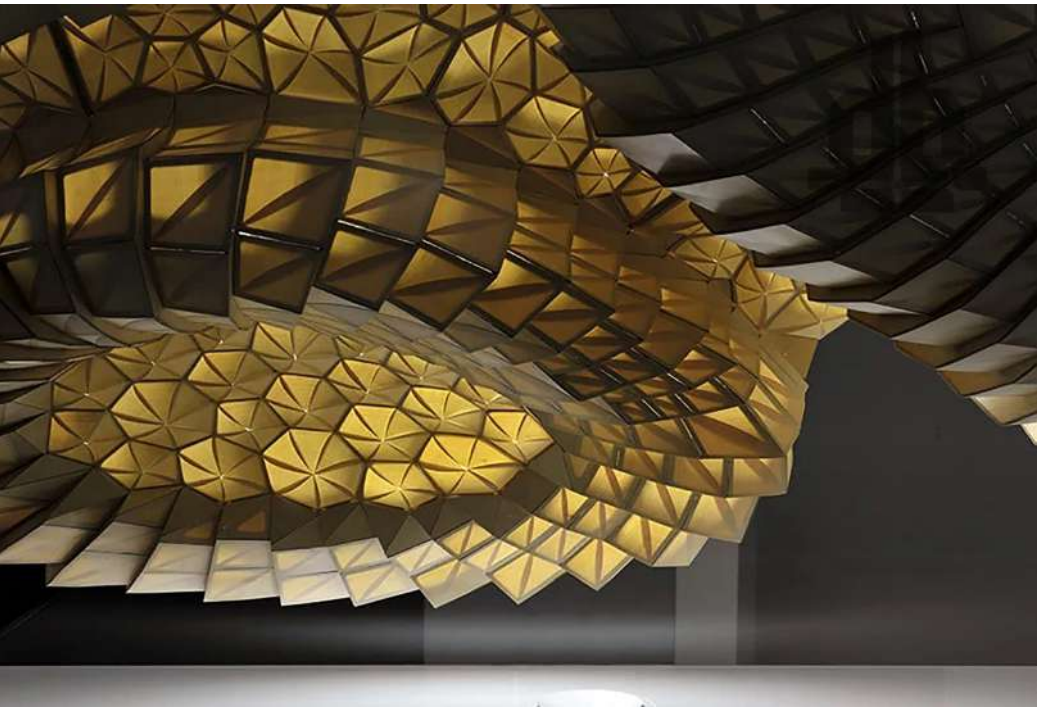
Achim Menges, *HygroSkin,* 2012 - dettaglio delle aperture meteorosensibili.
Fonte: https://www.designboom.com/architecture/achim-menges-developes-hygroskin-and-hygroscope-biomimetic-meteorosensitive-pavilions-4-14-2014/ [ultimo accesso 8.01.2020]

Achim Menges, *HygroSkin,* 2012 - comportamento delle aperture in base alla percentuale di umidità atmosferica.
Fonte: *ibidem*

▲ Achim Menges, *HygroSkin,* 2012 - modello computazionale.
Fonte: https://www.designboom.com/architecture/achim-menges-developes-hygroskin-and-hygroscope-biomimetic-meteorosensitive-pavilions-4-14-2014/ [ultimo accesso 8.01.2020]

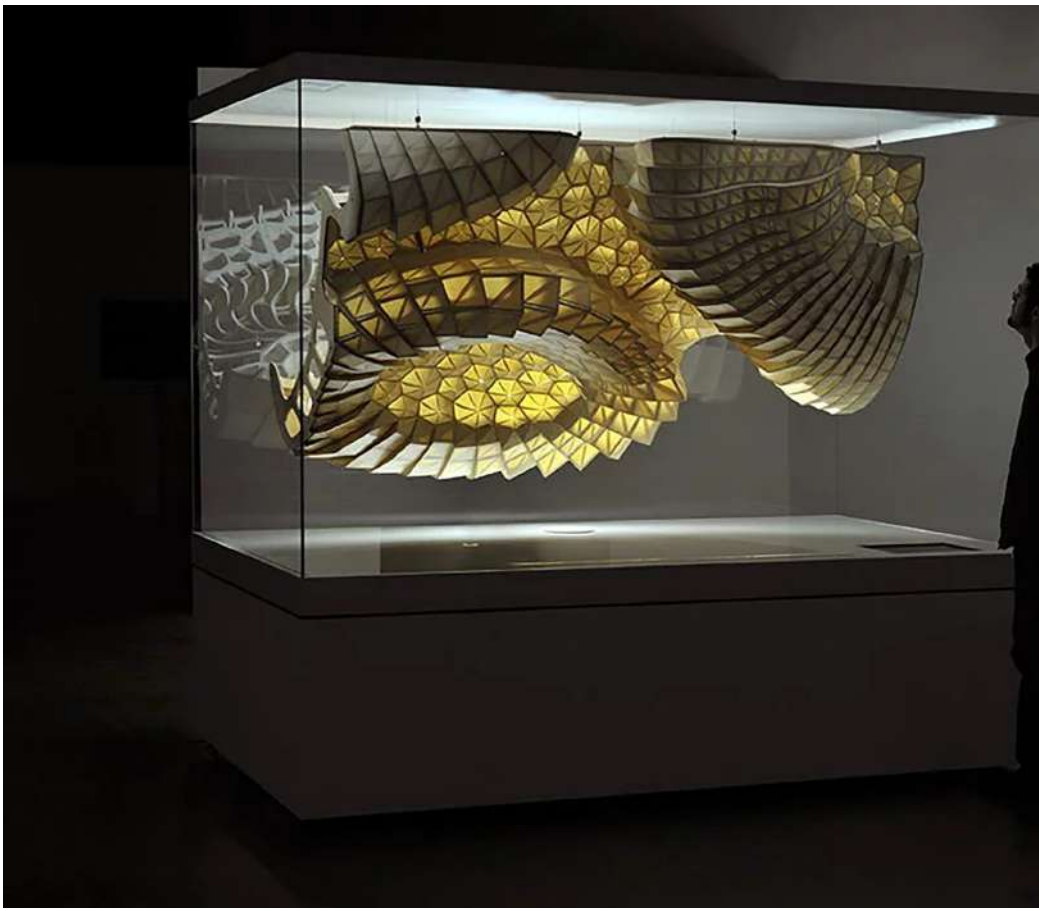
HygroScope porta ulteriormente avanti il meccanismo indagato con l'installazione precedente, in quanto il modello viene presentato in una teca di vetro in modo da supportare un microambiente le cui condizioni sono determinate dai dati delle condizioni meteorologiche di Parigi e dalla proporzione tra la quantità di umidità emanata ed il numero dei visitatori presenti.

Il progetto, nel mostrare reattività rispetto a questi input, rende quindi visibile le variazioni invisibili che si instaurano nell'ambiente circostante e viene assemblato con aperture programmate per rispondere in maniera eterogenea ai diversi livelli di umidità.



▲ Achim Menges, *HygroScope,* 2012 - dettaglio del prototipo.
Fonte: https://www.designboom.com/architecture/achim-menges-developes-hygroskin-and-hygroscope-biomimetic-meteorosensitive-pavilions-4-14-2014/ [ultimo accesso 8.01.2020]

I parametri impiegati affinché la progettazione computazionale fosse ottimizzata si sono avvalsi dello studio della direzionalità della fibra del legno, della sua composizione, del rapporto tra lunghezza, larghezza e spessore dei fogli, della geometria ed infine è stato necessario anche un controllo dell'umidità durante il processo di produzione per non compromettere l'efficacia dell'esperimento rispetto alle premesse di progetto.



▲ Achim Menges, *HygroScope,* 2012 - vista della teca all'interno della quale è esposto il prototipo.
Fonte: https://www.designboom.com/architecture/achim-menges-developes-hygroskin-and-hygroscope-biomimetic-meteorosensitive-pavilions-4-14-2014/ [ultimo accesso 8.01.2020]

Mediated Matter Group - Aguahoja Pavilion

Anno: 2019
Location: Boston
Approccio adottato: Material Ecology / Synbio

Aguahoja Pavilion rappresenta una delle ultime sperimentazioni del Mediated Matter Group ed incarna un progresso cruciale nelle applicazioni di biocomponenti responsive rispetto alle condizioni ambientali.

Il progetto comprende un padiglione ed una serie di artefatti e di pelli architettoniche realizzati a partire da componenti molecolari estratte dai rami degli alberi, dall'esoscheletro degli insetti e dalle ossa umane per sintetizzare un manufatto il cui comportamento è ispirato alla prerogativa degli ecosistemi naturali di non produrre scarti inquinanti.

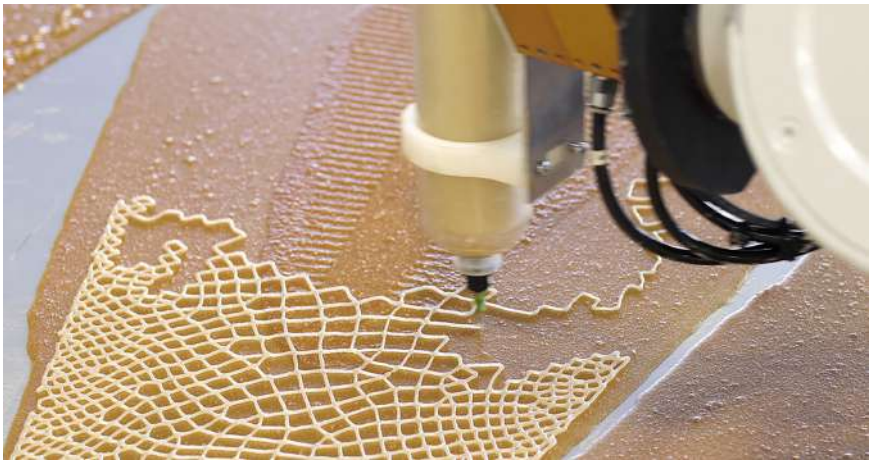
Nell'accostare diverse fonti organiche, potremmo definirlo una reificazione di quel concetto neomaterialista che abbiamo già affrontato e che rifiuta il regime di dialettica della differenza, per aprirsi ad una visione intersoggettiva tra umano e non-umano a supporto di ecologie ibride (cfr. 2.2).

Il padiglione realizzato è alto cinque metri e la sua pelle è composta da un biocomponente flessibile con gradazioni eterogenee di proprietà meccaniche, chimiche ed ottiche che sono state sintetizzate a partire dall'accumulo di cellulosa, pectina, chitosano e carbonato di calcio. Questi materiali permettono infatti la generazione di una superficie in grado di alterare autonomamente la propria rigidità ed il proprio colore in risposta ai parametri esterni, come ad esempio il calore e l'umidità.

Sono proprio queste relazioni che vengono utilizzati come input di progettazione parametrica degli algoritmi che generano i modelli geometrici classificati in base alle proprietà del materiale e sfruttano proprio il gradiente strutturale e la variabilità di risposta per ottenere un multi-materiale complessivo che viene stampato e assemblato roboticamente.
Nel momento in cui è esposta a fonti d'acqua, è inoltre in grado di decomporsi in maniera programmata, senza provocare danni all'ecosistema naturale.

È proprio questo livello di programmabilità ambientale che rappresenta un nodo cruciale nella sperimentazione e che senza dubbio sarebbe interessante sviluppare ulteriormente in futuro, per ottenere strutture architettoniche in grado di modificare le proprietà in base a determinate condizioni esterne e nel pieno rispetto della biodiversità.

▲ Mediated Matter Group, *Aguahoja Pavilion,* 2019 - campioni del prototipo.
Fonte: https://www.media.mit.edu/projects/aguahoja/overview/ [ultimo accesso 8.01.2020]



▲ Mediated Matter Group, *Aguahoja Pavilion,* 2019
Fonte: https://www.media.mit.edu/projects/aguahoja/overview/ [ultimo accesso 8.01.2020]

◀ Mediated Matter Group, *Aguahoja Pavilion,* 2019
alcune immagini del robot in azione durante il processo di fabbricazione del padiglione e parete con l'esposizione di alcuni prototipi di pelle biosintetica responsiva.
Fonte: https://www.media.mit.edu/projects/aguahoja/overview/ [ultimo accesso 8.01.2020]

The Living - Hy-Fi Tower

Anno: 2014
Location: New York
Approccio adottato: biodigital / synbio

La *Hy-Fi Tower* incarna perfettamente la filosofia di The Living. Il gruppo di progettazione e ricerca guidato da David Benjamin basa il proprio operato sulla sperimentazione di tecniche costruttive che, nel contesto delle innovazioni biotecnologiche, possano essere integrate all'interno delle città per la costruzione di edifici che siano viventi, che respirino e che si comportino come ecosistemi all'interno dell'ambiente urbano.

L'installazione è stata esposta al MoMA di New York, nell'ambito dello YAP del 2014, e rappresenta la prima sperimentazione a così grande scala che prevede l'impiego di mattoni ricavati dal micelio dei funghi e mescolati con gambi di mais (cfr. 4.2.1).

La struttura, seguendo una filosofia definita dallo stesso Benjamin "*low-tech biotech*", utilizza calcoli ingegneristici, computazione e tecnologia biologica per ottimizzare un nuovo metodo di bio-progettazione impiegando questo materiale compostabile al 100%.

Il padiglione, alto 13 metri, incorpora il principio di crescita naturale del micelio stesso, diventando un edificio vivente, in evoluzione ed allo stesso tempo a zero emissioni di carbonio. I bio-mattoni sono infatti coltivati nell'arco di cinque giorni e poi assemblati in modo da comporre la struttura. Questa è basata su tre cilindri che si intersecano tra loro ed è morfologicamente ottenuta dopo studi di ventilazione e soleggiamento in modo che il padiglione possa

incanalare la brezza per raffreddare l'interno e creare una zona di comfort per gli utenti in visita.

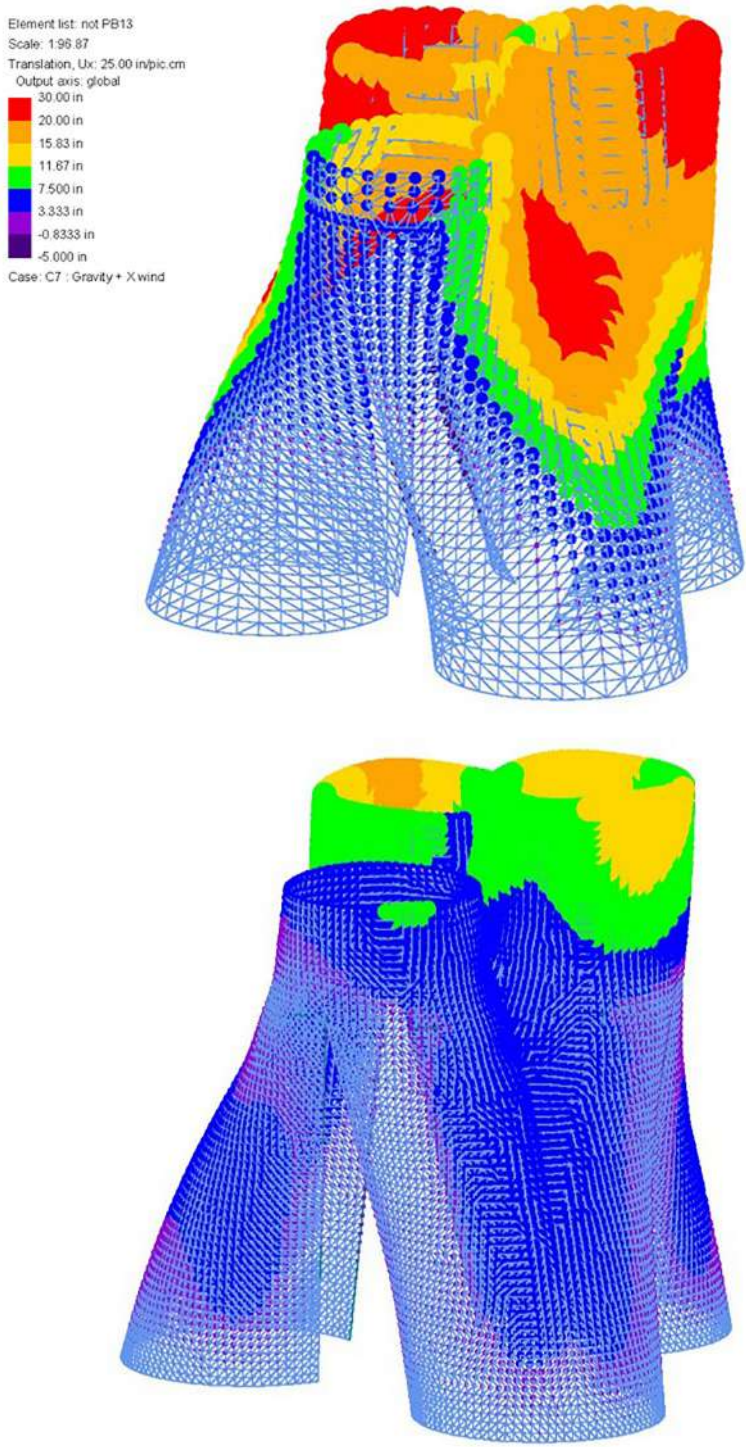
La parte sommitale dell'installazione è realizzata con gli stampi dove gli stessi bio-mattoni vengono fatti crescere, opportunamente rivestiti da un film riflettente per rispondere ad esigenze funzionali legate alla riflessione della luce all'interno della struttura per garantirne l'illuminazione, oltre che per rappresentare un riferimento metaforico alla caratteristica riflettente dei grattacieli di New York quando esposti alla luce.

La compostabilità e biodegradabilità del materiale rende, inoltre, molto semplice il suo riciclo ed il suo smaltimento: dopo tre mesi dall'inaugurazione, l'installazione è stata, infatti, dismessa ed i bio-mattoni sono stati impiegati dalla comunità locale come fertilizzante delle aree verdi, senza rischio di compromettere gli equilibri dell'ecosistema, in quanto il materiale è completamente a base organica.

▲ Foto dei biomattoni a base di micelio e prove strutturali.
nella pagina precedente: The Living, *Hy-Fi Tower,* 2014 - vista interna

Fonte: https://architizer.com/projects/hy-fi/ [ultimo accesso 9.01.2020]

The Living, *Hy-Fi Tower,* 2014 - diagrammi di ottimizzazione strutturale ▶
Fonte: https://architizer.com/projects/hy-fi/ [ultimo accesso 9.01.2020]


Element list: not PB13
Scale: 1:96.87
Translation, Ux: 25.00 in/pic.cm
Output axis: global
30.00 in
20.00 in
15.83 in
11.67 in
7.500 in
3.333 in
-0.8333 in
-5.000 in
Case: C7 : Gravity + X wind

SCALA DEL DETTAGLIO ARCHITETTONICO

Cesare Griffa - WaterLilly

Anno: 2011 - in corso
Location: Torino
Approccio adottato: biodigital / eco-data

WaterLilly di Cesare Griffa racchiude una serie di fotobioreattori per la coltivazione di microalghe, da impiegare come elementi di design e come bio-componenti per gli involucri architettonici.

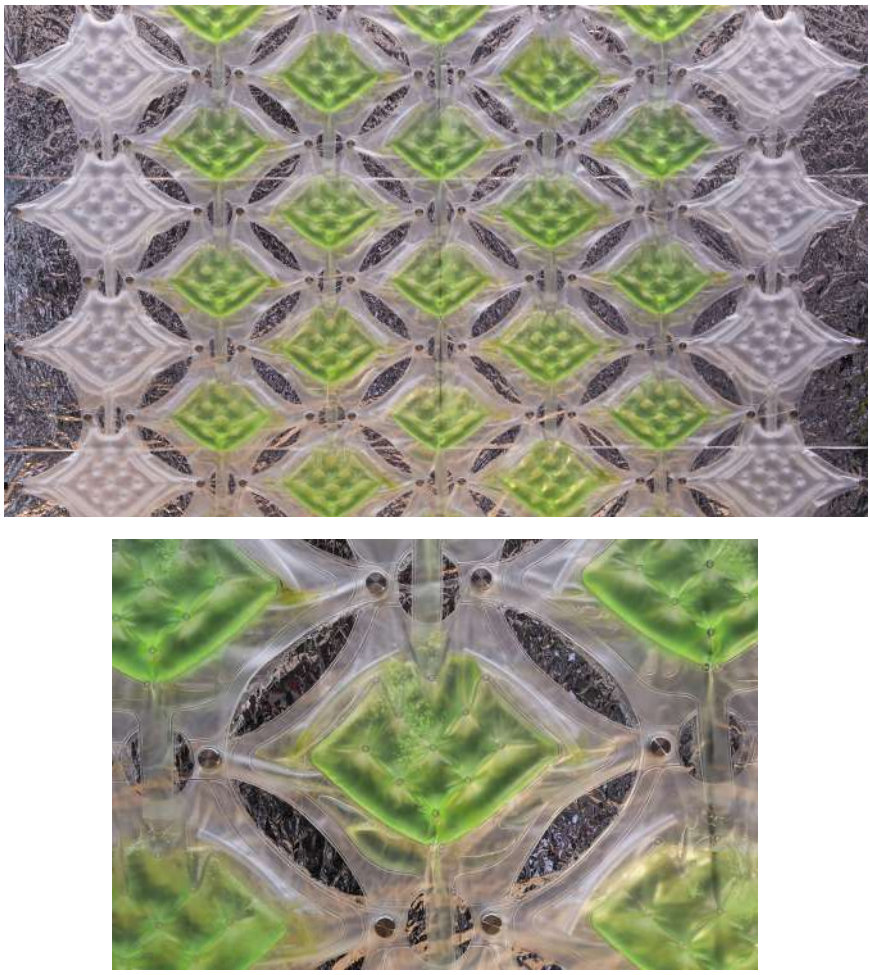
Il progetto è stato inaugurato nel 2011, avvalendosi della collaborazione con il microbiologo Mario Tredici dell'Università di Firenze, e da allora sono stati realizzati numerosi prototipi, che progressivamente si sono posti l'obiettivo di raggiungere livelli sempre più avanzati di interattività con l'ambiente.

Come suggerito dallo stesso Griffa, i *Lillies* sono da concepire come una vera e propria "famiglia" di componenti architettoniche intelligenti, che puntano a sfruttare la pelle degli edifici come risorsa, territorio ibrido tra mondo biologico e tecnologico[1].

Ogni bio-componente è in grado di raccogliere ed elaborare dati rispetto alle condizioni esterne e ad innescare meccanismi ecologici di autoregolazione basati su *feedback* retroattivi che li rende attori all'interno degli ecosistemi urbani.

C'è quindi una grande fiducia nella capacità delle microalghe, in particolare chlorella e spirulina, di poter rivestire un ruolo catalizzatore di processi simbiotici virtuosi.

1. Cfr. **Griffa, Cesare** 2012, *Smart Creatures. Progettazione parametrica per architetture sostenibili*, Roma: Edilstampa



▲ Cesare Griffa, *WaterLilly 2.0,* 2014
Il prototipo è stato esposto in occasione dell'Expo di Milano 2015, dal titolo *Feeding the Planet, Energy for Life*, ed in particolare è stato ospitato all'interno dell'area dedicata al *Future Food District*, curato da Carlo Ratti.
Fonte: https://cesaregriffa.com/waterlilly/ [ultimo accesso 6.01.2020]

Per scendere più nel dettaglio nelle modalità di progettazione di *WaterLilly*, ci avvarremo delle approfondite spiegazioni che lo stesso architetto ha gentilmente fornito nel corso dell'intervista che chi scrive ha avuto modo di condurre durante una visita allo studio e che si trova allegata alla dissertazione.

Si parte da una modellazione e prototipazione digitale

che viene supportata da un software parametrico per il controllo creativo della fabbricazione, a cui si aggiunge la progettazione della sensoristica e del compartimento elettronico.

L'aspetto sensoristico agisce come elemento cruciale nel monitoraggio delle condizioni ideali alle microalghe per poter crescere all'interno del medio di coltura: quest'ultimo è ottimizzato a seconda della tipologia di alghe impiegata, che ha necessità di un apporto di sostanze nutritive specifico, oltre che di una temperatura ed illuminazione particolari.

Fondamentale risulta, di conseguenza, il controllo del pH del medio e della temperatura, a seconda del protocollo scelto e dell'obiettivo che si vuole raggiungere rispetto all'impiego che si vuole fare della biomassa ottenuta (uso commerciale, energetico o alimentare).

▲ Cesare Griffa, *WaterLilly 1.1 "Ma&Pa", 2012*
Fonte: https://cesaregriffa.com/waterlilly/ [ultimo accesso 6.01.2020]

La presenza di una scheda Arduino a cui vengono collegati *input* riguardanti questi dati, consente quindi al sistema di sviluppare comportamenti adattivi rispetto alle variazioni causate dalla proliferazione algale, o dalle condizioni esterne alla camera di coltura.

Degli attuatori a questo punto intervengono seguendo il range di valori inserito all'interno della centralina di raccolta dei dati, programmata a seconda del protocollo, che porta il bio-componente a ristabilire i requisiti di progetto considerati "ideali".

Cesare Griffa, *WaterLilly 3.17, 2017*
Fonte: https://cesaregriffa.com/waterlilly/ [ultimo accesso 6.01.2020]

In alcuni dei *Lillies* sono stati inoltre inseriti dei sensori che diventano responsivi rispetto alla presenza umana, triggerando il metabolismo delle alghe attraverso la somministrazione di più sostante nutritive o di più luce, in modo da amplificare il processo di fotosintesi.

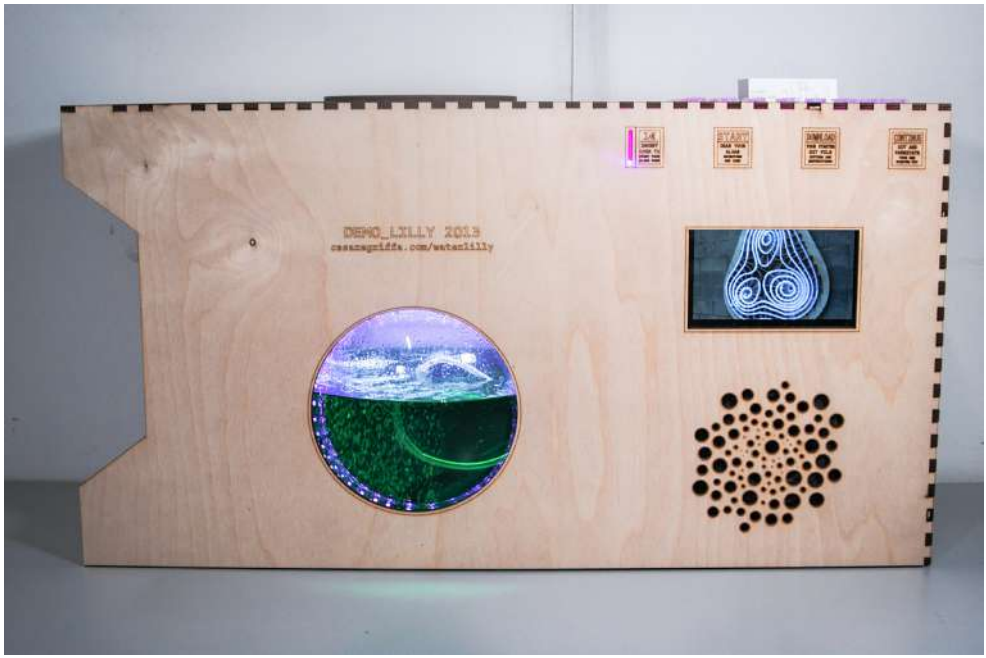
Il principio dietro questa scelta risiede nell'obiettivo di far diventare i prototipi anche degli organismi "socialmente sensibili", che quindi potrebbero essere strumento per stimolare uno *shift* cognitivo sui temi ecologici attraverso la partecipazione attiva.

Il metabolismo degli organismi biologici, definito come "indice di vitalità", si associa quindi ad un aspetto legato allo sviluppo di una relazione empatica che possa incoraggiare aspetti sociali, educativi e aggregativi per la cittadinanza che entra in contatto con questa pelle architettonica a comportamento fisiologico.

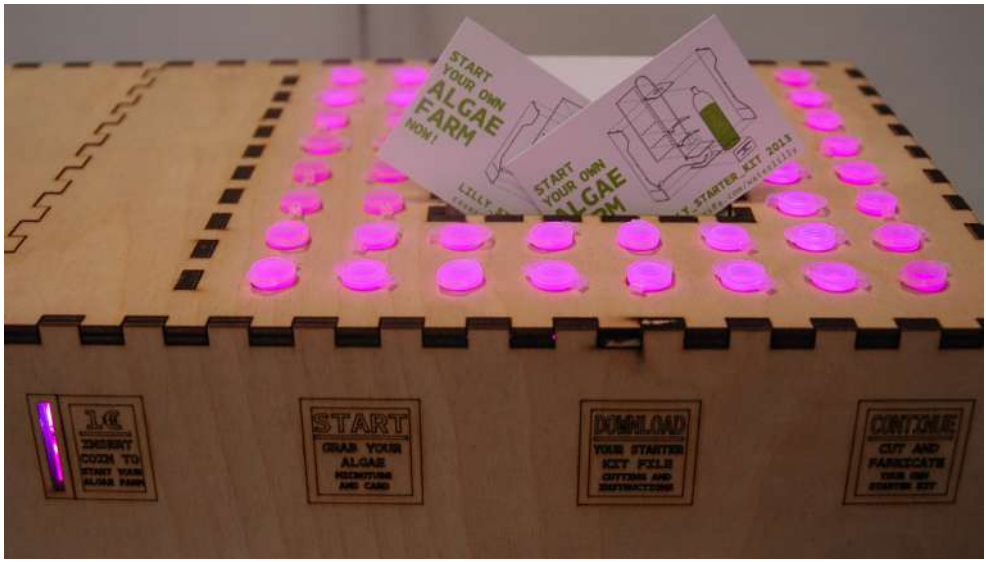
Inoltre, l'aspetto interessante dell'operato di Cesare Griffa è senza dubbio legato all'atteggiamento *open source* alla base: vengono infatti forniti kit scaricabili gratuitamente[2] con lo script di modellazione, i disegni tecnici per la stampa, la lista di software e hardware necessari e schemi di montaggio.

La licenza *open source* risponde alla volontà di diffusione e sviluppo della conoscenza dell'opera, che viene rilasciata liberamente per avere possibilità di crescere, implementarsi e di acquisire visibilità, col fine di rendere il progetto condiviso e modificabile dalla cittadinanza stessa, che può customizzarlo a seconda delle proprie esigenze.

2. I kit e le schede dei vari prototipi di WaterLilly sonno scaricabili a questo link: https://cesaregriffa.com/waterlilly/ [ultimo accesso 4.01.2020]



▲ Cesare Griffa, *demoLilly*, 2013
Fonte: https://cesaregriffa.com/waterlilly/ [ultimo accesso 6.01.2020]



▲ Cesare Griffa, *demoLilly*, 2013
Fonte: https://cesaregriffa.com/waterlilly/ [ultimo accesso 6.01.2020]

Rachel Armstrong - Living Bricks

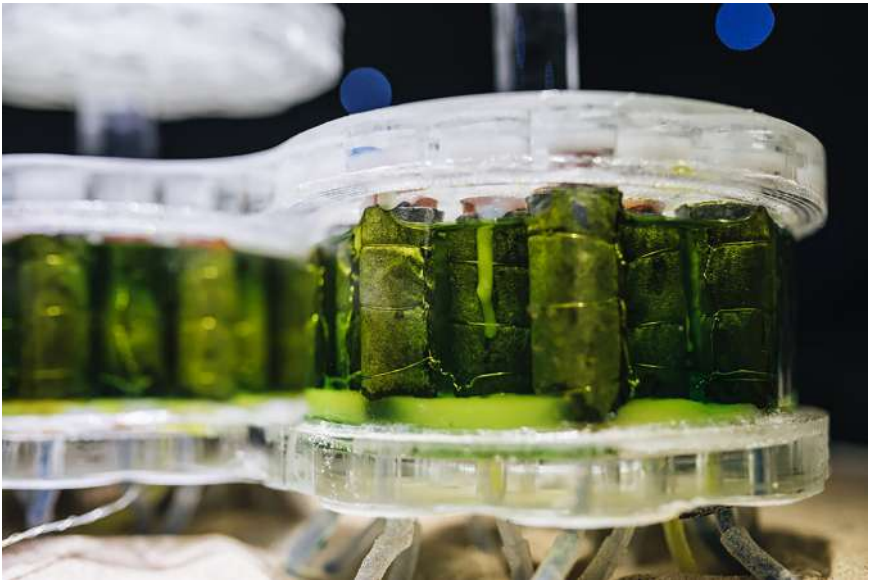
Anno: 2017
Location: New Castle
Approccio adottato: biodigital / synbio

I “mattoni viventi”, progettati dal team guidato da Rachel Armstrong nell’ambito del progetto di ricerca Living Architecture ed esposti nel corso della Biennale di Tallin 2017 (che ci scrive ha avuto modo di visitare personalmente), funzionano come bioreattori di nuova generazione metabolicamente attivi rispetto al contesto.

Sono composti da una cella a combustibile microbica, da una camera per la coltivazione di alghe e da un processore geneticamente modificato, rappresentando un esempio di ecosistema sintetico, che può essere programmato e ingegnerizzato attraverso la biologia sintetica.

La cella a combustibile microbica, che abbiamo anche già trattato nel caso di Esparza (cfr. 3.2.3), funziona come trasduttore bioelettrochimico costituito da un catodo positivo (rappresentato in questo caso dal bioreattore con le alghe che producono ossigeno) e un anodo negativo (costituito dai batteri che processano i rifiuti organici e che, attraverso l’azione metabolica espellono sottoprodotti elettroattivi che vengono inviati all’anodo).

L’energia generata rende a tutti gli effetti questo componente autonomo dal punto di vista energetico e la combinazione con il bioreattore contenente la coltura algale lo rende un sistema ibrido che lavora sinergicamente per la biorimediazione delle acque reflue, la produzione dell’ossigeno e la produzione di biomassa utilizzabile come compost.



▲ Rachel Armstrong, *Living Bricks,* 2017
Fonte: https://2017.tab.ee/ [ultimo accesso 8.01.2020]

Studio UnSeen - Seem[n]est

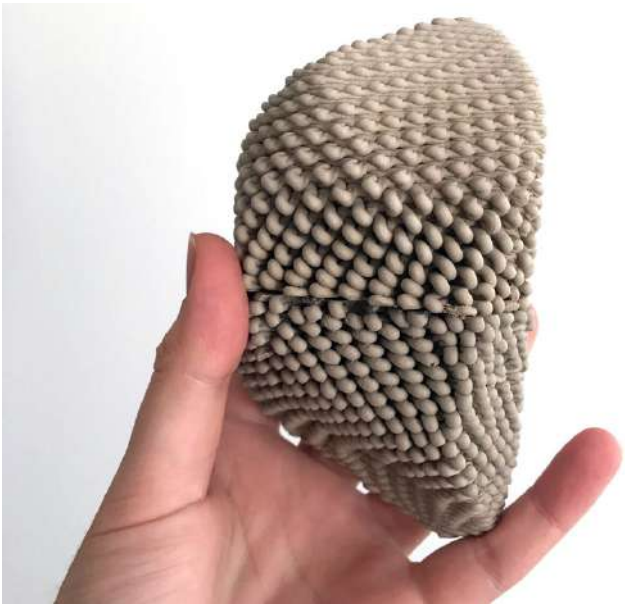
Anno: 2017
Location: Tallin
Approccio adottato: biodigital

Seem[n]est è un prototipo che chi scrive ha avuto modo di vedere visitando la Biennale di Tallin 2017.

È stato progettato dallo studio di architettura estone UnSeen, che propone un bio-componente da integrare nell'involucro architettonico e che esplora la possibilità di spingere la ricerca nel campo della stampa 3D combinandola con materiali ecologici.

Ne risulta un manufatto multifunzionale a base di ceramica che funziona da elemento di facciata poroso, la cui porosità è gestita al livello computazionale, e che è in grado di filtrare o accumulare l'acqua piovana.

Accogliendo organismi biologici, inoltre contribuisce a creare un bioma alla scala del dettaglio architettonico. La possibilità che la struttura possa, infatti, ospitare piante aumenta la possibilità che si crei un processo sistemico che attragga insetti, uccelli e che quindi riesca a trasformare il bio-componente in un elemento in grado di supportare la biodiversità.



▲ Studio UnSeen, *Seem[n]est,* 2017
Fonte: https://2017.tab.ee/ [ultimo accesso 8.01.2020]

BiotA Lab - Viscous Biomaterials for Application in Architecture

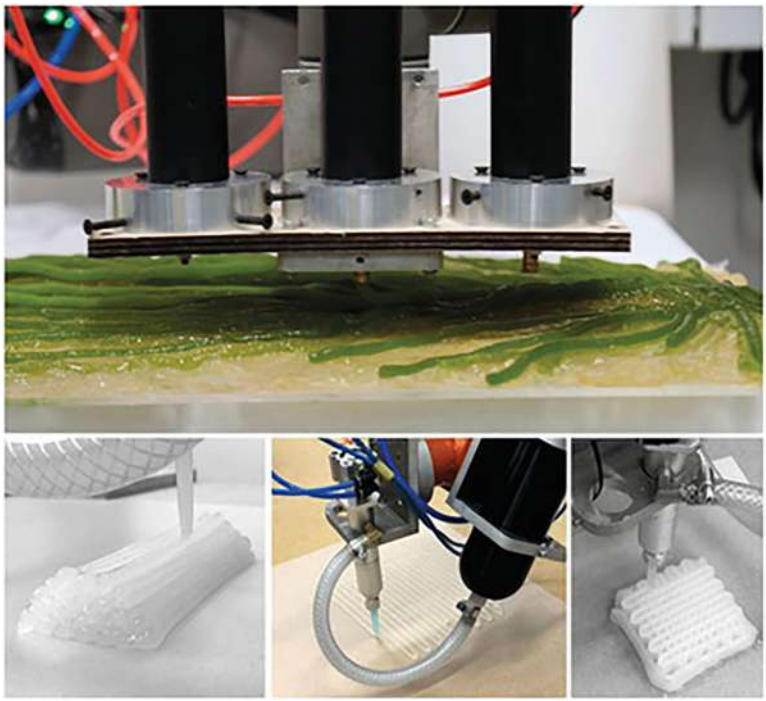
Anno: 2017
Location: Londra
Approccio adottato: biodigital / synbio

Il progetto, nato nell'ambito di una ricerca di dottorato guidata da Marcos Cruz e Brenda Parker alla UCL The Bartlett, si propone di sperimentare la possibilità di produrre moduli di facciata a base di materiali biologici viscosi, ossia a base d'acqua, per implementare su larga scala la possibilità di avere involucri architettonici bio-reattivi. Anche in questo caso ci troviamo di fronte ad un prototipo presentato nel corso di bioTallin del 2017.

Il biomateriale utilizzato è l'idrogel, ossia un materiale polimerico a base di acqua che forma legami fisici, chimici e idrogeno attraverso interazioni ioniche e idrofobiche, fornendo un supporto per la proliferazione cellulare e assicurando proprietà di permeabilità selettiva. Questa caratteristica consente alle cellule di coltura (in questo caso microalghe) di restare intrappolate nella struttura e svolgere la loro attività fotosintetica producendo biomassa[1].

1. Cfr. Malik, Shneel et. al 2019, "*Robotic Extrusion of Algae-Laden Hydrogels for Large-Scale Applications*" in Global Challenges vol. 3, issue 12. doi: 10.1002/gch2.201900064

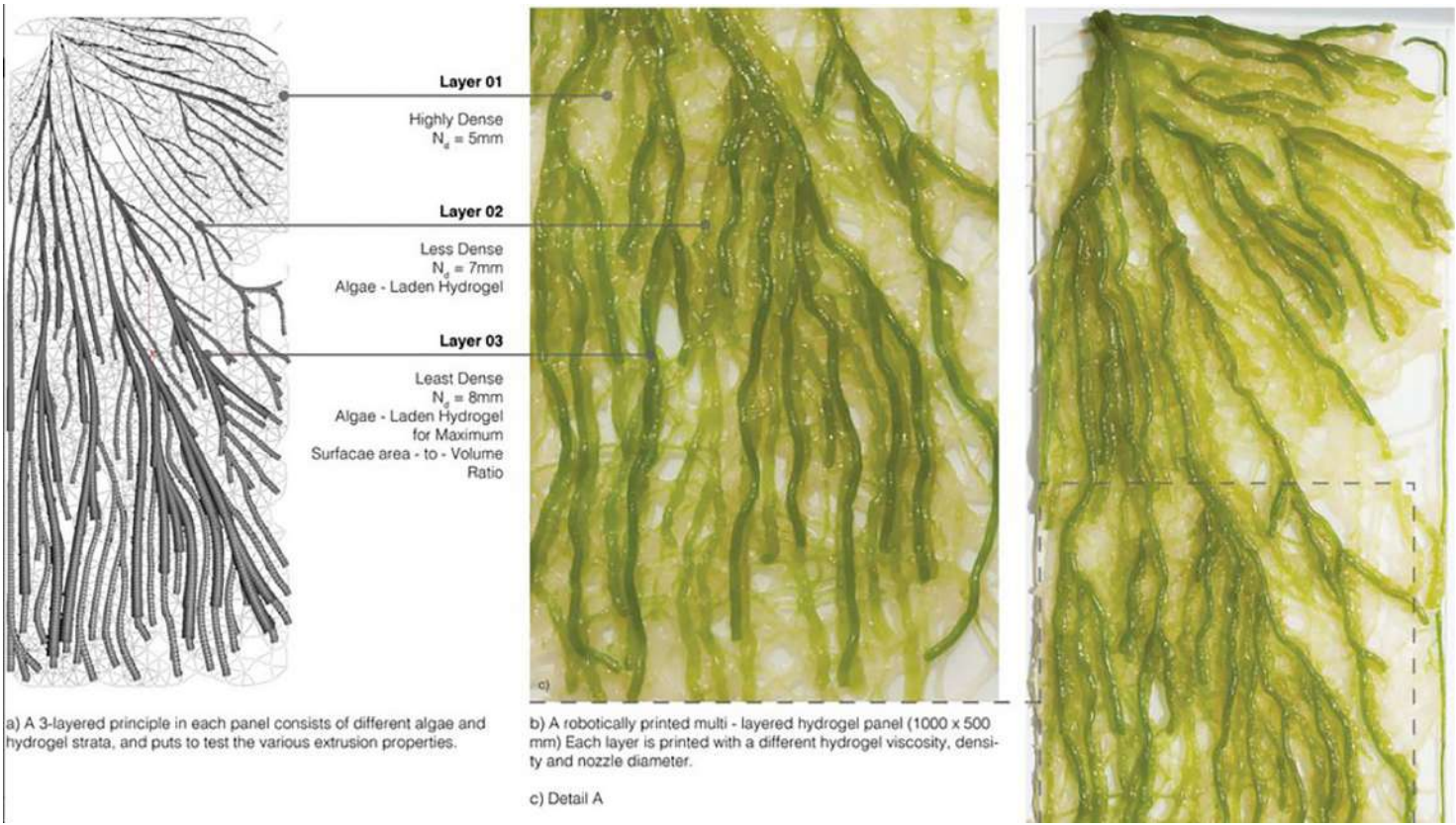
Al livello computazionale sono state fatte diverse simulazioni per arrivare alla definizione di modelli con diverse gerarchie dei pattern fibrosi che compongono il modulo e che vengono estrusi dal robot per generare layer di gel a diversa viscosità, sovrapposti tra loro.



▲ Alcune immagini del robot nel processo di fabbricare il pannello di idrogel e alghe. Fonte: Malik, Shneel et. al 2019, *op. cit.*

La scelta di adottare una forma ramificata per la struttura del prototipo è inoltre giustificata dall'intento di agevolare il fluire delle acque meteoriche, per sfruttare il principio di biorimediazione attraverso il pannello stesso.

L'obiettivo di questa sperimentazione è stato, quindi, di verificare le possibilità offerte dalle più innovative tecniche di stampa additiva per progettare, controllare e stampare colture cellulari di idrogel a base di alghe, che integrino la funzione fotobioreattiva alla possibilità di generare una bio-struttura vivente, responsiva nei confronti dell'ambiente ed in continua crescita.



a) A 3-layered principle in each panel consists of different algae and hydrogel strata, and puts to test the various extrusion properties.

b) A robotically printed multi - layered hydrogel panel (1000 x 500 mm) Each layer is printed with a different hydrogel viscosity, density and nozzle diameter.

c) Detail A

▲ BiotA Lab, *Viscous Biomaterials,* 2017
Fonte: https://2017.tab.ee/ [ultimo accesso 8.01.2020]

◀ Alcuni studi sulla morfologia ramificata del pannello.
Fonte: Malik, Shneel et. al 2019, *op. cit.*

Terreform ONE - Monarch Sanctuary: integrated Biodiversity in Double Skin Facade

Anno: 2019
Location: New York
Approccio adottato: biodigital / eco-data

Monarch Sanctuary è un progetto pensato per un edificio commerciale con uffici di otto piani a Nolita, New York ed è stato presentato in occasione della Triennale del Design della Cooper Hewitt, *Nature*[1], inaugurata a maggio 2019, e successivamente entrato a far parte anche della Biennale of Urbanism/Architecture (UABB) di Shenzhen, curata tra gli altri da Carlo Ratti ed intitolata *Eyes Of The City*[2] ed inaugurata a dicembre 2019.

Lo scopo principale è di diventare un terreno semi-poroso per la coltura, la crescita ed il supporto della biodiversità in un contesto urbano come quello di New York e, in particolare, si fa riferimento alle farfalle monarche, con le quali l'edificio mira ad intessere un bio-network integrandone l'habitat per supportarne la crescita e l'interazione con l'uomo.

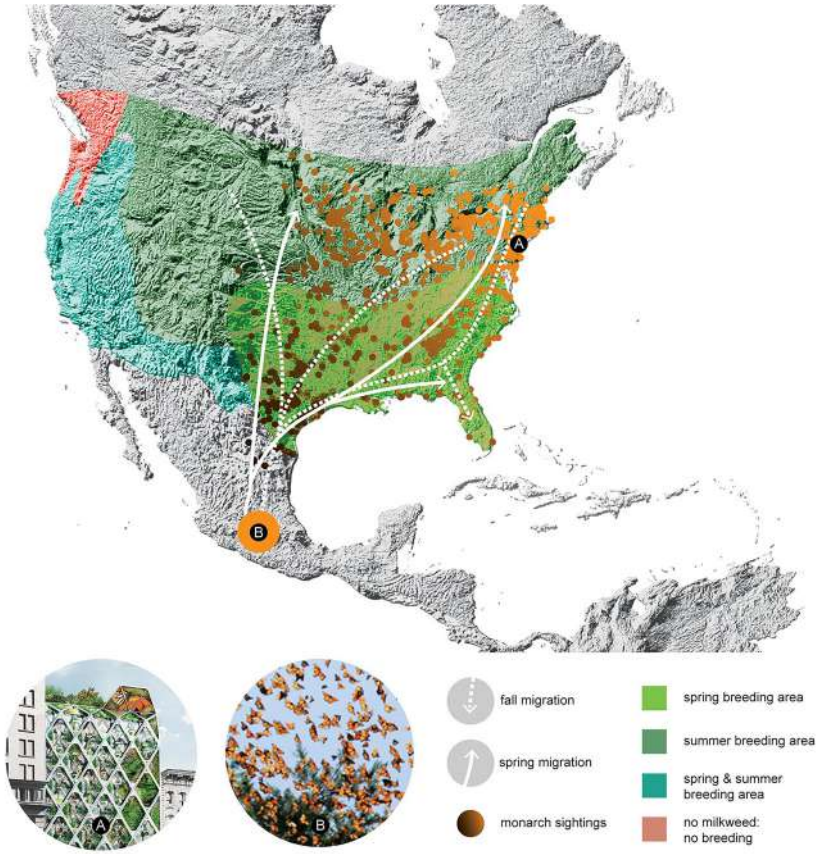
La farfalla monarca del Nord America assume un ruolo centrale all'interno della proposta progettuale in quanto riconosciuta come specie e rischio e per la quale la U.S. Fish and Wildlife Service sta facendo le opportune valutazioni per stabilirne o meno lo status di

1. Maggiori informazioni sulla Triennale sono disponibili al seguente indirizzo: https://www.cooperhewitt.org/2019/01/31/cooper-hewitt-and-cube-announce-projects-for-the-2019-design-triennial/ [ultimo accesso 2.01.2020]

2. Il sito ufficiale della Biennale è consultabile al seguente indirizzo: https://eyesofthecity.net/ [ultimo accesso 2.01.2020]

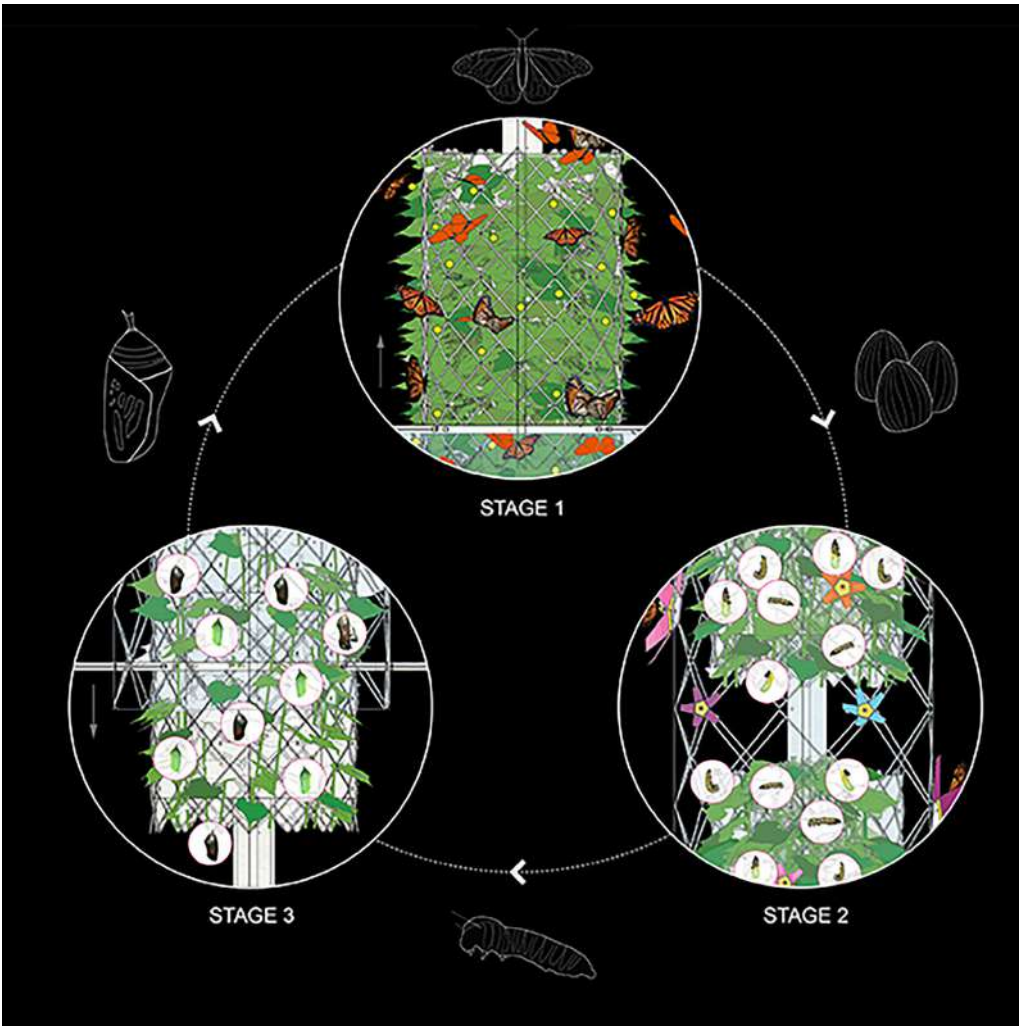
specie in via d'estinzione, a causa delle forze combinate dei pesticidi agricoli che ne ha compromesso l'habitat.

Questa specie di farfalle è una presenza molto delicata in particolare a New York che rappresenta un punto di passaggio molto importante all'interno del flusso migratorio che parte dal Messico per raggiungere la Florida.



▲ Terreform ONE, *Monarch Sanctuary,* 2019 - percorso migratorio delle farfalle. Fonte: http://www.shahirahammad.com/filter/NYC/Monarch-Sanctuary[ultimo accesso 8.01.2020]

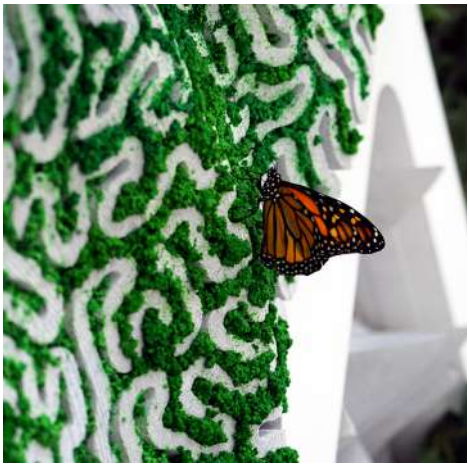
Per questo motivo, *Monarch Sanctuary* non viene proposto come semplice involucro architettonico, piuttosto vuole essere un edificio che in maniera pioneristica incorpora un nuovo bioma, frutto della co-esistenza tra farfalle, piante e esseri umani.



▲ Terreform ONE, *Monarch Sanctuary,* 2019 - l'edificio si propone di accogliere e supportare le farfalle monarche durante tutto il loro ciclo vitale.
Fonte: http://www.shahirahammad.com/filter/NYC/Monarch-Sanctuary[ultimo accesso 8.01.2020]

La strategia adottata punta alla creazione di un sistema che ospiti piantumazioni di piante e fiori da nettare per il nutrimento delle farfalle, con diverse zone predisposte alla sosta e zone invece a supporto dell'incubazione delle uova, in modo da dare sostegno all'insetto in ogni fase del suo ciclo vitale, da cui deriva anche la diversa morfologia dei moduli stampati con la stampante 3D, che compongono gli elementi di facciata e che sono stati ottimizzati a livello computazionale proprio per legare la forma ai vari scopi per la quale è pensata.

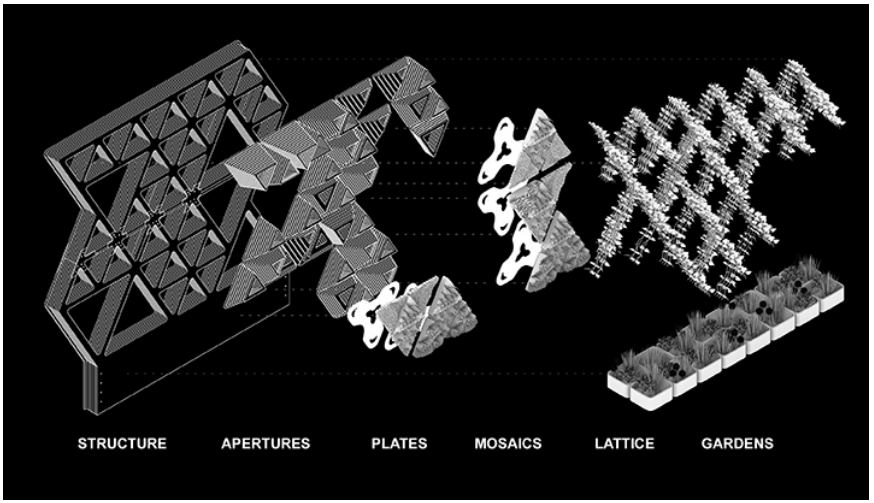
▲ Terreform ONE, *Monarch Sanctuary,* 2019 - le immagini mostrano i panelli fabbricati digitalmente che compongono il mosaico di facciata.
Fonte: http://www.shahirahammad.com/filter/NYC/Monarch-Sanctuary[ultimo accesso 8.01.2020]



▲ Terreform ONE, *Monarch Sanctuary,* 2019 - particolare di un pannello la cui morfologia è stata ottimizzata per far crescere il muschio.
Fonte: http://www.shahirahammad.com/filter/NYC/Monarch-Sanctuary[ultimo accesso 8.01.2020]

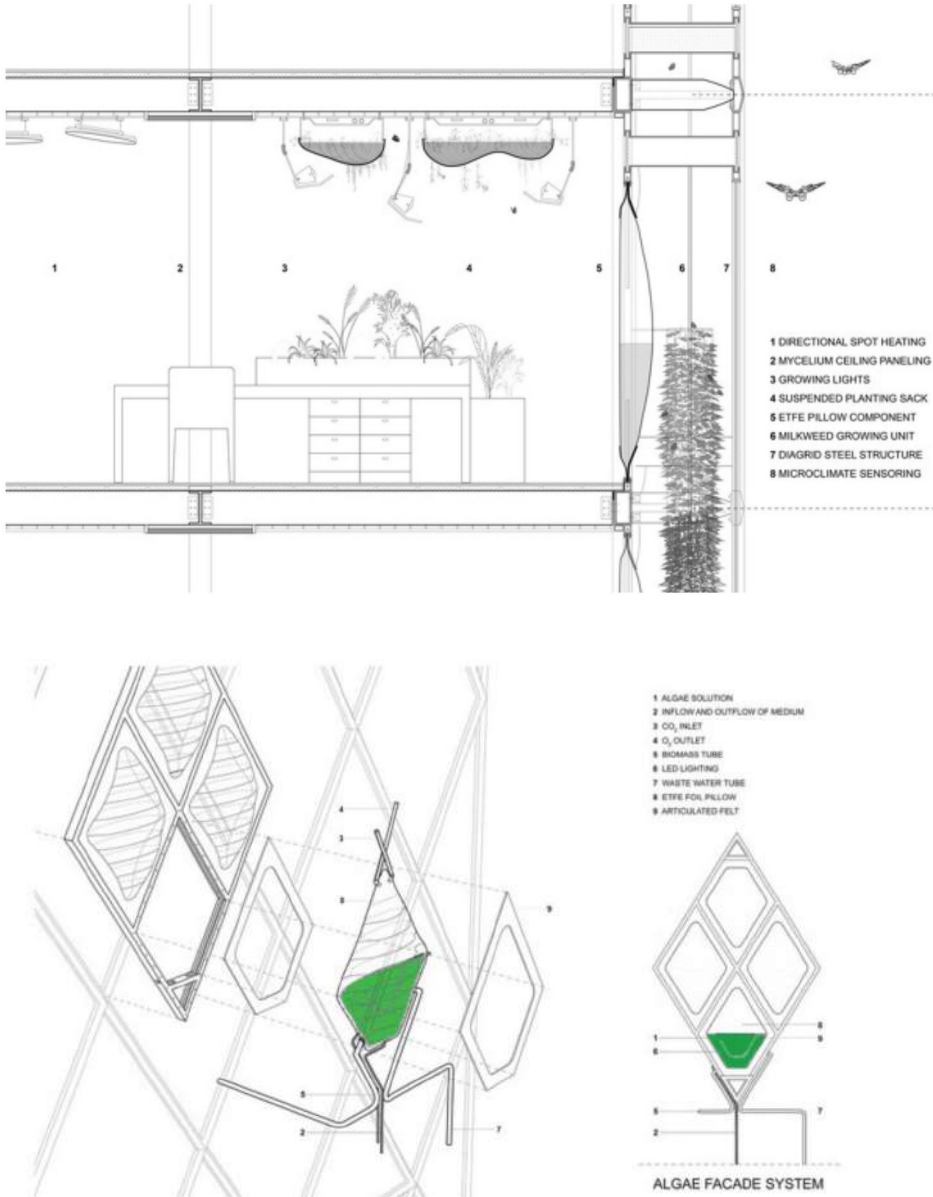
La doppia pelle è composta da una struttura diagonale con moduli di vetro e moduli stampati in 3D nello strato più esterno, mentre lo strato più esterno è composto da cuscini di ETFE, che ospitano una coltivazione algale che consente il mantenimento del comfort climatico, regolando i livelli di umidità e purificando l'aria e le acque reflue dell'edificio.

La volontà di stimolare l'interesse ed il coinvolgimento dell'utente ma anche dei passanti è perseguita attraverso la presenza di schermi LED che proiettano immagini dello stato delle farfalle ed inoltre la presenza di droni attorno all'edificio fornisce una mappatura del microclima esterno, acquisendo dati in tempo reale col fine di monitorare la salute delle farfalle e lo stato dell'intero bioma.



▲ Terreform ONE, *Monarch Sanctuary,* 2019 - esploso assonometrico dei vari layer che compongono la facciata: si evidenzia la struttura romboidale su cui vengono applicati i moduli del "mosaico", i pannelli ETFE, le aperture e lo strato vegetale.

Fonte: http://www.shahirahammad.com/filter/NYC/Monarch-Sanctuary[ultimo accesso 8.01.2020]



▲ Terreform ONE, *Monarch Sanctuary,* 2019 - sezione e dettaglio dei pannelli ETFE per la coltivazione delle alghe.
Fonte: http://www.shahirahammad.com/filter/NYC/Monarch-Sanctuary[ultimo accesso 8.01.2020]

CONCLUSIONI

La dissertazione ha avuto come scopo quello di indagare le implicazioni che l'implementazione della biologia, della biotecnologia e della bio-informazione potrebbe generare nel campo della progettazione.

Queste discipline stanno, infatti, sempre più contaminando quella branca di ricerca architettonica che si propone di assorbire un pensiero ecologico in maniera radicale, per rivoluzionare le modalità con cui progettiamo l'ambiente costruito ed aprirci alla possibilità che si possa generare una *specie* architettonica consapevole e adeguatamente integrata all'interno degli ecosistemi.

La richiesta sempre più imminente di trovare soluzioni ecologicamente compatibili in risposta al collasso climatico globale ha, infatti, stimolato una collisione tra campi generalmente tenuti a distanza, che però adesso si trovano nella condizione di poter collaborare attivamente, sganciandosi da quel rapporto storico che li aveva tenuti legati da un filo principalmente simbolico, mimetico e metaforico.

La connotazione simbiotica assegnata alla progettazione promuove un manufatto bio-artificiale in grado di inserirsi in un ambiente costruito inglobando la bio-logica, fino all'atto più radicale di fondersi matericamente con la componente organica.

Questa prospettiva potrebbe portare l'architettura stessa ad assumere il ruolo di "fenotipo esteso" (Dawkins, 1982) dell'uomo, ossia di manifestazione dell'organismo all'infuori del suo immediato confine fisico, che però mostri sintonia con il contesto ambientale

dove si sviluppa, così come la diga è parte del fenotipo esteso del castoro, o la ragnatela è parte del fenotipo esteso del ragno.

Guardare ai sistemi costruttivi come organismi eco-simbiotici in continua evoluzione e adattamento apre inoltre alla possibilità di includere, all'interno delle nostre città future, dinamiche di metabolismo e responsività, emancipando l'ambiente costruito da una mera oggettificazione e concependolo come assemblaggio di organismi ibridi che si sostengono a vicenda in un rapporto virtuoso.

Gli esempi presentati dimostrano, infatti, come questa direzione intrapresa da alcuni architetti abbia grandi potenzialità di inaugurare un nuovo paradigma culturale, basato su una società più eco-sintonica. Se la capsula di Petri in ambito scientifico definisce il contenitore trasparente all'interno del quale i biologi preparano le colture cellulari, il potenziale ruolo che la biosintesi potrebbe giocare negli avanzamenti in ambito architettonico ed urbano apre scenari dove questo strumento potrebbe di fatto entrare in gioco come strumento progettuale di un design bio-informato[1].

La dissertazione si è, inoltre, fissata l'obiettivo di fare una prima opera di sistematizzazione di un ambito di ricerca, nel tentativo di costruire un sistema di riferimento di certi concetti che alimentano il dibattito culturale e architettonico, in particolar modo traendo alimento da quelle sperimentazioni che nel campo dell'arte e delle installazioni stanno spingendo verso un nuovo atteggiamento anche nella progettazione e nella rivoluzione del concetto di "sostenibilità" e di "ecologia", non più unicamente legate a questioni energetico-funzionali.

Chiaramente, ci sono dei punti di criticità che meritano una riflessone più profonda, nonostante questo campo di ricerca per chi scrive risulti molto promettente, soprattutto alla luce dell'incremento di applicazioni, avanzamenti ed eventi culturali che si sono registrati negli ultimi anni e che ne hanno promosso una più capillare diffusione

1. Marinelli, Selenia 2020, "*Architecture in a Petri dish: co-programming Meta-Life in design through biointegration and synthetic biology*" in archi-DOCT. The e-journal for the dissemination of doctoral research in architecture, vol. 7 [in press]

dei risultati.

La fattibilità tecnologica di queste sperimentazioni, nonostante sia stata dimostrata insieme agli evidenti vantaggi ecologici, non ha purtroppo ancora incentivato una seria applicazione a grande scala, in quanto l'aspetto economico legato ai processi di biosintesi resta ancora un tema da affrontare adeguatamente, che rappresenta senza dubbio l'aspetto più difficile da superare.

Questo risulta, infatti, ancora un campo fortemente sperimentale, all'interno del quale c'è una dimensione produttiva più legata alla realizzazione di prototipi o di installazioni temporanee.

Essermi confrontata con l'architetto Cesare Griffa mi ha permesso di riflettere proprio su questo punto: lo sviluppo e l'integrazione di sistemi bio-tecnologici comporta, infatti, un investimento iniziale piuttosto oneroso. Inoltre, in termini di *payback time* legati a queste tecnologie, che riguardano soprattutto l'aspetto ambientale, gli attuali modelli di calcolo economico non sembrano essere sensibili alla quantificazione economica del costo ambientale che viene ridotto, tant'è che generalmente non sembrerebbe esser preso in considerazione[2], nonostante la situazione ambientale attuale trarrebbe vantaggi dal farlo.

Per questo motivo, nel caso della coltivazione di microalghe - che sembra il settore più in espansione - si prende in riferimento la biomassa come prodotto in grado di assicurare un certo rientro economico rispetto alla spesa preventiva.

Tuttavia, uno degli impieghi della biomassa riguarda la sintesi di biocarburante, un processo non tecnicamente complicato, ma costoso rispetto al combustibile fossile, anche se in prospettiva futura l'aumento del prezzo di quest'ultimo, legato all'esaurimento e alla difficoltà di estrazione delle risorse, porterà sicuramente ad un momento in cui ci sarà un'equiparazione economica, se non un vantaggio, nella produzione di carburante a base organica.

2. Cfr. Intervista condotta dall'autrice a Cesare Griffa e allegata alla presente dissertazione.

Inoltre, l'uso di materiale biologico in accorpamento a quello artificiale potrebbe generare imprevisti causati da un certo grado di imprevedibilità legata ai sistemi viventi ed è certamente qualcosa a cui i progettisti dovranno lavorare, col fine di raggiungere consapevolezza e capacità di gestione adeguati da applicare in ambito progettuale.

In merito a quest'ultimo aspetto, l'ingegnerizzazione biologica apre senza dubbio un livello di progettualità sul vivente che può aiutare a superare questo gap, a favore di un grado di controllo del comportamento degli organismi biologici, come avviene nel caso delle protocellule. Il rischio, allo stesso tempo, è che anche questa pratica si trasformi in un'ennesima forma di sfruttamento antropocentrico della biosfera.

L'obiettivo che si può dunque perseguire nel pensare ad un futuro ed ulteriore sviluppo di questo settore di ricerca, potrebbe essere porre l'accento sull'importanza di estendere il nostro dominio cognitivo da progettisti, con lo scopo di decentralizzarci dalla "bolla mesoscopica nella quale ci troviamo ancora fenomenologicamente imprigionati", come sosterrebbe Hauser.
Comprendere come la supposta superiorità antropocentrica al livello cognitivo e simbolico, sia in realtà parte di un sistema di relazioni e simbolismi che sono naturalmente distribuiti nella rete bio-semiotica[3], è infatti il solo punto di vista attraverso cui guidare applicazioni che siano realmente rispettose e che non cadano nel paradosso di tornare a promuovere l'antropocentrismo capitalista, anziché il biocentrismo.

Sarà, di conseguenza, necessario mettere in campo un reale apparato critico sulla questione, per evitare declinazioni arroganti e ingenue ed applicare il paradigma bio-tecnologico in chiave realmente simbiotica con le alterità biologiche, promuovendo un senso allargato di interconnessione, di combinazione di interessi diversi e di sviluppo di una "eco-filosofia del molteplice" (Braidotti, 2013) anche nel campo della progettazione.

3. Cfr. Intervista condotta dall'autrice a Jens Hauser e allegata alla presente dissertazione.

5

HYPER NATURA

Proposta per un programma didattico

5.1
DALLA RICERCA ALLA DIDATTICA

Come ultimo capitolo della dissertazione, si intende proporre l'ipotesi di un programma didattico che in qualche modo funga da sintesi e da strumento operativo per introdurre l'*Hyper Natura*, così come è stata definita nel corso della ricerca, come oggetto di insegnamento. Scopo è renderne, pertanto, trasmissibili i principi ed ottenere dei risultati didattici nell'ottica di una implementazione continua, generata dall'interscambio insegnante-studenti.

È doveroso precisare che ai fini della stesura di questa ipotesi didattica è stata fondamentale l'esperienza che è seguita l'ammissione all'interno del Dottorato di Ricerca in Teoria e Progetto presso il DiAP (Dipartimento di Architettura e Progetto) a "Sapienza", che ha consentito alla candidata di avvicinarsi all'insegnamento della progettazione architettonica. Dal 2017 al 2019 è stato infatti possibile partecipare nel ruolo di assistente al corso di Laboratorio di Progettazione Architettonica e Urbana al IV anno ed al corso di Corso di Progettazione Architettonica Assistita - ITCAAD al V anno della Laurea magistrale a ciclo unico (Classe LM-4)[1], entrambi coordinati dal professore Antonino Saggio, tutor anche della presente dissertazione. I corsi sono stati importanti per acquisire una metodologia di insegnamento basata sull'individuazione di una "crisi" specifica a partire dalla quale trovare risposte sinergiche proprio nel progetto. Scopo è quello di agire andando a colmare i vuoti urbani

1. I programmi didattici e gli esiti dei corsi possono essere visionati all'interno del sito Internet del professor Antonino Saggio, consultabile al seguente indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/ [ultimo accesso 26.12.2019]

della città contemporanea, agendo sia al livello architettonico che con infrastrutture di nuova generazione, che quindi sviluppano uno stretto rapporto con l'Information Technology. Il lavoro di cattedra *UnLost Territories* (2016 – 2019), i cui esiti sono stati oggetto di una recente pubblicazione[2] e mostra tenutasi il 14 dicembre 2019 al MACRO di Roma[3], si radica alle necessità specifiche dell'ambiente urbano ed in particolare nel territorio di Tor Sapienza, dove il progetto si è sviluppato a partire dal Museo dell'Altro e dell'Altrove di Metropoliz, che rappresenta un esperimento riuscito del rapporto tra arte e riscatto sociale[4].

Allo stesso tempo, vengono proposte morfologie e programmi innovativi, spesso elaborati in rapporto con associazioni, enti e cittadini che sono stati interlocutori attivi del processo ideativo.
UnLost Territories si relaziona con una infrastruttura di nuova generazione, la *UnLost Line*: un anello infrastrutturale che si sviluppa nel quartiere riconnettendone i grandi e semi abbandonati parchi urbani e sviluppando tecnologie e spazi innovativi in relazione alle sfide della città dell'informazione.

I principi applicati alla scala del progetto sono cinque (*mixité, driving force, rebuilding nature, infrastracturing, magic crisis*), e cinque alla scala del sistema infrastrutturale di nuova generazione (*multitasking, green systems, information technology foam, slowscape*

2. Saggio, Antonino e De Francesco, Gaetano (a cura di) 2019, *UnLost Territories. Ricostruire la periferia a Roma architettura e società nei territori abbandonati*, Raleigh (USA): Lulu.com

3. L'evento "*UnLost Territories: Ricostruire la periferia a Roma. Architettura e società nei territori abbandonati*" è stato pensato come una vera e propria manifestazione contro la marginalità che vive l'architettura e il progetto in Italia e in particolare a Roma. Per questo motivo, i circa cinquanta partecipanti (studenti della Facoltà di architettura a "Sapienza", neo laureati in architettura, dottori e dottorandi di ricerca che hanno lavorato a UnLost Territories) hanno popolato la Sala Rome del Macro con i loro progetti montati su cartelloni: piuttosto che una mostra tradizionale l'evento ha voluto segnalare la presenza di idee, proposte ed energie per la nostra città.
È possibile consultare il comunicato stampa a questo indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/UNLost/Stampa/Comunicato%20stampa_UnLostTerritories.pdf e la pagina ufficiale con la raccolta del materiale presentato a questo indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/UNLost/Macro.htm [ultimo accesso 26.12.2019]

4. Per approfondire, cfr. Marinelli, Selenia 2019, "*In principio, l'occupAzione: la nascita di una fabbrica dove abitare l'arte*", in Saggio, A. e De Francesco G. (a cura di), *op. cit.*, pagg. 34-41.

e *citizenship*).

In entrambi i corsi chi scrive ha avuto modo di condividere con alcuni studenti l'esigenza di dare una risposta il più possibile conscia dell'impronta ecologica che l'architettura esercita sul territorio, stimolando l'uso di materiali naturali come il legno o di materiali innovativi come le bioplastiche, il bio-cemento, le microalghe o materiali fotocatalitici, che avvicinassero le soluzioni architettoniche a quel concetto di eco-simbiosi che è stato nodo centrale della dissertazione.

In alcuni casi, infatti, la curiosità ha stimolato l'applicazione di alcuni principi di *Hyper Natura*, facendo emergere un interesse nei confronti di certe sperimentazioni progettuali contemporanee che hanno rappresentato un grosso incentivo a spingere l'esito finale del progetto dello studente verso soluzioni senza dubbio perfettibili, ma che hanno rappresentato una grossa sfida ad uscire dalla propria "zona di comfort". Ciò ha portato nel corso di Laboratorio di Progettazione Architettonica e Urbana alla maturazione di due progetti che in particolare si vuole menzionare: "*Rigen&Co.: learning center e centro di ricerca delle tecnologie ambientali ed ecologiche*"[5], dello studente Gene Archibek, e "*No Planet B: polo di ricerca e divulgazione sul cambiamento climatico*", della studentessa Lucia Boccia.

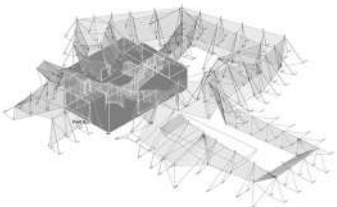
In "*Rigen&Co*" si vogliono affrontare le principali ricerche e innovazioni nel campo delle tecnologie ambientali ed ecologiche, promuovendone una diffusione che stimoli la partecipazione del cittadino e che si basi sull'assunto che rendendo pubblico il sapere, si possa incentivare una maggior consapevolezza e si possa raggiungere una rigenerazione anche dal punto di vista del sistema culturale.

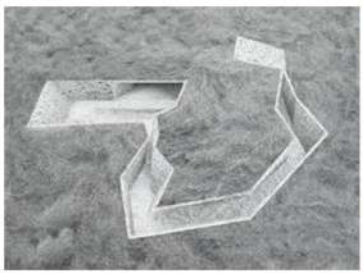
Sganciandosi dall'ideale antropocentrico, il programma d'uso si rivolge quindi a quelle tecnologie volte a stimolare ed instaurare un rapporto più sinergico tra uomo e natura. Attorno a questa *driving force* si articolano poi le altre funzioni della *mixitè*: accanto alla

5. Il progetto è stato oggetto di pubblicazione in Saggio, Antonino e De Francesco, Gaetano (a cura di) 2019, *op. cit*, pagg. 148-149.

funzione espositiva e laboratoriale, ci sono anche un punto ristoro ed un Green Hostel.

Fondamentale per lo studente è stato lo studio dell'architetto François Roche ed in particolare del progetto *Spidernethewood*, che prevede una struttura architettonica che sembra non segnare un limite di demarcazione definito tra architettura e natura, ma che, al contrario, si basa su un principio di non differenziazione tra le due componenti.





Parzialmente interrato, attraverso l'intreccio con l'edificio, la natura diventa parte integrante del manufatto architettonico, contaminandolo ed ipotizzando una prospettiva di cinque anni entro i quali l'edificio ne sarebbe completamente ricoperto.

Questo ha portato lo studente a sviluppare un modello concettuale detto "scacchiera", termine con cui in maniera gergale all'interno del corso facciamo riferimento ad un modello di scomposizione sintattica che, a partire dalla caratteristica chiave, definisce le diverse parti del progetto studiato e le disassembla per creare infinite variazioni sul tema.

Come elemento chiave del progetto di Roche lo studente ha individuato il processo connesso alla prospettiva temporale in cui la natura gradualmente guadagna superficie sul manufatto architettonico, incorporandolo in un nuovo ibrido. Pertanto, il modello propone tre fasi: una prima in cui si ha lo stato di fatto dell'area in cui si deve intervenire; la seconda prevede l'inserimento di una struttura architettonica; la terza richiede l'intervento dello studente che, nel gesto di rovesciare progressivamente delle palline di argilla, vuole simulare la variabile temporale durante la quale si crea l'accumulazione della componente naturale su quella antropica.

▲ Gene Archibek, *Scacchiera,* 2019
'Sapienza' - Università di Roma, Laboratorio di Progettazione IV, Titolare: prof. arch. Antonino Saggio, tutor: Selenia Marinelli

◀ new-territories / R&Sie(n), *Spidernethewood*, 2007

L'intervento sull'area di *UnLost Territories* scelta presenta analogie con il processo adottato di Roche e, pertanto, propone un'architettura parzialmente ipogea, che è pronta ad accogliere sulla sua superficie la natura e ad instaurare con quest'ultima delle relazioni metaboliche, Ciò viene assicurato grazie all'impiego di bio-cemento come materiale, in quanto la capacità di auto-ripararsi grazie all'azione batterica, seppur proteggendo l'architettura nel tempo, non si pone come ostacolo per la crescita dello strato naturale.

Lo sforzo è stato fatto anche nell'immaginare negli spazi del museo un'esposizione che, prendendo come campione-simbolo installazioni di Roche ed ecoLogicStudio, possa avvicinare il visitatore a certe tecnologie e materiali per sviluppare un'idea avanzata di ecologia.

▲ Gene Archibek, *Rigen&Co.: learning center e centro di ricerca delle tecnologie ambientali ed ecologiche,* 2019 - visione dell'area di progetto e inserimento dell'intervento.
'Sapienza' - Università di Roma, Laboratorio di Progettazione IV, Titolare: prof. arch. Antonino Saggio, tutor: Selenia Marinelli

▲ Gene Archibek, *Rigen&Co.: learning center e centro di ricerca delle tecnologie ambientali ed ecologiche,* 2019 - piante, prospetto e sezione del progetto.

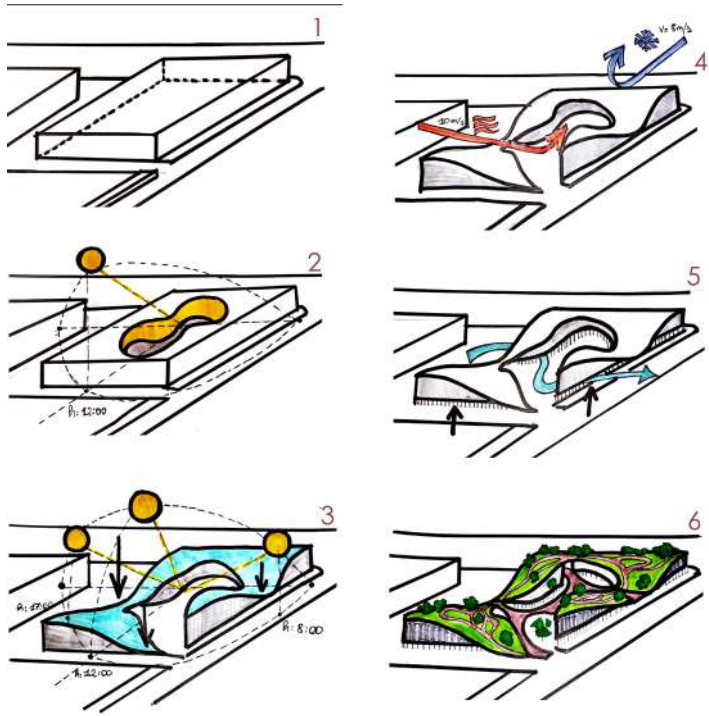
"*No Planet B*", invece, già nel titolo dichiara in maniera provocatoria l'intenzione di porsi in contrapposizione con le attuali prospettive colonialiste esoplanetarie, che prevedrebbero la terraformazione di un altro pianeta per fuggire dalla Terra, che è in piena crisi ecologica. Il progetto propone, dunque, un programma che prevede un approccio interdisciplinare alla tema, con una parte laboratoriale di ricerca che coinvolge specialisti del settore in diversi campi (col fine di raccogliere dati ambientali e proporre soluzioni al livello locale) ed una parte più divulgativa, dedicata quindi ad attività ludiche ed informative per il cittadino.

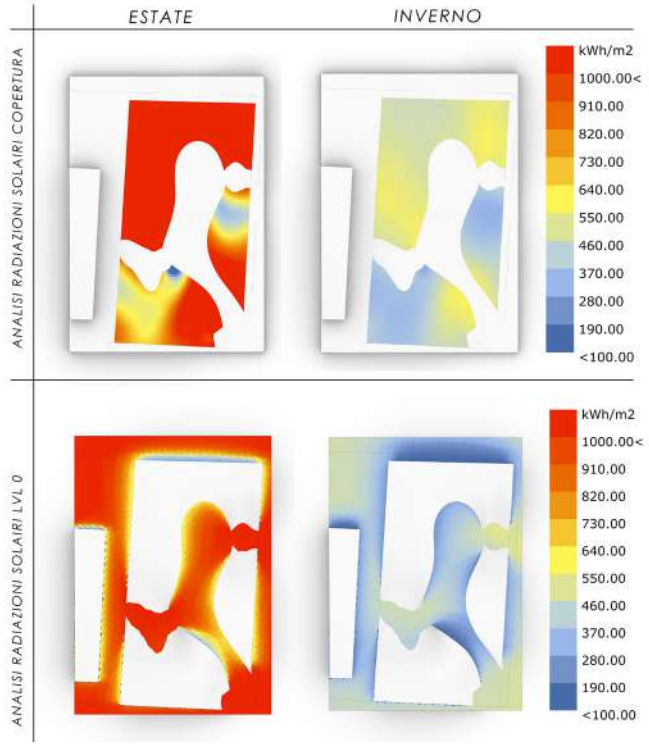
Presente nel programma di *mixitè* anche una zona di co-housing ed un sistema di agricoltura sperimentale urbana, che rifornisce una canteen e un negozio con prodotti a Km0. L'edificio vuole essere un esempio di *zero energy building*, ossia vuole essere completamente autonomo in tutti i suoi aspetti, compreso quello energetico.

L'analisi climatica è stata in questo particolare caso molto importante per decidere le strategie progettuali sia al livello tecnologico che al livello morfologico: è infatti il concetto di *climate-shaped building* a guidare le operazioni di scavo della piazza interna, risultante dallo svuotamento del volume di partenza, ed a guidare anche la fluidificazione della copertura per garantire l'illuminazione della piazza stessa, oltre che gestire la penetrazione della luce solare all'interno dell'edificio e gestire la ventilazione. La copertura diventa elemento chiave progettuale, essendo interamente percorribile e diventando parco a disposizione della cittadinanza.

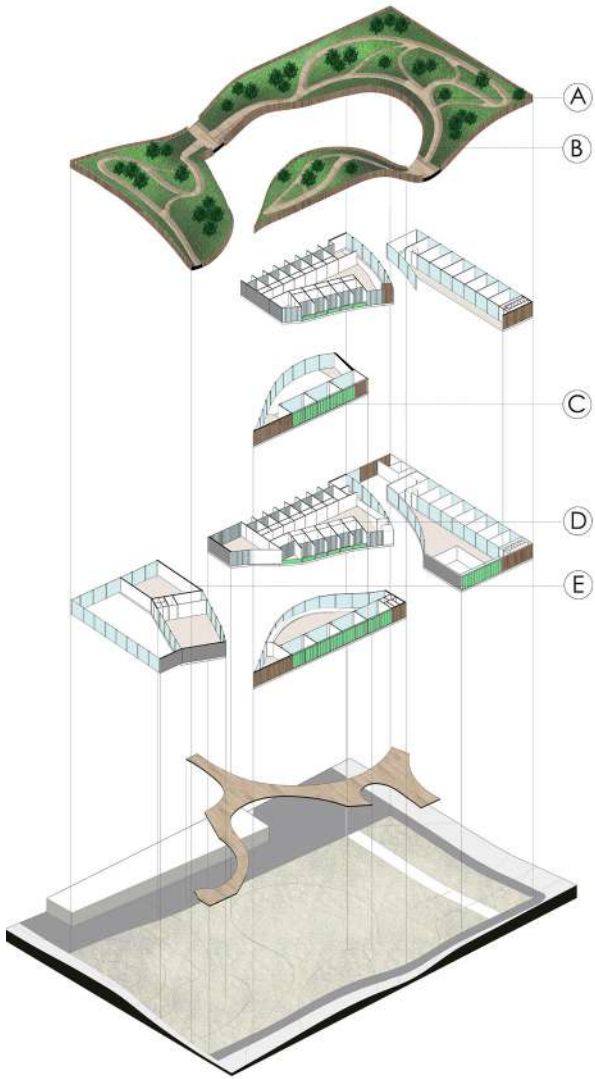
La sua funzione è quella, inoltre, di preservare la biodiversità urbana risarcendo secondo il principio di "*rebuilding nature*" ciò che l'intervento architettonico avrebbe tolto. Ospitando coltivazioni sperimentali e sensori per la raccolta dati, la copertura verde si prefigura, inoltre, come esempio di paesaggio bio-tecnologico.

Lucia Boccia, *No Planet B: polo di ricerca e divulgazione sul cambiamento climatico,* 2019 - studi climatici che danno forma al progetto seguendo li concetto di *climate-shaped building*. 'Sapienza' - Università di Roma, Laboratorio di Progettazione IV, Titolare: prof. arch. Antonino Saggio, tutor: Selenia Marinelli


1
2
3
4
5
6


ESTATE
INVERNO
ANALISI RADIAZIONI SOLAIRI COPERTURA
ANALISI RADIAZIONI SOLAIRI LVL 0
kWh/m2
1000.00<
910.00
820.00
730.00
640.00
550.00
460.00
370.00
280.00
190.00
<100.00

Tra i vari dispositivi tecnologici implementati all'interno del progetto, la studentessa, studiando il caso della BIQ House di Amburgo, ha predisposto l'inserimento di un sistema di fotobioreattori nella facciata est dell'edificio, per assicurare il massimo rendimento: tali fotobioreattori servono alla captazione della CO_2, oltre che alla produzione di biomassa algale ed alla produzione di energia termica e di acqua calda per l'edificio.



▲ Lucia Boccia, *No Planet B: polo di ricerca e divulgazione sul cambiamento climatico,* 2019 esploso assonometrico.

▲ Lucia Boccia, *No Planet B: polo di ricerca e divulgazione sul cambiamento climatico,* 2019 prospetto est con la presenza dei fotobioreattori per la coltura algale.

Nell'ambito del corso ITCAAD, invece, la lezione[6] che la candidata ha avuto modo di tenere in concomitanza con l'introduzione delle intersezioni tra paradigma informatico e biologia ha permesso di presentare direttamente alcuni degli esiti della dissertazione all'intera classe. Lo scopo è stato cercare di trasmettere agli studenti del corso che approcciarsi all'architettura in termini di *Hyper Natura* ha lo scopo di incentivare una produzione architettonica che tiene conto dell'interazione con la biosfera, aprendo a significative sperimentazioni che ci aiutano a comprendere e rendere effettiva la nostra relazione eco-simbiotica con il mondo.

Introducendo la crisi legata al cambiamento climatico, sono state dunque illustrate alcune sperimentazioni di bio arte, per mettere in luce come alcune sperimentazioni che nel mondo nell'arte hanno assunto per prime la biologia come chiave del loro operare, forniscano stimoli che possono essere assunti come sostanze per il progetto di architettura. Sono, successivamente, stati illustrati agli studenti alcuni casi studio applicativi dell'intersezione tra architettura e biotecnologia (in particolare si sono scelti progetti di ecoLogicStudio e Terreform ONE), con uno sguardo anche alla possibilità di sfruttare l'ibridazione tra materia inorganica e biologica per la produzione di biomateriali (in questo caso sono stati selezionati anche alcuni esempi che chi scrive ha avuto modo di osservare in prima persona durante la visita alla Biennale di Tallin 2017, *bioTallin*).

6. È possibile consultare il PDF della lezione tenuta nel 2019 a questo indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/Didattica/Supporti/Selenia_Marinelli_hypernatura.pdf [ultimo accesso 26.12.2019]; ; se ne proporrà una versione aggiornata in un intervento al corso previsto il 16.01.2020.

L'introduzione dei concetti-chiave della presente dissertazione, unitamente alla consapevolezza della portata storica del rapporto tra Information Technology e Architettura (obiettivo generale del corso) ha portato un gruppo di studentesse (Michela Bardelli, Priscilla Antinori e Ilaria Antiri) a proporre come prodotto finale di ricerca e di progetto l'infrastruttura di nuova generazione "*C.I.B.O. 4.0: Cultivable Infrastructure with Biological Organisms*".

Le studentesse sono partite da una ricerca che analizza la crisi di tipo alimentare causata dall'incremento della popolazione: secondo le stime dell'ONU[7], infatti, la popolazione mondiale aumenterà nel 2050 di un terzo rispetto a quella attuale, arrivando a 9,1 miliardi soprattutto nei Paesi in via di sviluppo.

Dall'altra parte, si prevede che il 70% della popolazione abiterà le aree urbane rispetto all'attuale 49%, provocando quindi un abbandono delle aree agricole. L'aumento della popolazione e l'incremento dei redditi porteranno, di conseguenza, alla crescita della domanda di cibo. Il problema legato alla difficoltà di trovare superfici di terreno adeguate che possano essere destinati a coltivazione viene risolto implementando un sistema di coltivazione all'interno dell'infrastruttura di nuova generazione proposta dalle studentesse.

Uno studio preliminare sui principali metodi di coltivazione innovativi, nonché l'approfondimento di casi studio accennati durante la lezione sull'*Hyper Natura* e l'individuazione di altri casi studio affini alla ricerca, ha portato quindi alla progettazione di un'infrastruttura che vuole funzionare come "*hotspot* del verde", rispondendo ad un duplice scopo:

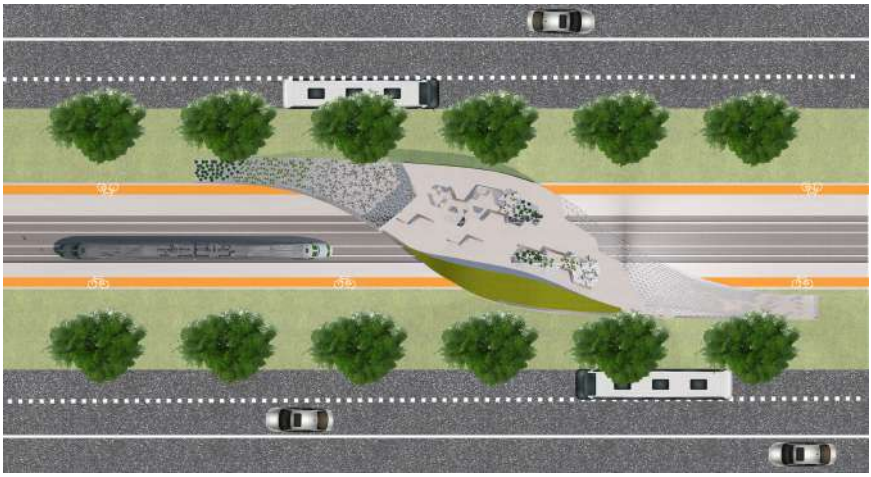
- consentire la creazione di connessioni tra i polmoni verdi della parte di città scelta (in particolare, si cerca di valorizzare la vicinanza con la riserva naturale dell'Aniene)
- penetrare nella parte urbana più consolidata per agire come strumento di mitigazione ambientale locale.

7. Cfr. ONU 2019, *The World Population Prospects 2019: Highlights*, New York; disponibile all'indirizzo: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf [ultimo accesso 26.12.2019]

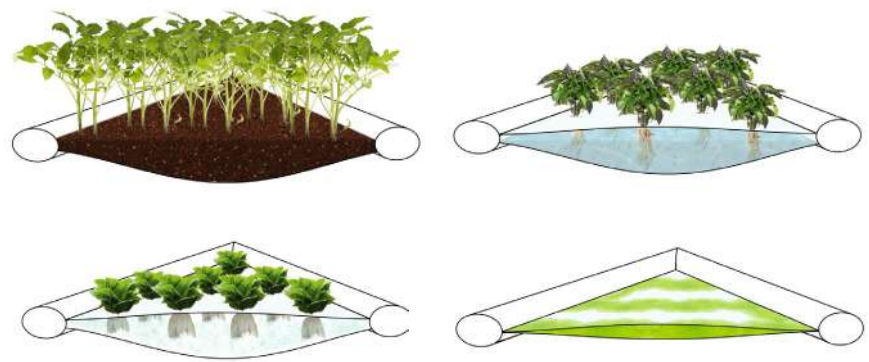
La struttura di copertura reticolare permette la formazione di moduli che possono ospitare coltivazioni tradizionali, ma anche sistemi di coltivazione che non prevedono l'uso di terreno in quanto si basano sulla giusta combinazione di sostanze minerali somministrate per nebulizzazione o all'interno di un medium di coltura. Tra queste, particolare attenzione viene posta dalle studentesse alla coltivazione dell'alga spirulina, anche a seguito dell'approfondimento del testo di Cesare Griffa "*Smart Creatures. Progettazione parametrica per architetture sostenibili*"[8].

8. Griffa, Cesare 2012, *Smart Creatures. Progettazione parametrica per architetture sostenibili*, Roma: Edilstampa

▼ Michela Bardelli, Priscilla Antinori, Ilaria Antiri, *C.I.B.O. 4.0: Cultivable Infrastructure with Biological Organisms,* 2019 - pianta e prospetto del progetto.
'Sapienza' - Università di Roma, ITCAAD, Titolare: prof. arch. Antonino Saggio,
tutor: Selenia Marinelli



Queste coltivazioni sono ospitate all'interno di cuscinetti ETFE ed il sistema si pensa come autosufficiente al livello energetico grazie al posizionamento di pannelli piezoelettrici che, sfruttando l'energia meccanica provocata dal passaggio dei mezzi di trasporto e degli utenti, sono in grado di produrre energie elettrica per alimentare i sistemi di irrigazione e di controllo dei valori delle sostanze presenti nelle coltivazioni, ma anche per fornire l'illuminazione dello spazio durante le ore notturne.



Michela Bardelli, Priscilla Antinori, Ilaria Antiri, *C.I.B.O. 4.0: Cultivable Infrastructure with Biological Organisms,* 2019 - composizione dei pannelli con le diverse coltivazioni (tradizionale, idroponica, aeroponica e algale) e alcuni rendering del progetto.

Un ulteriore sforzo nell'intrecciare paradigma informatico a paradigma biologico è stato, inoltre, perseguito nel ricercare un rapporto più stretto tra utenti e sistema naturale, attraverso l'installazione di sistemi di rilevamento delle variazioni elettromagnetiche, prodotte dalle piante nel momento in cui queste percepiscono delle variazioni di campo provocate dalla presenza delle persone (seguendo l'esempio delle installazioni di Scenocosme). In questo modo, nel momento in cui vi è prossimità tra i due soggetti, verrà restituito all'ambiente un output sonoro, quasi a voler rendere percepibile il "suono della natura" e con lo scopo di creare un paesaggio sonoro che provochi un'estraniazione dal caos metropolitano.

Infine, in alcuni punti della copertura è prevista l'installazione di dispositivi che si attivano a seconda delle condizioni climatiche per creare zone di raffrescamento o di riscaldamento in grado di assicurare un comfort locale, traendo ispirazione dal Jade Eco Park di Philippe Rahm.

Un'altra esperienza che è senz'altro stata utile per maturare certe considerazioni in merito alle modalità di insegnamento è stato sostenere l'esame di Didattica della Storia dell'Arte con la professoressa Elisa Coletta, presso la Facoltà di Lettere e Filosofia, per il conseguimento dei 24cfu per l'insegnamento.

Il corso si è proposto di descrivere le principali fasi e metodologie della didattica, con specifico riferimento alla storia dell'arte, per poi studiare i presupposti necessari per la disamina della programmazione, della costruzione di unità di apprendimento, dell'organizzazione di lezioni come della costruzione di verifiche.
La struttura laboratoriale a inoltre permettso ai partecipanti di confrontarsi praticamente con alcuni aspetti fondamentali dell'insegnamento ed è consistito nella produzione di un elaborato finale costituito da un percorso didattico, nello specifico un'Unità di Apprendimento relativa a un argomento liberamente scelto[9].

Ciò ha dato modo di conoscere profili educativi, culturali e professionali da raggiungere attraverso la didattica inclusiva che tiene in considerazione anche di alcune problematiche legate alla possibile presenza di alunni con BES (Bisogni Educativi Speciali) e DSA, che meriterebbero più attenzione anche nelle fasi successive la conclusione del percorso di studi obbligatorio, nel momento in cui si affacciano anche al mondo universitario[10].

In particolare, il corso ha consentito a chi scrive di familiarizzare con le strategie di *hybrid teaching*, ossia i modelli di *flipped classroom* e *cooperative learning*, che stimolano la pratica laboratoriale e le attività online, basandosi sulla teoria dell'apprendimento di tipo costruttivista, che vede l'apprendimento come processo attivo di costruzione delle conoscenze, piuttosto che un processo di acquisizione del sapere.

Per cui la conoscenza non viene semplicemente trasmessa, ma costruita dal discente.

9. Cfr. programma del corso, disponibile al seguente indirizzo: https://elearning.uniroma1.it/course/view.php?id=5801 [ultimo accesso 30.12.2019]

10. Cfr. Scapin, C. e Da Re, F. 2014, *Didattica per competenze e inclusione*, Trento: Erikson, pagg. 19-232.

Nel caso della *flipped classroom*, viene stimolato un apprendimento soprattutto in classe, attraverso un dibattito sulle conoscenze già apprese dal singolo studente studiando materiale di ricerca o lezioni predisposte online, puntando sulla discussione e sulla pratica cooperativa, ovviamente sotto la guida dell'insegnante che però si svincola dal solo ruolo tradizionale di tenere lezioni frontali. Questi, infatti, propone e segue attività applicative in classe al fianco degli alunni, privilegiando attività caratterizzate da una maggiore complessità e apertura problematica, da affrontare attraverso un confronto critico[11].

Nel caso del *cooperative learning*, invece, si favorisce un discente attivo che costruisce le proprie conoscenze attraverso lo studio di materiale fornito dall'insegnante, che però viene gestito in forma laboratoriale di gruppo, volto all'approfondimento di una lezione, di un tema e alla produzione di un lavoro come esito finale di gruppo, stimolando un'interdipendenza positiva.

Il ruolo dell'insegnante in questo caso è di definizione degli obiettivi cognitivi e formativi dell'attività, di formazione dei gruppi, di assegnazione dei ruoli (che possono essere a rotazione), di organizzazione e predisposizione dei materiali e di valutazione (singola e di gruppo) dell'esito finale.

Come esercitazione finale per il conseguimento dell'esame, la candidata ha quindi proposto un'Unità di Apprendimento pensata per una classe del quarto anno di Liceo Artistico – Indirizzo audiovisivo e multimediale, basata su una strategia di lezioni frontali, attività laboratoriali nella modalità *cooperative learning* e sulla creazione di link interdisciplinari con altre materie in ambito soprattutto fotografico, audiovisivo e multimediale per la realizzazione di *tablaeu vivant* ispirati al Barocco a Roma.

L'esperienza, seppur non strettamente legata ai temi della presente dissertazione di dottorato e destinata ad un insegnamento non universitario, è tuttavia risultata molto significativa per mettersi

11. Maglioni, M. e Biscaro, F. 2014, *La classe capovolta. Innovare la didattica con la flipped classroom*, Trento: Erikson.

concretamente nei panni di un docente che deve essere in grado di gestire una classe con gli strumenti didattici contemporanei.

5.1.1

OBIETTIVI DEL CORSO

Obiettivo del corso è lo sviluppo di un metodo progettuale applicabile al livello interscalare sia nei prodotti di design, che nella progettazione urbana e architettonica, basato sullo studio dei processi biologici e sull'apprendimento della bio-logica per implementare nell'esercizio progettuale il paradigma biotecnologico e spingere anche a livello didattico l'ipotesi di un'architettura bio-informata, che apra a possibilità di integrazione e manipolazione organica.

Accanto a questo obiettivo, si prefigura anche l'intento di stimolare i partecipanti al corso a sviluppare una coscienza ecologica maggiore, in particolare sviluppando una sensibilizzazione nei confronti dell'impatto esercitato dall'industria delle costruzioni.

Ciò verrà perseguito attraverso moduli introduttivi volti ad inquadrare il problema alla luce dell'Antropocene e volti a fornire un quadro di massima sulle sfide che un progettista è chiamato ad affrontare nel contesto ambientale contemporaneo.

Fondamentale risulta, inoltre, l'acquisizione di nozioni base che fanno parte di discipline esterne a quella architettonica, che hanno lo scopo di arricchirla e di fornire nuovi spunti di riflessione all'interno del dibattito sul progetto.

Fine ultimo, dovrebbe essere incentivare la curiosità e la *proactivity*[12] dei partecipanti nello sviluppare ulteriormente questi temi seguendo una propria ricerca personale, che possa essere guida anche nel loro percorso da professionisti.

12. La proattività, riferita al comportamento organizzativo, nelle attività lavorative o nella psicologia organizzativa, si riferisce a una modalità anticipatoria, orientata al cambiamento e all' auto-iniziativa. Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Proactivity [ultimo accesso 26.12.2019]

5.1.2

MODALITÀ

Tra i vari approcci metodologici, ci si vuole basare su quello feyerabendiano, che definisce un rapporto paritetico tra diverse discipline nelle loro relazioni e contaminazioni reciproche, ponendosi in qualche modo in maniera antagonista ad una prassi metodologica assolutista[13]. La natura transdisciplinare della presente dissertazione, che vede la disciplina architettonica interfacciarsi con la biologia, la biotecnologia, la cibernetica e la bio-informazione, intercettando anche alcuni esempi nel campo dell'arte, non può infatti che fare leva su una libertà d'azione che, distaccandosi dalla monodisciplinarietà autoreferenziale, si pone in aperto dialogo con altre pratiche con l'obiettivo di instaurare una rete di scambio e di confronto tra saperi eterogenei ed evitare ogni forma di riduzionismo.

Chiaramente, questa scelta si pone in allineamento con il pensiero sistemico che ha fatto da filo conduttore di tutti i ragionamenti che si sono susseguiti nella dissertazione, proprio per incorporare anche nel livello dell'insegnamento quella complessità legata al vivente attraverso processi *bottom-up*, in modo tale che anche il prodotto finale dell'insegnamento non sia semplicemente "dato", ma sia il risultato di processi contestuali, frutto di negoziazione, sperimentazioni e continui scambi tra docente e alunni.

Come filosofia didattica ci si basa, per questo motivo, su un approccio di tipo deweyiano, la cui base consiste nel non scindere la fase analitica, legata alla trasmissione di conoscenze, dalla fase di

13. Cfr. Feyerabend, Paul 1979, *Contro il metodo: Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza*, Milano: Feltrinelli

sintesi, legata all'elaborazione progettuale[14].

Ciò viene raggiunto attraverso una seria di ipotesi-verifica: la raccolta di nuove informazioni attraverso lezioni ex-cathedra, seminari, letture, visite e sperimentazioni al Wetlab, è collegata a cicli tematici successivi che sono volti alla progressiva maturazione e approfondimento delle ipotesi progettuali.

Ogni ciclo prevede lezioni ex-cathedra, tutorial, revisioni individuali o di seminario con presentazioni e discussioni collettive che possano incentivare un confronto ed un dibattito. A questo scopo è prevista la presenza di un *visiting expert* nel campo della biologia che sia supporto per gli studenti nell'affrontare determinate problematiche e per valorizzare la cross-disciplinarietà.

Dal punto di vista progettuale, si propone un approccio che non intende partire da soluzioni predeterminate, ma che al contrario parta da crisi che orientino la fase di ricerca e portino all'emergere progressivo di una soluzione progettuale con cui lo studente intende rispondere alla crisi specifica. Il concetto di "crisi" vuole definire un punto-chiave che, attraverso il progetto, può trasformarsi in valore[15] e può diventare volano di rigenerazione urbana, aggiungendo all'emergenza di tipo ecologico, assunta come denominatore comune a tutti i progetti a livello globale, problematiche che possono scaturire invece al livello locale.

14. Cfr. il programma del corso di Progettazione Architettonica e Urbana tenuto dal prof. Antonino Saggio, da cui questa impostazione trae ispirazione. Il programma è disponibile a questo indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/Didattica/Lab/Lab19/Pro/SaggioLabIV2019.pdf [ultimo accesso 30.12.2019]

15. Cfr. Saggio, Antonino 2007, *Introduzione alla rivoluzione informatica in architettura*, Roma: Carocci.

5.1.3

STRUMENTI

Dividiamo gli strumenti tra quelli relativi all'insegnamento e quelli operativi.
Con strumenti di insegnamento si intenderanno:

- i blog e siti individuali, che verranno utilizzati come interfaccia di dialogo on-line tra docenza e partecipanti al corso per l'aggiornamento di ricerche, il monitoraggio delle fasi di avanzamento di progetto e ulteriori approfondimenti su alcuni cicli tematici a scelta dello studente
- il sito del corso, che mette a disposizione il programma di insegnamento, raccoglie e sistematizza i lavori realizzati dagli studenti nel corso degli anni e che si prefigura come strumento dinamico, esposto a continue iterazioni e aperto all'implementazione all'interno delle lezioni stesse di input e approfondimenti provenienti dai partecipanti al corso.

Si segue quindi l'approccio *bottom-up* integrando in alcune fasi anche quello della *flipped classroom*, che aiuta ad avere una didattica personalizzata fortemente orientata alla messa in pratica delle cognizioni apprese dallo studente, dove la collaborazione e la cooperazione degli studenti sono aspetti che assumono centralità nel percorso pedagogico, che vede in primo luogo lo studente coinvolto nel processo dell'apprendere e chiamato ad assumere maggiore autonomia e responsabilità riguardo al proprio successo formativo.

Il sito del corso sarà il principale luogo da cui attingere al materiale didattico presentato a lezione e scaricabile dallo studente, oltre che ad accedere alla bibliografia tradizionale e digitale suggerita.

Gli strumenti operativi verteranno invece:

- sull'utilizzo di programmi di modellazione tridimensionale, in particolare Rhinoceros, coadiuvato dall'editor di visual scripting Grasshopper a supporto dell'elaborazione degli algoritmi di progetto
- sull'introduzione di un nuovo luogo per la sperimentazione pratica, che è il **Wetlab**. Al fine di fornire gli strumenti e gli spazi adeguati alle sperimentazioni in campo biologico, sarà infatti importante come supporto al corso la collaborazione con un *Open Wetlab* che, basandosi sulla filosofia *open-source*, diventa per gli studenti veicolo per avvicinarsi creativamente alla biotecnologia e per accedere a materiale di ricerca reso disponibile online col fine di capire come sia possibile implementare certe soluzioni nella progettazione. L'*Open Wetlab* si appoggerà alla filosofia – sposata già dai Fablab – del *learning-by-doing* e del *debating-by-making*, per cui gli studenti saranno stimolati a "imparare facendo", aderendo al concetto fondante di John Dewey che l'esperienza pratica costituisce il punto di partenza di ogni conoscenza educativa. Una full immersion di due lezioni in collaborazione con i tecnici del *Wetlab* sarà quindi necessaria per familiarizzare con la strumentazione tecnica, con alcuni campioni biologici ed i loro specifici metodi di coltura, per poi successivamente sintetizzare una loro possibile applicazione architettonica
- sui "*to do*" operativi, che sono volti alla messa in pratica ed alla sintesi di quanto appreso nelle lezioni ex-cathedra o in laboratorio, in modo che ciascuno studente possa sviluppare una propria elaborazione critica sui vari temi con la prospettiva di far convogliare questi stimoli nell'esito progettuale finale.

5.1.4

STRUTTURA

Il corso si basa su alcuni principi mutuati dal manifesto "*Green Bodies*"[1], redatto dal professor Antonino Saggio, con cui la presente dissertazione condivide l'obiettivo di definire un approccio ecosistemico alla progettazione architettonica, che sfrutti l'*Information Technology* per ottenere un manufatto interconnesso con l'ambiente naturale.

Facendo leva su un rapporto di ibridazione tra sistemi naturali e sistemi architettonici, il manufatto architettonico non viene visto come "oggetto" ma come processo, in quanto in grado di incorporare i fondamenti del pensiero ecologico, di tenere conto della limitatezza delle risorse naturali e di sviluppare nei confronti della biosfera un rapporto sinergico.

Il manifesto si appoggia agli insegnamenti di Vernadskij, Buckminster Fuller e all'esperienza di *Biosphere 2* di John Allen (cfr. 1.3). In particolare, viene messo in evidenza come Allen, per sviluppare la sua strategia, si sia ispirato ad alcuni aspetti del pensiero di Fuller, che vengono riassunti in un algoritmo di cinque punti:

> *- aderendo ad un approccio sinergico globale, ti dirigi verso un design comprensivo ed anticipatore;*
> *- se parti da questo punto, procedi con studi dettagliati macro-comprensivi e micro-incisivi;*
> *- se hai completato i punti precedenti, procedi facendo di più con poco: effemeralizza;*

1. Saggio, Antonino 2014, "*Green Bodies. Ecosystems for Today's Architectures*" in *Next Generation Building*, vol. 1, Amsterdam: Baltzer Science Publishers. doi: 10.7564/14-NGBJ13

- se hai effemeralizzato, computa per verificarne la razionalità e per comunicare;
- se hai computato, verifica di aver aumentato la ricchezza di tutto ciò che hai coinvolto [2].

I cinque punti mirano, di conseguenza, a focalizzare l'attenzione su interventi interscalari che non si impongono sull'ambiente, ma che attraverso il processo di "*effermeralizzazione*" – italianizzazione del termine utilizzato da Fuller *ephemeralize* – si legano al contesto in maniera simbiotica per arricchirlo.

Da ciò, discernono sei fondamentali caratteristiche associate ai *Green Bodies*:

- Non sono supporti tecnologici "*add on*" o "*plug-in*", ma rappresentano un ripensamento sostanziale dell'edificio come organismo vivente in grado anche di "morire".
- Sono generati attraverso un processo di convergenza, ossia sono consapevoli del ruolo della biosfera e di tutte le altre sfere interconnesse, incluse quella culturale, tecnologica, storica.
- Sono strategicamente progettati seguendo l'algoritmo di Fuller.
- Sono in grado di sviluppare comportamenti intelligenti, interattivi, emotivi, diventando parte attiva del mondo.
- Per descrivere, progettare, generare i *Green Bodies* è necessario usare verbi organici: non più "piegare", "curvare", i *Green Bodies* possono respirare, dormire, sudare, allineandosi alla pubblicazione di Fuller del 1970 "*I seem to Be a Verb*".
- Ogni generazione di *Green Bodies* può generare nuove specie[3].

Sulla base di questi principi, chi scrive vuole associare cinque *keywords* operative, da applicare per una progettazione che vuole interfacciarsi col vivente in maniera eco-simbiotica.

2. Cfr. Allen, John 1996, "*Buckminster Fuller's Synergetic Algorithm and Challenges of the Twenty-First Century*" intevento tenuto in occasione del memoriale a Buckminster Fuller alla U.S. International University, San Diego, il 4 giugno 1996; intervento disponibile al seguente link: http:// www.biospheres.com/pubjabucky.html

3. Cfr. Saggio, Antonino 2014*, op. cit.* pag. 31-32.

understanding: la prima operazione da compiere è certamente quella di comprendere. Non si può, infatti, procedere se non si è prima completata una riflessione sul contesto biologico sul quale si andrà ad intervenire, sulle eventuali esigenze ecologiche che emergeranno e che si andranno ad integrare al programma di mixitè funzionale, più propriamente architettonico;

augumenting: segue la comprensione e si riferisce alla costruzione di interfacce di codificazione e amplificazione della bio-informazione, per instaurare meccanismi di comunicazione tra sistemi biologici e antropici. È da intendersi come operazione sottesa a tutti i tipi di intervento successivi;

facilitating/nurturing: implica un intervento che, comprese le condizioni iniziali e ponendosi in dialogo con queste, si sintonizzi per facilitarle e supportarle, quando considerate positive in relazione allo stato di salute della biodiversità;

remediating: implica la costruzione di interrelazioni che rimedino alle condizioni preesistenti, laddove invece siano danneggiate dall'intervento antropico;

manipulating/substituting: tra le possibili azioni di bio-rimediazione, si prefigura la possibilità di sostituzione o manipolazione – qualora le condizioni preesistenti siano particolarmente compromesse – ossia la possibilità che, ricorrendo alla biologia sintetica per manipolare e programmare la materia organica ed ottenere combinazioni non esistenti in natura, l'architettura si faccia in qualche modo essa stessa "madre" di nuove forme di natura sintetica.

Le parole chiave sono utilizzate nella loro declinazione al gerundio in quanto si vuole fare leva sulla processualità di queste operazioni, ossia sulla loro caratteristica di essere "in corso" ed in continua evoluzione grazie ad un processo di *feedback loop:* si parte con la comprensione per terminare con la manipolazione, per poi tornare di nuovo al punto iniziale, in quanto l'artefatto bio-tecnologico finale necessita di nuova comprensione rispetto alla nuova condizione ottenuta.

Chiaramente, l'intervento progettuale mira alla realizzazione di un artefatto autopoietico, che sia quindi strutturalmente accoppiato con il proprio ambiente in un'unità topologica, con una complessità sempre crescente di co-evoluzione e co-costruzione tra sé stesso e la nicchia ecologica, che faccia leva sulla raccolta, elaborazione ed amplificazione di *bio-feedback*.

Per questo motivo, all'intervento progettuale sarà possibile associare verbi organici, che mettano in luce il comportamento vitale insito in una progettazione che non sia interamente pre-determinata, dove il manufatto architettonico non è totalmente disegnato o pre-fabbricato. Piuttosto, si auto-organizza respirando, digerendo, differenziando l'apertura o chiusura della propria pelle rispetto all'ambiente e compiendo altre operazioni tese alla costruzione di una relazione simmetrica di reciproche perturbazioni esogene e compensazioni endogene.

Sulla base di queste parole chiave, di seguito si propongono i moduli con i cicli tematici su cui si strutturerà il programma didattico. Ad una prima fase esplorativa, seguiranno dei moduli a complessità crescente che mirano a far sviluppare ai partecipanti un progetto che si interfacci con il vivente.
I moduli sono da applicarsi all'interno di un'area scelta dalla docenza che mostrerà una certa dimensione e complessità, sia dal punto di vista biotico che antropico. Attraverso i cicli verrà analizzata in diverse maniere per cambiare lo sguardo con cui è possibile agire progettualmente sul contesto, attraverso categorie sempre più complesse.

1. Understanding

Il modulo mira a stimolare una prima analisi del contesto biologico in presa diretta, ossia attraverso un'esplorazione dell'area di intervento. Ciò permetterà agli studenti di maturare una sensibilità anche nei confronti di un contesto definito in senso biologico e questo scopo verrà raggiunto attraverso lo strumento dei "*fieldnotes*", ossia delle note di campo utilizzate in genere dai ricercatori durante o dopo l'osservazione di un fenomeno specifico, per maturare una riflessione ed una comprensione del fenomeno stesso.

Strumenti: Osservazione dal vero.

Output: Elaborazione di un prodotto che sia in forma scritta, con immagini, prelevazione di campioni o con registrazioni effettuate durante la ricognizione sul campo. Ciò permetterà allo studente di innescare una riflessione sul contesto che sarà oggetto dell'intervento progettuale e di aprire una prima fase di ricerca autonoma.

2. Augumenting: sguardo critico sul vivente

Si propone una breve ricognizione su alcuni esperimenti della bioarte che possano attivare negli studenti uno sguardo critico riguardo ai processi legati ai sistemi biologici.

Si porrà l'accento sulla possibilità di creare forme di comunicazione tra specie naturali ed artificiali, sostenendo la convergenza tra materia vivente e dispositivi tecnologici, senza limitarsi ad una mimesi e ad un valore puramente linguistico o formale. Verrà proposto il parallelismo con alcuni progetti architettonici che si allineano con questa filosofia, in modo da innescare delle prime riflessioni su quali potrebbero essere le ricadute progettuali di questo approccio bioartistico.

Strumenti: Scacchiera.

Output: Produzione di una scacchiera (cfr. esercizio dello studente Gene Archibek, allegato nella parte iniziale di questo capitolo) con estrapolazione di una parola chiave che riassuma la modalità con cui il progetto scelto per scacchiera abbia instaurato un rapporto con il vivente.

3. Facilitating

Per un avvicinamento progressivo alla definizione di Hyper Natura, vengono affrontati i progetti trattati nella presente dissertazione che

illustrano come giungere alla costruzione del modello di *Bio-City* (cfr. 4.2.3), dove il *bio-network* viene assunto come rete di partenza sulla quale intessere relazioni tra l'intero sistema costruito ed il substrato naturale. Si farà in particolare riferimento a quei progetti che mirano alla possibilità di interpolare gli eco-dati dell'area e di utilizzarli come materie all'interno dell'architettura (cfr. Philippe Rahm) e dei progetti che usano le capacità intrinseche degli organismi di rilevare e facilitare determinate condizioni ambientali (cfr. Scape Landscape Architecture).
Strumenti: Grasshopper, in particolare i plugin Ladybug e Honeybee.
Output: Valutare la trasformabilità dell'area parametrizzando i dati ambientali per proporre una prima ipotesi progettuale rispetto allo stato di fatto.

4. Remediating

Il modulo vuole illustrare la possibilità di costruire interfacce informatiche con sensoristica avanzata che possano determinare un network con l'agente biologico e conferire alla progettazione un alto grado di resilienza. La raccolta di eco-dati e la produzione di loop di azioni e retro-azioni nel sistema punta alla codificazione e amplificazione della bio-informazione, col fine di migliorare le condizioni dell'area di progetto e agire con un approccio di biorimediazione (cfr. ecoLogicStudio, Cesare Griffa,...). Verranno pertanto illustrati alcuni circuiti Arduino e sensori da applicare.
Strumenti: Scheda Arduino e sistemi di sensori.
Output: Proposta di intervento di biorimediazione sull'area e progettazione di un circuito Arduino.

5. Manipulating: sperimentazione al Wetlab

Come già anticipato, il Wetlab assumerà un valore cruciale per inserire all'interno del corso una parte che sia di forte convergenza interdisciplinare: l'introduzione alla strumentazione tecnica, ad alcuni campioni biologici ed ai loro specifici metodi di coltura sarà infatti importante per avvicinare gli studenti alla sperimentazione pratica.
La presenza dei tecnici e del *visiting expert* del corso sarà quindi da guida per stimolare curiosità e sviluppare conoscenze e abilità.
Strumenti: materiale tecnico e dispense fornite dal Wetlab, campioni

biologici.
Output: Scelta di una delle metodologie di coltura e di campioni biologici vagliati durante la fase di sperimentazione al Wetlab per vagliare una loro ipotetica integrazione nel progetto architettonico.

6. Bio-informazione e biotecnologie nel progetto

Il modulo mira ad illustrare quegli approcci (cfr. 4.3) che aderiscono ad una prospettiva volta all'integrazione di dati biologici, di esseri viventi o alla manipolazione della materia organica, attraverso processi *bottom-up* (come nel caso dello sfruttamento di comportamenti emergenti già intrinsechi nel vivente) o processi *top-down* (come nel caso dell'ingegnerizzazione dei sistemi biologici o della bio-sintesi di nuovi materiali generati dall'ibridazione tra componente artificiale e organica). Verranno pertanto vagliati alcuni esempi progettuali.
Strumenti: Videoproiezioni, dispense.
Output: Definizione della proposta architettonica che rappresenti il sunto delle iterazioni e delle analisi affrontate nei precedenti moduli. Basandosi sui principi e le parole chiave di Hyper Natura, si punterà alla realizzazione di un progetto che incorpori una mixitè eco-funzionale e che concorra alla costruzione di un'ecologia ibrida di attori biologici in convergenza con la materia artificiale e i dispositivi tecnologici.

7. Hyper Natura: Verifica finale e valutazione

I partecipanti al corso saranno chiamati a sviluppare il progetto finale anche al livello di dettaglio architettonico.
L'ultimo modulo si concluderà con la verifica dei risultati conseguiti rispetto alle premesse iniziali, per giungere ad una valutazione del prodotto finale da parte della docenza, in collaborazione con una *jury* di valutatori esterni. I risultati verranno integrati nel sito della docenza per andare a costituire i precedenti da impiegare per iterazioni successive del corso.
Strumenti: Dispense, analisi dei materiali condivisi, valutazione del prodotto finale, sistema della *jury.*
Output: Elaborati finali di progetto.

APPENDICE

Interviste, report e testimonianze

◀ Nella pagina precedente: Vista microscopica delle alghe della penisola di Paljassaare. Courtesy of Estonian Academy of Arts, bio-computational Seminar, svolto durante BIOTALLINN. ANTHROPOCENE ISLAND, 2017. Fonte: http://www.damnmagazine.net/2017/08/03/anthropocene-architecture/ [ultimo accesso 28.01.2019]

PROFILO DEGLI INTERVISTATI

Cesare Griffa

È architetto e coltivatore amatoriale di alghe di Torino.
Prima di aprire il suo studio di architettura, ha lavorato per Zaha Hadid Architects e per Arata Isozaki, ARUP e ArchA. È stato Fullbright scholar al RPI ed al MIT ed ha insegnato design e architettura in numerose università pubbliche e private. I suoi ambiti di ricerca includono l'utilizzo di software di modellazione avanzati e di tecnologie hardware innovative, finalizzati all'esplorazione di "creature architettoniche" socialmente intelligenti e sensibili all'ambiente.

Fonte:
https://cesaregriffa.com/
Griffa, Cesare 2012, *Smart Creatures. Progettazione parametrica per architetture sostenibili*, Roma: Edilstampa

Marco Poletto

È architetto, autore e educatore.
Dirige il BIO Urban Design Research Cluster alla the Bartlett School of Architecture di Londra, un corso incentrato sullo sviluppo di una progettazione urbana bio-ispirata e sullo sviluppo di infrastrutture materiali ed energetiche *bottom-up*. Nel corso degli anni è stato Unit Master all'Architectural Association in London, Senior Tutor all'IAAC

in Barcelona e Visiting critic alla Cornell University.
Nel 2005 ha co-fondato ecoLogicStudio, che si è costruito una reputazione internazionale per il lavoro basato sul design "sistemico", un metodo definito dalla combinazione e integrazione di pensiero ecologico, computazionale, design interattivo e prototipazione digitale.
Questo approccio ampliato al design – che va dal micro al macro e dalle nanotecnologie ai network urbani – è incorporato all'interno di una pratica sperimentale dove i progetti e le installazioni diventano laboratori di interazioni. Per ecoLogicStudio questa forma di "ecologia artificiale" è un modo per interrogarsi su nuovi ibridi che promuovono la fine del paradigma meccanico in architettura, in favore di un paradigma bio-tecologico.

Fonte:
http://www.ecologicstudio.com/v2/about.php?mt=1

Jens Hauser

È media studies scholar e curatore che focalizza la propria ricerca sulle interazioni tra arte e tecnologia e sulle estetiche ibride e trans-generi. È attualmente ricercatore al Medical Museion della University of Copenhagen, a seguito di una posizione post-doc in collaborazione tra la Facoltà di Scienze umanistiche e la Facoltà di Scienze mediche e della salute, e coordina il network (OU)VERT per i *Greennes Studies*. È anche membro distinto di facoltà del Dipartimento di Arte, Storia e Design della Michigan State University, dove co-dirige il programma artistico BRIDGE, oltre che essere ricercatore affiliato e guest professor di numerose altre istituzioni.
All'intersezione tra media sudies, storia dell'arte e epistemologia, ha precedentemente sviluppato una teoria estetica ed epistemologica sulla biomedialità, come parte del suo PhD alla Ruhr University Bochum.

Fonte: https://ku-dk.academia.edu/JensHauser

Paola Antonelli

È Senior Curator nel Dipartimento di Architettura e Design e Direttore di ricerca e sviluppo al MoMA di New York.
Laureata in Architettura al Politecnico di Milano nel 1990, Paola Antonelli ha curato numerose mostre di architettura e design al livello internazionale ed in Italia ha scritto per Domus (1987-91) e Abitare (1992-94).
È stata curatrice della Triennale di Milano 2019, "*Broken Nature: Design Takes on Human Survival*", che ha voluto celebrare la capacità del design di offrire una visione approfondita delle questioni chiave della nostra epoca, soprattutto per quanto riguarda le necessità di riflessione che impone la crisi ambientale attuale, dove la pratica creativa può svolgere un ruolo cruciale nell'agevolare, progettare o riparare i legami della nostra specie con i sistemi naturali.

Fonte:
https://it.wikipedia.org/wiki/Paola_Antonelli
http://www.brokennature.org/

Intervista

ARCH. CESARE GRIFFA

Torino, 26 settembre 2018

Partiamo da una definizione: in "*Smart Creatures*"[1] si parla di approccio hacker alla progettazione. Per il suo intrecciare l'architettura con la componente biologica, possiamo quindi definirla un *biohacker* design? E cosa significa esattamente il biohacking per l'architettura?

Diciamo che c'è sempre un problema con le definizioni. È che le definizioni funzionano meglio a posteriori per incasellare, capire, archiviare le cose ma proprio per questo il loro problema è che devono mettere dei confini, per separare una cosa dall'altra. Il mondo reale, invece, è sempre un pochino più complesso. Definirmi un designer bio-hacker mi sembra una definizione molto bella, però forse un po' limitativa.

Mentre venivo qua, ho ascoltato una trasmissione in radio dove parlavano di questo libro che sta uscendo di Nadia Toffa, in cui si parla del cancro come un dono ed ovviamente questa è un'affermazione che destabilizza. Tra i personaggi intervenuti in questa trasmissione, c'era un *hacker*, credo romano, che ha fatto questo libro ed un sito che si chiamano "*La Cura*"[2], perché quando gli è stato diagnosticato

1. Griffa, Cesare 2012, *Smart Creatures. Progettazione parametrica per architetture sostenibili,* Roma: Edilstampa

2. Dal comunicato stampa: "Nel 2012 a Salvatore Iaconesi è stato diagnosticato un tumore al cervello. Invece di arrendersi alla condizione di paziente, ha deciso per un gesto radicale, mutuato dalla sua pratica quotidiana di hacker: pubblicare online la sua cartella medica e chiedere letteralmente al mondo intero di partecipare alla sua cura, per restituire alla malattia la dimensione umana e sociale persa nei protocolli ospedalieri". Fonte: *http://www.codiceedizioni.it/libri/la-cura/* [ultimo accesso 03.01.2019] Cfr. Iaconesi, Salvatore *et al.* 2012, *La Cura,* Torino: Codice Edizioni e Cfr. il sito ufficiale del progetto: *http://la-cura.it/*

un tumore la cosa che ha fatto è stata hackerare la sua cartella clinica digitale che l'ospedale gli aveva fornito e pubblicarla online con l'idea di condividere la conoscenza per farla crescere con l'intervento aperto di tutti.

La cosa interessante dell'*hacking* è proprio questa condivisione: si parte dal principio secondo cui siamo in uno stadio dell'umanità in cui tutto è stato già inventato, o meglio, ci sono sicuramente tante altre cose da inventare, ma non si parte mai da zero ma da una conoscenza che non sempre è accessibile. Una caratteristica del mondo industriale in cui viviamo, capitalistico, è che si è basato tutto per tanti decenni sul segreto industriale, sul fatto che la conoscenza non viene condivisa perché se ne fa profitto proprio vendendola o vendendo i prodotti che vengono ricavati attraverso quella conoscenza.

Oggi tutto questo sta cambiando, non fosse altro perché anche la difesa giuridica della conoscenza viene protetta con un sistema di brevetti spesso molto complessi e costosi, in cui l'intervento di monitoraggio e le azioni di difesa dei brevetti stessi è costoso e dà dei risultati incerti. Di fatto, chi si può permettere tutto questo sono soltanto le grandi aziende, le corporate, che curano una parte dei loro investimenti per la protezione delle idee. Poi c'è un altro aspetto che riguarda più che altro i giovani designer: in quest'ultimo caso riguarda più una dinamica di "paranoia", il fatto cioè che sia meglio tenersi chiusi al confronto. Se invece ci si confronta con un altro collega, da un tema di conoscenza generale c'è un accrescimento per entrambi. È un rischio che secondo me bisogna accettare, contro un atteggiamento di chiusura.

Per quanto riguarda il "bio", beh, il "bio" siamo noi in quanto esseri viventi, esseri biologici. Nel momento in cui il fare di un architetto, di un designer, è principalmente dedicato alle persone ed all'ambiente vivente in cui viviamo, ci fa acquisire consapevolezza di quello che si progetta, sia che si lavori con materia vivente come i biologi, sia che si lavori con materia inerte come minerali, cemento, acciaio, legno (anche se potremmo discutere su quanto minerali e legno possano essere in qualche modo considerati anch'essi materia "vivente"). Nell'operare, infatti, l'architetto diventa parte di un mondo che è vivente, per cui ha una base biologica.

Una trentina di anni fa gli architetti post-moderni avevano come tema centrale delle loro ricerche il linguaggio, con una produzione estremamente astratta, molto speculativa, che portava a dei ragionamenti estremamente raffinati ed affascinanti, ma che nulla avevano a che vedere con la "vita reale", con questo aspetto più biologico. Quindi in tal senso abbiamo fatto sicuramente dei passi avanti.

Nel 2013 viene inaugurata la prima architettura bio-reattiva al mondo, la BIQ House (*Bio Intelligent Quotient*) ad Amburgo in cui il ciclo biologico si intersecava con quello tecnologico grazie ad una facciata fotobiovoltaica che produceva biomassa attraverso micro-alghe. Sembra ancora rappresentare l'unico esempio realizzato con questa tecnica e solo di recente è stato affiancato dal progetto di ecoLogicStudio, BIO.tech HUT, in occasione di Astana Expo 2017.

Secondo lei, che dal 2012 prosegue con una ricerca affine, come mai c'è tutto questo ritardo nella sperimentazione a grande scala di queste tecniche? È una questione semplicemente economica o c'è ancora un po' di pregiudizio nei confronti di questo tipo di approccio nella progettazione architettonica?

Credo che sia prevalentemente una questione economica. Può esserci sicuramente un po' di pregiudizio sulle alghe, molto utilizzate negli esempi che citi, che come sai tra le varie applicazioni, grazie al loro alto tasso di proteine, possono essere usate come cibo del futuro, un tema quest'ultimo su cui si dibatte molto e che coinvolge anche il mondo degli insetti.

Da questo punto di vista, la cultura occidentale ha molto meno pregiudizio sulle alghe che sugli insetti, che comunque non si differenziano poi tanto da gamberetti o aragoste che consumiamo regolarmente e che, se li sleghi da questo paradigma di "crostaceo" in quanto prodotto di mare raffinato, non hanno tanto differenze con il mondo degli insetti. Quindi sì, in questo caso c'è un pregiudizio culturale importante, ma per quanto riguarda l'architettura credo che il tema economico sia un problema più serio.

Per tutte le cose che abbiamo cercato di fare con le alghe in collaborazione con il professor Mario Tredici, microbiologo di Firenze

che insegna agraria e si occupa di alghe e microalghe da davvero tanti anni, a partire dagli anni '50, la preoccupazione maggiore è sempre stata di riuscire a far tornare i conti. Se prendi il classico diagramma della sostenibilità, in cui da un lato hai l'ambiente, dall'altro hai il sociale e dall'altro hai l'economia con le tre sfere che si sovrappongono, le cose diventano realizzabili soltanto se c'è un qualche motore economico che fa sì che un operatore pubblico o privato possa avere degli interessi nel finanziare il lavoro.

Ad esempio, la BIQ House, che secondo me è un progetto importantissimo, un *mindset*, realizzato su una scala architettonica con i fotobioreattori in facciata, è stato possibile costruirlo grazie a finanziamenti europei e del governo tedesco e lo studio Arup ha dovuto lavorare molto sulla progettazione di un sistema che, essendo sperimentale, fosse smontabile in caso di non funzionamento, in modo da garantire l'efficienza dell'edificio anche senza il sistema di fotobioreattori.

Lo scopo alla fine sarebbe innescare un processo simbiotico, in cui rifiuti generati in altre parti dell'edificio come la CO_2 vengano usati come nutrimento delle alghe che li impiegano durante la fotosintesi. In questo modo, ad esempio, in una centrale termica si possono filtrare i fumi delle caldaie attraverso le alghe per ottenere un abbattimento delle emissioni; per contro le alghe possono crescere e diventare biomassa. Tutto questo ha un costo, in particolare il sistema della BIQ House essendo il primo ed essendo sperimentale era piuttosto costoso, quindi necessita di un investimento iniziale e la domanda che viene sempre fatta è il *payback time*. Quindi si sta sicuramente facendo qualcosa di buono per l'ambiente perché si abbatte la CO_2, ma purtroppo non abbiamo dei modelli di calcolo economico con cui sia facile quantificare economicamente qual è il costo ambientale che viene ridotto, tant'è che generalmente non viene preso in considerazione.

Quindi l'unico ingresso economico possibile è proprio rappresentato dalla biomassa o dalla riduzione dell'energia richiesta per climatizzare l'edificio, che implica l'avere un sistema molto ben bilanciato che nelle condizioni climatiche giuste in genere funziona, ma che nella maggior parte dei casi invece è molto difficile ottenere.

Ad esempio, le alghe non possono raggiungere una

temperatura superiore ai 40°C, quindi in ogni caso in estate è necessario raffrescarle, mentre d'inverno se scendono al di sotto dei 10°C raggiungono uno stato di ibernazione con un metabolismo bassissimo e se vanno sotto gli 0°C muoiono, quindi devono essere un minimo riscaldate. Inoltre, devi far girare le pompe dell'acqua e tenere le alghe in movimento, quindi c'è un certo dispendio di energia e l'unica voce che puoi realmente quantificare al livello economico è relativa a quanto si può guadagnare dalla biomassa prodotta.

Essendoci decine di migliaia di tipi di alghe, la loro biomassa è estremamente diversa nelle sue caratteristiche ed ha delle modalità di entrare sul mercato che sono altrettanto diverse. Alcune alghe valgono molto poco, c'è stata molta ricerca ad esempio con finanziamenti europei o commissioni del Governo americano per fare biocarburante con le alghe, questo soprattutto dal 2010 fino al 2015/2016. Adesso c'è ancora qualche progetto in corso ma l'attenzione è molto diminuita.

Il processo per fare carburante dalle alghe comunque è molto semplice, in fondo il carburante che facciamo dal fossile è simile perché è comunque materia organica in parte costituita da alghe che si è depositata sottoterra e si è fossilizzata dopo centinaia di migliaia di anni con il caldo e la pressione. Si tratta di raccogliere le alghe, processarle in laboratorio ed estrarre del biocarburante, che può essere etanolo o biodiesel o olio combustibile, ma anche se è molto facile, è abbastanza costoso. I più bravi al mondo a farlo a oggi che io sappia riescono a produrre intorno ai 5euro al kg di biocarburante.

Immagina di fare il pieno a questo prezzo, economicamente è insostenibile.

Per cui la ricerca c'è, la fattibilità è dimostrata, ma dal punto di vista economico ovviamente è un discorso complessissimo perché si lega ad esempio alla quantità di fossile e alla facilità di estrazione: man mano che diventa più difficile da estrarre, il prezzo di estrazione sale, quindi è possibile che tra qualche decina d'anni la tecnologia delle alghe migliori, che si riescano ad ottimizzare i costi, per contro la reperibilità delle risorse fossili sarà più difficile, quindi che i costi salgano ed è molto probabile che si raggiunga un momento in cui i costi saranno equiparati, fino a che sarà addirittura più conveniente usare risorse rinnovabili rispetto al fossile.

Oggi si sa che qualsiasi risorsa rinnovabile (la più efficiente che io sappia sono gli impianti idraulici che usano l'acqua per ottenere corrente elettrica) hanno comunque dei costi che sono sempre più alti e che non sono paragonabili a quelli di estrazione fossile.

Quindi il tema di base è davvero l'economia.

Come abbiamo appena detto dal 2012 lei ha iniziato a produrre una serie di prototipi, i *Lillies*, che ha definito come una famiglia di componenti architettoniche intelligenti, delle creature vive aggregate che raccolgono/elaborano dati ed innescano meccanismi ecosistemici di regolamentazione, secondo un sistema di *feedback* retroattivi. C'è quindi uno spirito darwinista nel pensare a questi elementi architettonici come creature vive, in grado di adattarsi ed evolversi: quali sono state le principali innovazioni che è riuscito ad ottenere tra il primo prototipo di *Lilly* e l'ultimo, il *WaterLilly 3.17*?

Come tante cose è nata un po' come un gioco questa sperimentazione con le alghe, non ne sapevo assolutamente nulla e mi ci sono interessato studiando alcuni progetti che avevo trovato su internet ed ho voluto fare una prima sperimentazione. Le cose base che sapevo erano che le microalghe non hanno una struttura, sono degli organismi monocellulari fotosintetici, che hanno quindi bisogno di acqua e luce e di CO_2 per poter crescere.

Ovviamente questa è una semplificazione, perché essendoci molte specie di alghe, oltre a queste tre componenti, ogni tipo ha bisogno di un medio di crescita adatto alla specie: esistono alghe che crescono nei laghi salati dove l'acqua è calda, altre che crescono nell'acqua fredda dolce, o addirittura alghe che crescono incredibilmente senza acqua perché utilizzano l'umidità che c'è nell'aria. Un po' alla volta quello che abbiamo fatto in questi anni è stato conoscere meglio questo mondo e capire il loro utilizzo.

Prima abbiamo parlato di carburante e di cibo, ma le alghe possono essere anche utilizzate per la produzione di cosmetici, oppure attraverso un tipo di processamento che viene chiamato "*down stream*" (che è la stessa nomenclatura tra l'altro utilizzata nelle raffinerie per indicare il metodo di processamento delle risorse fossili) possono essere utilizzate per ottenere bioplastica.

Ognuno di questi prodotti ha un meccanismo economico diverso, per cui in ogni caso quello che si deve fare è ancora una volta abbattere al massimo i costi di produzione, e dall'altra cercare di ottenere una biomassa che vada bene per l'impiego progettato. Se si opera nel mercato dei biocarburanti l'obiettivo è arrivare alla produzione di qualcosa che non superi l'euro al kg, se si opera nel mercato della cosmetica è possibile produrre qualcosa che magari valga alcune migliaia di euro al kg, se si opera nel mercato del cibo si è nell'ordine di grandezza delle centinaia di euro.

Questo apre tutto un altro filone legato al sociale, perché ovviamente sembra un mercato destinato ad una élite in quanto implica costi molto più alti rispetto ad altri tipi di coltivazioni che sono magari più dannose per l'ambiente.

Quindi in questi anni il nostro lavoro è stato proprio indagare tutti questi argomenti e cercare di rispondere ad una domanda: sarebbe bello che le cose che ci servono per progettare gli ambienti in cui viviamo, oltre a definire lo spazio sia in termini puramente spaziali che in termini funzionali ed ambientali, potessero anche essere utili a qualcos'altro. Ci siamo quindi chiesti come sistemi come le alghe potessero essere impiegati in termini produttivi e integrati nel sistema architettonico.

La prima installazione che abbiamo fatto è stata un primissimo esperimento per comprendere i meccanismi di crescita delle alghe in un ambiente chiuso. Andando avanti, l'ultimo prototipo nasce proprio con l'idea di progettare un sistema di cellule di facciata con fotobioreattori integrati, per certi versi sulla scia della BIQ House, con una serie di accortezze dedicate all'abbattimento dei costi di produzione e all'efficientamento della produzione, pensando a delle biomasse che secondo me in questo momento sono più appropriate da usare nell'architettura, come le biomasse per ottenere il cibo (con l'utilizzo di spirulina e chlorella, per le quali c'è anche il tema dei *novel food*).

Le alghe per la produzione di cibo sono abbastanza facili da far crescere e hanno comunque un buon valore di biomassa, sono sistemi che possono lavorare in maniera integrata con gli impianti dell'edificio, con l'obiettivo di avere un sistema il più possibile bilanciato, che come dicevamo prima, anziché avere una richiesta extra di energia, possa

invece sfruttare l'energia che viene generalmente dispersa, portando ad un maggior efficientamento energetico.

Da architetti ovviamente cerchiamo di produrre qualcosa che sia curato anche al livello estetico e di design, che non sia solo un oggetto industriale, giungendo ad una negoziazione tra il funzionamento, l'inserimento ambientale di questi sistemi pensati come pezzi di città che potrebbero implementare le qualità e la vivibilità dello spazio urbano.

Qual è il processo di progettazione e realizzazione di un prototipo di *WaterLilly*? Come funziona la parte informatica e che tipo di software e sensori vengono utilizzati?

La parte informatica si divide un po' in due parti: quella della progettazione del manufatto fisico e quella più legata ai sensori e alle componenti elettroniche.

La parte dedicata alla modellazione ed al disegno dei prototipi normalmente parte sempre da un mio schizzo a mano, che viene poi verificato con la modellazione 3D ed a volte supportato anche da un software parametrico, che è importante per la parte più legata al controllo e alla produzione del manufatto stesso ed anche il modo con cui ho imparato a lavorare allo studio di Zaha Hadid. Quindi c'è sempre un duplice aspetto creativo e di controllo di fabbricazione.

Per quanto riguarda la sensoristica è un discorso che si rifà anche al discorso economico: non hai bisogno di particolari sensori per far crescere le alghe, crescono naturalmente nell'acqua, in particolare di chlorella ce n'è tanta da queste parti. Si può quindi fare tutto manualmente, non è molto diverso da tutte le altre coltivazioni a scopo alimentare.

Per far crescere le alghe è necessario preparare un medio di crescita, che non è altro che acqua con dentro sali minerali diversi a seconda dei tipi di alghe (un lavoro che fanno i biologi è proprio la caratterizzazione delle specie, associando ad ognuna il medio di crescita ideale). Successivamente, con una provetta bisogna progressivamente inoculare dentro il medio le alghe, pochi litri alla volta: se queste sono col medio giusto, alla temperatura giusta e alla luce giusta, crescono senza dover fare ulteriori interventi.

Quindi si possono controllare manualmente e periodicamente sia il pH che la temperatura, secondo il protocollo scelto e l'obiettivo da raggiungere.

Se il pH non è giusto si apportano delle correzioni modificando il medio, eventualità che può accadere se ad esempio le alghe stanno crescendo velocemente ed hanno meno sostanze nutritive a disposizione, o se hanno consumato in misura maggiore uno degli elementi che compongono la soluzione. La temperatura invece si controlla per le motivazioni che ho spiegato prima, legate all'eccessivo calore o freddo dell'ambiente esterno, che richiede interventi di raffrescamento o riscaldamento del sistema.

Se le alghe vengono lasciate senza altri particolari accorgimenti, crescono allo stato brado; se invece lo scopo è produrre biomassa a scopo alimentare, processo che quindi è legato al rispetto di protocolli molto rigidi, i controlli da fare devono essere giornalieri. Tutto questo ovviamente può essere automatizzato: a partire da una centralina che raccoglie tutte le informazioni da processare, che nella versione più economica di prototipo può essere una semplice scheda di Arduino, vengono collegati in input i due sensori che misurano i due valori a cui abbiamo fatto riferimento prima (temperatura e pH), a cui si possono aggiungere anche sensori di luce; il programma che viene inserito nella centralina va ad attivare degli attuatori come ad esempio un sistema di termostatazione, per cui se la temperatura rilevata è più calda o più fredda del range inserito nel programma, l'attuatore la regola in automatico.

Oppure per la regolazione del pH bisogna valutare se c'è ancora nutrimento nella soluzione, per cui a seconda del valore viene aperta una valvola per fare entrare nel flusso nutrimento aggiuntivo.

Diventa un po' più articolato ed interessante nel momento in cui si vuole integrare tutto questo negli impianti dell'edificio, oppure interessanti sono anche i sistemi di raccolta delle alghe, che è un tema molto importante, perché si possono raccogliere a mano ma si possono progettare anche dei sistemi più automatizzati. È un'operazione delicata: nel caso ad esempio dei fotobioreattori è necessario svuotarli completamente, separare la parte liquida (che generalmente viene reimmessa nel sistema aggiungendo nutrienti) dalla parte solida (che è quella che ci interessa al livello produttivo).

Quest'ultima, che ha le sembianze di un fango verde, può essere tenuta in questo stato, può essere tratta e consumata come cibo, può essere congelata o può essere essiccata, processi che richiedono di nuovo energia per ottenere il prodotto finale.

Qual è invece la durabilità di un biocomponente come *WaterLilly*?

La durabilità dipende da diversi aspetti e la prima cosa da considerare è ovviamente il materiale che viene impiegato, in particolare per la camera di crescita.

Fondamentalmente ci sono tre possibilità: una è che non ci sia nessuna camera e si ottenga quello che si chiama "*open pomp*", quindi non è più un fotobioreattore come può essere *Waterlilly*; può essere costruita una camera dove far girare l'acqua con un flusso continuo e mettere la soluzione a diretto contatto con l'aria, oppure la vasca può essere chiusa generando sistemi chiusi o fotobioreattori, come le *Waterlilly*, che in alcuni casi sono dei sistemi semi-chiusi.

Il problema è che il contenitore deve essere trasparente per consentire la fotosintesi facendo penetrare la luce e fondamentalmente oggi esistono due macro-famiglie di materiali (plastiche o vetri) che permettono questa condizione.

Sulle plastiche si possono fare alcune considerazioni: al di là del fatto che, salvo rari casi, è tutto materiale che arriva dal fossile quindi già si creano problemi dal punto di vista della sostenibilità, ma tendenzialmente costano meno dei vetri, anche se durano meno. È necessario infatti considerare due aspetti: la degradabilità del materiale e la resistenza ai raggi UV. Per quanto ci siano delle plastiche come l'ETFE che sono certificate e resistono bene agli ultravioletti, hanno comunque una resistenza limitata ad alcuni anni, dopo i quali cominciano a degradarsi. Il vetro, al contrario, è un materiale incredibile, che può potenzialmente durare per sempre sotto l'influenza degli ultravioletti.

Le alghe inoltre producono una bio-pellicola, fatta di cellule di alghe tendenzialmente morte, che aderisce sulla parete interna della camera, creando una patina che si può evitare o ridurre tenendo le alghe sempre in movimento. Ulteriori accorgimenti per diminuire la formazione della patina sono ad esempio l'introduzione di *chips*

all'interno dei flussi che, sbattendo contro le pareti, le puliscono.

Tutto questo funziona molto meglio con il vetro piuttosto che con la plastica, quindi se si deve fare un'installazione temporanea o con una previsione di durata più lunga nel tempo, ma in cui è possibile prevedere una manutenzione straordinaria una volta all'anno, è sicuramente più conveniente al livello economico usare la plastica, anche nella previsione di sostituirla periodicamente. Se invece si progetta un'installazione che ha bisogno di veramente poca manutenzione, è necessario investire di più all'inizio e progettare un fotobioreattore in vetro per il quale, a seconda dei protocolli di crescita ed a seconda della produzione in uscita, si faccia la stima dei cicli di lavaggio periodici.

Un'altra cosa che mi ha particolarmente interessata nel suo libro "*Smart Creatures*", è la definizione delle *Lillies* come organismi "socialmente sensibili", che proprio grazie all'interazione umana diventano più responsivi, variando il loro metabolismo. Possono quindi essere uno strumento per sviluppare una relazione empatica e stimolare uno shift cognitivo (attraverso la partecipazione diretta dell'utente) nei confronti dei temi ecologici?

Sì, quello è un aspetto che c'era soprattutto nelle prime *Lillies*. L'idea di base era che, dato che le alghe sono degli organismi viventi, come tutti gli organismi viventi tra le cose che le caratterizzano hanno il metabolismo, che possiamo definire come un "indice di vitalità". Quelle prime installazioni, essendo state progettate principalmente per mostre pubbliche, avevano un carattere molto più interattivo con gli utenti e, rispetto alla sensoristica di cui abbiamo parlato prima, avevano anche dei sensori di prossimità che aumentavano il metabolismo delle alghe con l'iniezione di più sostanza nutriente, di aria e luce.

Per cui quando non c'era nessuno, le alghe erano più dormienti, mentre alla vicinanza di qualcuno si eccitavano aumentando il loro metabolismo, che era anche l'aspetto più ludico e divertente dell'installazione.

Quello che dici è giusto comunque: tornando alle tre sfere della sostenibilità sociale-economica-ambientale, questo è un progetto che

sicuramente guarda più all'aspetto della socialità e dell'educazione, che sono molto importanti. Da veramente pochi anni, c'è una sensibilizzazione maggiore rispetto ai temi ambientali, che ad esempio venti anni fa non c'era, anche se forse rimane ancora un discorso un po' di élite, piuttosto che un discorso che riguarda una popolazione più allargata.

Però c'è e bisogna spingerlo e stimolarlo in tutti i modi e sotto questo punto di vista sono molto positivo, perché prima la questione energetica era puramente una questione economica, nessuno parlava di ambiente ed era comunque un tema considerato un po' sopra le righe e "alternativo", molto al di fuori della vita sociale della gente comune. Oggi, invece, si è acquisita molta più consapevolezza ambientale, a partire dalle scuole dove si fa la raccolta differenziata, che quindi dai bambini di oggi viene vissuta con più normalità rispetto a quanto succedesse a noi.

Quindi la possibilità che questi componenti architettonici possano essere importanti anche per incoraggiare aspetti sociali, educativi, aggregativi (un po' come accade con il discorso degli orti urbani) è sicuramente un tema fondamentale.

La possibile applicazione di questi moduli per progettare delle facciate a "comportamento fisiologico" fa pensare ad una nuova pelle per l'architettura, che sia più densa e stratificata e che possa essere utilizzata non solo come schermo protettivo nei confronti dell'esterno o come superficie tecnologica, ma come vero e proprio territorio di ibridazione bio-tecnologica che instauri una positiva simbiosi con l'ambiente. Nei confronti dei sistemi naturali non c'è quindi una semplice relazione formale o ispirazionale, ma una vera e propria inclusione dei processi biologici. Ci sono dei rischi o dei limiti in questa operazione? Includere organismi viventi all'interno della progettazione significa includere anche una certa imprevedibilità?

Bisogna considerare una cosa: l'incubo per qualsiasi architetto, soprattutto di chi si occupa di involucro architettonico, è l'acqua, che è un elemento che non deve assolutamente penetrare, se non in maniera progettata… mentre noi in questi biocomponenti utilizziamo proprio l'acqua!

Un primo rischio per cui è legato proprio alla gestione di questo elemento, che è difficile da controllare nei suoi movimenti. L'altro aspetto è invece legato alla biologia: se si sbaglia un esperimento di fisica si rompe qualcosa, se si sbaglia un esperimento di chimica magari si fa scoppiare qualche strumento in laboratorio, se invece si sbaglia un esperimento di biologia si può causare una pandemia. La biologia deve quindi tenere in considerazione grandi rischi, ma per fortuna non trattando agenti patogeni ma utilizzando delle alghe, che non hanno nessun comportamento rischioso, non corriamo questo pericolo.

Anche se è pur vero che una coltura di alghe fuori controllo può diventare velenosa o fuoriuscire dalla camera, creando dei bio-inquinamenti e variando gli equilibri e la biodiversità preesistente. Detto questo, è altrettanto vero che tutta l'agricoltura, al di là degli OGM che sono particolarmente sotto i riflettori, da quando l'uomo ha iniziato a praticarla è essa stessa una modificazione dell'ambiente naturale. L'uomo infatti modifica continuamente il suo ambiente: ci sono delle modificazioni disastrose, ce ne sono altre che sono più sostenibili, ma senza alcuna modificazione noi non potremmo sopravvivere.

Leonardo Caffo, docente di Ontologia del Progetto al Politecnico di Torino, nella sua recente pubblicazione "*Fragile Umanità. Il Postumano Contemporaneo*"[3] si schiera contro l'antropocentrismo e afferma la necessità di una visione periferica, che ci faccia distaccare dall'ambientalismo, che costituisce l'apparato morale dell'ecologia, per comprendere il pensiero ecologico come interazione complessa tra organico ed inorganico.

Richiamando l'evoluzionismo darwinista, per Caffo il postumano potrebbe essere l'ultima nostra evoluzione perché, abbandonato l'antropocentrismo, l'uomo si riposiziona in uno schema più integrato con la Natura. Come può un architetto contribuire a progettare un nuovo habitat postumano? Leggendo il paradigma dell'Antropocene in maniera

3. Caffo, Leonardo 2017*, Fragile umanità. Il postumano contemporaneo,* Torino: Giulio Einaudi editore

euristica, possiamo immaginare nuovi modelli di "città organica" basati proprio su questa integrazione uomo-natura attraverso lo spazio urbano?

Sono d'accordo che l'antropocentrismo sia un tema centrale e la prima cosa da dire in questo senso è che noi non stiamo distruggendo il pianeta, è estremamente antropocentrico fare questa affermazione. Stiamo distruggendo le condizioni per noi, per la nostra sopravvivenza. Il pianeta è vecchio 4 miliardi e mezzo di anni, i primi ominidi sono comparsi 4 milioni anni fa; se dovessimo rappresentare i 4 miliardi e mezzo di anni con una linea di 100 metri, 4 milioni di anni costituirebbero solo gli ultimi millimetri.

Il pianeta non è nostro e questo spesso ce lo dimentichiamo. Siamo sicuramente la specie in questo momento dominante, però tornando alle alghe, loro sono su questo pianeta da 3 miliardi di anni, occupano cioè molti metri su questa linea immaginaria. Quando le alghe sono comparse sul pianeta, lo hanno modificato grandiosamente: da primi organismi viventi, in un'atmosfera costituita quasi totalmente da CO_2, nutrendosi di questo elemento hanno in un certo senso devastato il pianeta, provocando quella che viene definita come "la catastrofe dell'ossigeno".

Di fatto, semplicemente grazie alla loro esistenza ed alla fotosintesi con cui attivano il metabolismo sia alghe che cianobatteri, le condizioni del nostro pianeta sono state completamente trasformate e si sono venuti a creare i presupposti per la vita di altre specie, compresa la nostra.

C'è una cosa su cui sto ragionando recentemente, che credo sia importante, ed è principalmente una questione di approccio. Tenendo in considerazione il fatto che le alghe siano molto più "terricole" di quanto non siano gli uomini, se non altro perché sono qua da più tempo, una cosa che potrebbe essere interessante fare è provare ad indagare quali sono le caratteristiche di questi organismi per mediare alcune di queste caratteristiche come possibili modi del nostro fare, del nostro progettare da architetti.

Una delle loro caratteristiche, ad esempio, è l'estrema semplicità: sono la cellula più semplice che esista. A questo proposito, una cosa che mi colpisce tantissimo è che l'unico vettore che al momento è in grado di andare nello spazio con della gente a

a bordo è la Sojuz, che è un progetto russo degli anni '50, e questo è possibile perché è un progetto estremamente semplice. Un altro aspetto delle alghe è la loro capacità di adattamento, che noi dovremmo sicuramente imparare: oggi ci sono tantissime specie di alghe, evolute tutte dalle stesse prime cellule che con il tempo si sono adattate e profondamente modificate.

Adattabilità significa flessibilità nei confronti dell'ambiente, che è un approccio che dovremmo incorporare, anche se nella cultura industriale non c'è tanto la volontà di adattarsi all'ambiente, quanto piuttosto di adattare l'ambiente a noi.

Questo, come dicevo prima parlando dell'agricoltura, è ovviamente impossibile da evitare per la nostra sopravvivenza. Tuttavia, possiamo pensare a delle modifiche che possano essere più flessibili e meno invasive, che possano stimolare una certa capacità di adattamento da parte dell'uomo nei confronti dell'ambiente.

Un altro aspetto importante di questi organismi è la comunicazione: ad esempio in ambito medico ogni anno viene identificata un'influenza diversa e il vaccino dell'anno precedente generalmente l'anno successivo non funziona, perché i batteri dell'influenza hanno imparato a conoscerlo, si sono modificati adattandosi, ma lo hanno anche comunicato agli altri batteri. Con questi discorsi entreremmo nel microbiologico, ma semplificando un po' possiamo dire che le cellule si "parlano" tra di loro, perché hanno la capacità di trasferire le informazioni da una all'altra, informazioni che vanno a modificare alcuni tratti che sono trasmessi anche alle generazioni successive. È per questo che l'influenza varia tutti gli anni, in funzione dei vaccini che noi uomini abbiamo prodotto.

Ecco, per me la comunicazione è un dato fondamentale, anche in architettura, e tornando all'esempio dell'hacking con cui abbiamo iniziato, il fatto che ci sia una comunicazione il più diffusa e aperta e accessibile a tutti sembra un aspetto secondario, ma è estremamente importante per avere un reale atteggiamento sostenibile.

Infine, dobbiamo considerare il metabolismo delle alghe: abbiamo parlato di metabolismo diverse volte ed all'interno degli organismi biologici non rappresenta nient'altro che un procedimento di trasformazione dell'energia. Ma in particolare, quello che fanno le cellule fotosintetiche è trasformare l'energia che arriva dal sole

in energia biochimica che è quella che serve loro per crescere. Il metabolismo è quindi energia allo stato puro e i metabolismi che funzionano, cioè quelli degli organismi che sono in grado di adattarsi e sopravvivere nel tempo, sono quelli che diventano efficienti rispetto alle condizioni ambientali.

Questa è una cosa che per fortuna già facciamo molto in architettura: parlando di metabolismo degli edifici, questo viene valutato in tutte le fasi di vita di un edificio, dalla realizzazione, alla vita, fino allo smantellamento e vale non soltanto i progetti che possono incorporare degli organismi viventi, ma anche per i classici edifici in mattoni.

Ecco, forse anche noi architetti possiamo pensare di intervenire partendo proprio da questi spunti e analogie con le alghe, per modificare al meglio le nostre città.

Parlando di esperienza didattica, com'è stato affrontare un approccio bio-tech in ambito accademico e con i workshop che ha organizzato?

Questo tipi di sperimentazioni funzionano meglio nei workshop che nei corsi, per un motivo molto specifico: nei primi generalmente c'è un'organizzazione del tempo di tipo intensiva, con un approccio spesso molto pratico, sia nel disegno che nella fabbricazione dei prototipi, e sono per questo una palestra di studio e di pensiero molto efficace; nei corsi un po' più lunghi, come quelli semestrali, è un po' più difficile perché c'è maggiore dispersione e tante volte facendo questi tipi di esperimenti c'è una grandissima interdisciplinarietà, si vanno a toccare degli ambiti che spesso sono un po' ignoti anche ai docenti.

Non è banale proiettare uno studente di architettura in un mondo di biologia: dal punto di vista teorico è complicato perché la biologia stessa è una scienza complessa. Se invece affronti il tutto in maniera più ludica, per mia esperienza, è una modalità molto efficace per aprire la mente dei ragazzi.

In questi workshop c'è di solito una fase iniziale durante la quale c'è un misto di entusiasmo e di paura, per il ridotto tempo a disposizione per poter fare il prodotto finale, a cui subentra spesso una fase di frustrazione, perché ci si trova a lavorare in campi

sconosciuti. Se tutto va bene, poi la frustrazione si trasforma in esaltazione e stimolo perché, nonostante la strada sia molto tortuosa, alla fine ci si confronta con dei risultati a cui probabilmente senza fare proprio quel percorso non si sarebbe mai arrivati.

L'emergere delle biotecnologie tra gli strumenti della progettazione sembra assumere un ruolo sempre più centrale nel dibattito architettonico internazionale e più in generale aumenta l'attenzione sulle implicazioni della biotecnologia sulla qualità della vita: in questi giorni per esempio si sta svolgendo la Settimana delle Biotecnologie, partita dal Canada una decina di anni fa e arrivata in Europa nel 2013; l'anno scorso si è svolta una Biennale di Architettura a Tallinn proprio su questi temi; crescono i meeting di *biohacking* e anche qui in Italia negli ultimi anni abbiamo raggiunto una sensibilità maggiore nei confronti di certi argomenti, come dimostra anche la recente mostra tenutasi a Roma, *Human+*.

Pensa che siamo quindi pronti ad abbracciare anche noi questo tipo di sperimentazione? Lei ha incontrato delle difficoltà nel portare questi temi come architetto nell'ambito accademico italiano?

In questo caso secondo me bisogna un po' separare quello che è il mondo dell'architettura dal mondo reale. Nel mondo reale, anche se non ce ne rendiamo conto, viviamo molto immersi nella biotecnologia: molto banalmente sennò moriremmo entro in 50 anni.

In architettura è un fenomeno un po' nuovo. Facendo un po' di storia dell'architettura contemporanea, fino a venti-trenta anni fa il tema principale era il linguaggio, con tutte le sue varie declinazioni (storico, post-strutturalista); successivamente sono arrivati i computer e anche lì è stato un po' difficile confrontarsi, perché l'accademia è sempre un po' inerte, anche perché c'è uno sfasamento tra questa rispetto a ciò che accade nel mondo, in quanto non c'è un ricambio veloce delle generazioni accademiche.

Quindi nei primi tempi in cui mi sono trovato in questo ambiente a cimentarmi in cose molto legate alla modellazione tridimensionale e all'utilizzo spinto di computer nella progettazione avevo trovato sempre commenti molto duri. È proprio una questione di approccio.

Adesso, dopo l'elettronica, ci si sta avvicinando un po' a questo mondo dell'*hacking* e del *bio-hacking* in particolare, che è

un fenomeno nato credo soprattutto negli Stati Uniti, intorno alla fine degli anni 2000, ma che si sta lentamente diffondendo anche nel mondo italiano dell'accademia.

Nei prossimi mesi infatti ci sarà la mostra di Paola Antonelli per la Triennale di Milano, in cui si parlerà un sacco di questi temi. Immagino che questo potrà essere un momento, insieme a quelli che hai già citato tu, in cui poter focalizzare l'attenzione di tutti, anche degli architetti, proprio sul tema del "bio".

Un'ultima domanda per concludere: adesso su cosa sta lavorando nello specifico e quale ipotizza possa essere il passo successivo della sua ricerca?

Adesso abbiamo sviluppato un certo *know-how* sia tecnico che teorico su quali sono i problemi, le potenzialità, i punti forti e critici dell'uso delle alghe. Continuo a essere fermamente convinto che riuscire a mettere a punto una biotecnologia basata sulle alghe come prodotto architettonico sia sicuramente una strada interessante e sono sicuro che prima o poi possa diventare realtà, quindi mi piace portare avanti questa ricerca continuando a produrre uno-due prototipi all'anno, lavorando con i biologi in maniera integrata.

Parallelamente a questo c'è la mia attività di architetto e in particolare c'è un pensiero su cui mi sto concentrando, al momento solo al livello teorico. Mi piacerebbe sviluppare un approccio che può essere definito un po' "biomimetico" nei confronti delle caratteristiche chiave che abbiamo prima elencato di questi organismi unicellulari, per implementarle anche nel progettare architettura.

Report

VISITA AL PAV - PARCO ARTE VIVENTE

Torino, 27 settembre 2018

Il seguente report riassume le spiegazioni che la mediatrice culturale del PAV, Deborah Parisi, mi ha gentilmente consentito di raccogliere durante una visita guidata effettuata nel corso della mostra collettiva "The God-Trick". È sembrata la modalità più efficace per far addentrare il lettore nelle dinamiche esperenziali e nello spirito del museo, inteso quale luogo d'incontro e di esperienze di laboratorio rivolte al dialogo tra arte e natura, biotecnologie ed ecologia,

Il percorso multisensoriale del PAV è composto in tutto da sei stanze, con riferimento ai cinque sensi a cui è stato aggiunto il cosiddetto "sesto senso", che fa appello all'intuito ed al principio creativo.

La prima stanza è "mutazioni vegetali" e si basa sull'osservazione di una pianta *pothos*: lo scopo è creare un parallelismo tra l'esterno del museo, che presenta un paesaggio selvatico, ma urbano, ed un interno antropico dove è esposta questa specie vegetale domestica.

Spostando la telecamera presente sul vaso, è possibile selezionare un punto di partenza da cui osservare la pianta e vederne il corrispettivo virtuale sullo schermo interattivo. Toccando quest'ultimo, è possibile manipolare l'immagine di partenza per dare origina ad una scultura tridimensionale che è l'utente stesso a far crescere. L'osservatore diventa, così, performer ed è grazie a lui che l'opera assume risvolti sempre imprevisti, proprio perché variabili a seconda del tipo di interazione e di manipolazione applicata.

L'interazione si basa su algoritmi frattali e, basandosi su principi astratti e causali della riproduzione virtuale del paesaggio di partenza, vuole in qualche modo suggerire uno stimolo progettuale rispetto alla natura.

"Essenze odorose" è la seconda stanza che incontriamo e in questo caso la stimolazione odorosa sviluppata attraverso l'opera diventa pretesto per innescare un processo di interazione più complesso. Si viene posti davanti ad un contenitore che ospita diverse componenti naturali (foglie, spicchi di agrumi..) e si è invitati a comporre il proprio mix di oggetti da riporre in un tegame situato su un piano cottura. Anche in questo caso, quindi, viene riprodotta un'atmosfera domestica e l'ambiente della cucina diventa strumento che emette il vapore acqueo a partire dal mix naturale creato dall'utente. A questo punto, alla diffusione degli odori nella stanza, viene accoppiata l'interazione tra utente e schermo: come nel caso precedente, anche qui viene posta una telecamera al di sopra del mix oggetto di manipolazione, per proiettare un'immagine di partenza con la quale l'utente può interagire.

L'iterazione, tuttavia, in questo caso è generata soffiando all'interno di un imbuto che è sospeso sul tegame: la composizione visiva riproduce in maniera astratta gli odori sprigionati, che allo stesso tempo vengono modificati dall'azione del visitatore e resituiscono un output sonoro modulato dalla pressione del soffio. L'intera composizoine visivo-acustica varia a seconda del mix di elementi naturali scelto all'inizio.

"Rilievi di natura" è una stanza molto simile alla prima, ma vuole riferisi ad una chiave di lettura geografica della natura, partendo dalla definizione della geografia come prima forma applicata di progetto, che varia a seconda dei postulati culturali e politici alla base delle cartografie prodotte.

Di conseguenza, l'installazione propone una sorta di mappa-natura, che sostituisce il mappamondo, dove è la natura ad essere al centro di questa sperimentazione culturale. Attraverso un microscopio è possibile inquadrare campioni di minerali e vegetali,, che vogliono rappresentare una sintesi degli elementi naturali principali, ai quali è

stata aggiunta anche la piuma di un uccello, per includere il discorso sulla "teriosfera", e comprende quindi anche gli animali nella riflessione.

L'utente, quindi, ha la possibilità di selezionare una parte di questa mappa-natura, ottenendo un'immagine da manipolare al microscopio, spostandosi in meniera interscalare tra varie dimensioni di dettaglio e di astrazione.

In "giochi d'acqua" tramite l'espediente dell'acquario viene inserito l'elemento dell'acqua all'interno dell'esperienza sensoriale.
Il movimento casuale dei pesci, viene sovrapposto al tocco dell'utente sull'acquario: ciò attiva la formalizzazione geometrica di onde all'interno di uno schermo, che subiscono una distorsione in base al passaggio dei pesci ed alle condizioni ambientali legate alla rifrazione della luce ed all'interazione dell'uomo. Man mano che la proiezione viene alterata, il fluido acquoso proiettato perde la sua naturalità e diventa sempre più denso e torbido.

Ciò permette l'osservazione, seppur in maniera astratta, di un fenomeno continuamente in divenire e dove più soggetti biologici viventi co-agiscono per la determinazione del pattern finale oggetto della proiezione.

"Suoni mutevoli" si concentra, invece, sul senso dell'udito, ma anche in questo caso la percezione acustica è solo un pretesto per attivare anche tutti gli altri sensi.

In una serie di teche vengono esposti una serie oggetti e utensili eterogenei: conchiglie, gusci di noce, legnetti, sassi e guanti, che comunque sono un rimando ad un'altra opera di Piero Gilardi, è un'autocitazione, ma è anche un riferimento all'identità di questo luogo: essendo un luogo industriale si fa riferimento alla creazione della plastica come prodotto della modernità.

Davanti alle teche, che funzonano come casse da risonanza per il suono, sono predisposti dei rettangoli che traducono il suono, generato dall'interazione tra l'utente e l'oggetto toccato, in output vibratorio; in questo modo l'esperienza uditiva viene percepita dall'utente stesso anche al livello corporeo.

Un ultimo livello, traduce il processo di trasmissione del suono attraverso la vibrazione, in immagini astratte proiettate attraverso unos chermo, che variano a seconda dell'oggetto toccato, della pressione esercitata al tatto e, conseguentemente, dell'intensità del suono riprodotto.

L'ultima stanza è "energie invisibili", che come si è accennato fa riferimento al "sesto senso" e vuole concentrasi sugli aspetti invisibili legati al mondo naturale, che quindi non riusciamo a vedere ma di cui ne riusciamo a percepire gli effetti. Più nello specifico, come riferimento sono presi i campi magnetici: ogni elemento naturale presente in sala (ad esempio un cactus o una spugna) è collegato ad un sensore termico specifico, che si attiva nel momento in cui viene toccato e viene, di conseguenza, generata una variazione del campo magnetico.

Il trasferimento del calore corporeo sull'elemento, viene quindi tradotto dal sensore in un output visivo sul quale è possibile innescare una trasformazione. Il concept di quest'ultima stanza mira anche a creare un link con determinate tecnologie che diventano medium tra noi e gli aspetti invisibili della natura e in particolare si fa riferimento alle prime esperienze di videoarte che ricorrevano a immagini termiche e radiografie.

Usciamo da quella che può considerarsi la "pancia" del museo con l'esposizione permanente, per entare nello spazio che è invece dedicato alla mostra in corso.

La mostra coincide con i dieci anni del PAV e mira ad essere anche celebrativa della proposta culturale inaugurata da Gilardi: per questo motivo si è deciso di invitare artisti che avevano già esposto precedentemenete, che con l'occasione hanno raccontato l'evoluzione maturata dai loro progetti,

È quindi possibile ammirare il lavoro di Bonnie Ora Sherk, un'artista di San Francisco che si occupa degli spazi interstiziali sfruttati dall'industializzazione e successivamente abbandonati, che sono diventuti quindi incipit della sua ricerca artistica e performativa basata su quella che viene definita "arte rurale".e ha visto progressivamente la piantumazione di diversi orti urbani condivisi.

L'intervento è partito da un cavalvavia di San Francisco, individuato come area di abbandono non solo industriale ma proprio sociale, dove le condizioni abitative erano molto precarie e vi era la presenza di persone appartenenti ad un ceto sociale molto basso, principalmente stranieri di culture diverse.

L'operazione è stata volta, quindi, alla creazione di un "terreno comune" dal punto di vista metaforico ma anche concreto: Bonnie Ora Sherk ha infatti inziato a portare degli alberi in vaso, delle palme e, successivamente, ha iniziato ad invitare gli abitanti del quartiere per assistere alle sue performance, al termine delle quali veniva innescato un dibattito o venivano avviati dei laboratori, che sono poi confluiti nel progetto *The Farm*: del '68.

Questa *The Farm* diventa una vera e propria scuola di giardinaggio, con orti coltivati da ragazzi e bambini del posto che hanno poi attratto anche biodiversità.

Con l'avvento di internet, il progetto è passato ad uno step successivo: Bonnie Ora Sherk a deciso infatti di implementare questo sistema in rete, intitolandolo *Living Libraries* e incentivando uno scambio di conoscenze sul tema per stimolare una consapevolezza maggiore anche sui temi ecologici.

La rilevanza di questo esperimento sociale ed artistico, oltre che ecologico, sta nel fatto che ha funzionato davvero come attivatore urbano di una realtà sociale degradata: su quella porzione di terreno abbandonata le persone hanno iniziato ad incontrarsi e questo ha portato al consolidamento di una comunità molto solida.

In futuro, l'artista prevede la realizzazione di un nuovo progetto partecipativo intitolato *Watershed*, che richiede non tanto lo scambio di saperi o di semi o di conoscenze nel campo agricolo, quando lo scambio di esperienze di ricostruzione e rigenerazione avvenuta in altre parti del mondo che dialogano tra di loro.

Nomeda & Gediminas Urbonas sono due artisti britannici che intorno al 2016 hanno iniziato una ricerca sulle energie alternative.
Da sempre il duo lavora sulla realtà dei giardini urbani con il *Guerrilla Gardening*, ma in questo caso ha voluto sperimentare un tipo di ricerca diversa.

Partendo sempre dalla terra come contenitore di principio, vitale, hanno indagato su quali elementi organici potrebbero essere utilizzati come fonte di energia alternativa e la loro ricerca li ha fatti approdare alla scoperta delle batterie fungine.

L'approfondimento di questa tecnologia ne ha portato ad un'applicazione per verificarne la fattibiltà: "adottando" un lampione stradale di Londra che stava per esseere smantellato, hanno infatti chiesto ed ottenuto la possibilità di utilizzarlo come campo di sperimentazione per alimentarlo unicamente attraverso le batterie fungine, disconnettendolo dall'energia elettrica urbana.
Nell'arco di circa tre anni, hanno osservato che le batterie fungine sono in grado di rendere tre volte tanto rispetto all'energia elettrica tradizionale, arrivando a dimostrare come questo tipo di soluzoni ancora inesplorate e che si basano sull'utilizzo di agenti biologici possano essere messa in pratica nella realtà quotidiana, chiaramente tenute conto le variabili dovute alle condizioni ambientali come l'umidità, che influenzano il rendimento delle batteri fungine.

Esplorando la parte esterna del PAV, si fa esperienza dell'opera di Michel Blazy, *Foresta di scope*, un'installazione che è stata anche presentata alla Biennale di Venezia.

Alcune scope evocano culturalmente tante cose, prima di tutto una realtà arcaica legata alla tradizione orale popolare delle streghe, ma ciò che interessava maggiormente l'artista era rappresentare il ritorno dei manufatti alla terra: le scope in saggina, essendo a base naturale, fanno allusione ad una natura rimodellata dall'uomo che torna ad essere selvatica: nell'essere esposte all'ambiente esterno ed essendo state contaminate con dei semi di serbo, questo è cresciuto sulle setole delle scope, in qualche modo radicandole al terreno.

L'installazione vuole essere un anelito di speranza nei confronti di manufatti antropici che sono in grado di re-inglobarsi nella natura, divenendo parte del paesaggio.

Lara Almarcegui è, invece, un'artista spagnola, autrice di un lavoro inaugurato al PAV nel 2009, intitolato *Scavo*: il suo interesse infatti è proprio nei confronti del terreno e più in particolare del sottosuolo geologico, da cui è possibile identificare la stratificazione del suolo come studio dell'impronta umana.

Sono presentate diverse foto che illustrano lo scavo ai diversi stadi di attuazione: partendo da uno sbancamento di quattro metri e mezzo, il personale del museo ha portato in esplorazione i visitatori per avere una conoscenza diretta dell'identità storica del luogo, che fino a prima che subentrasse il museo era stato occupato da realtà produttive che ne avevano lasciato tracce.

Il lavoro ha portato, inoltre, al rivenimento di tracce risalenti all'era fluvio-glaciale ed alla scoperta che nel 1500 circa l'area ospitasse una delle più importanti fattorie della zona.

Successivamente, l'intervento paesaggistico ha portato alla creazione di aree umide per il contenimento delle acque piovane.

Presente in mosta anche un progetto nuovo dell'artista, che si radica in due luoghi: a Graz, dove è iniziato nel 2013, e nell'arcipelago in Norvegia, dove è invece approdato nel 2016.

Mineral Rights diventa non soltanto esplorativo del sottosuolo, ma affronta la questione anche da un punto di vista politico e, quindi, si proprone come vera azione a protezione delle risorse minerarie, reduci da sfruttamento industriale decennale.

A questo scopo, la Almarcegui ha deciso di informarsi su come acquistare i diritti minerari ed ha scoperto un processo molto complicato attraverso cui ottenerli. Questo genere di diritti, è infatti generalmente concesso a scopo di lucro e è principalmente rivoltio alle multinazionali dell'energia, che dal sottosuolo possono ricavare risorse utili da sfruttare. Si apre così un paradosso: ossia l'impossibilità di aggiudicarsi un diritto su una parte della natura, che sia con il solo scopo di proteggerla dallo sfruttamento estrattivo.

L'avvio di una collaborazione tra l'artista ed alcuni geologi ha portato, di conseguenza, a focalizzare la ricerca su come lo sfruttamento industriale abbia portato ad una densità minerale dei territori, cercando di stimare le tempistiche di recupero delle condizioni originarie.

Proseguendo la mostra all'aperto, incontriamo l'opera *Labirintico Antropocene* di Piero Gilardi, che vuole essere una strategia per dipanare il martellamento mediatico che tutti i giorni subiamo in merito alla disastro ambientale provocato dall'uomo.

Entrando nella prima stanza, si fa esperienza di una proiezione che mostra un materiale fluido, metafore delle fonti d'acqua del pianeta terra, che progressivamente viene invaso dai rifiuti. Questi, nel momento in cui vengono calpestati dal visitatore, spariscono, quasi ad alludere al fatto che solo l'azione dell'uomo che li ha provocati potrebbe invertire in maniera positiva il processo di inquinamento.

Successivamente, nella seconda stanza si fa esperienza di video che vuole riflettere sull'ipnosi che mediaticamente subiamo nella nostra vita quotidiana rispetto ai disastri ambientali.

Uscendo dalla stanza, si è accolti da un labirinto di alberi, con una serie di infografiche che illustrano diverse strategie messe in atto in vari Paesi del mondo per fronteggiare alcuni problemi di natura ecologica.

In conclusione del percorso espositivo, siamo chiamati ad interfacciarci con il progetto situtato nella sala interd d'ingresso al PAV: autori sono il Critical Art Ensemble, un trio di artisti americani che focalizza la propria ricerca artistica sulla produzione di progetti site specific che mirino ad aumentare la consapevolezza per divenire parte attiva di una cittadinanza. In questo caso, il gruppo ha deciso di concentrarsi sull'acqua.

Steve Kurtz ha effettuato dei sopralluoghi in alcuni bacini idrici della provincia di Torino, insieme ad ingegneri dell'ambiente e biologi, con lo scopo di reperire materiale informativo e campione biologico e innescare un processo critico nel visitatore che interagisce nell'opera, scaturita da queste indagine.

Il progetto si intitola *Triage Ambientale: un esperimento di democrazia e necropolitica*. Nel titolo si parla di necropolitica, con riferimento a tutte le politiche indirizzate alla crescita economica, che quindi non vanno verso la difesa di ciò che è vivo; mentre si parla di democrazia perché attraverso l'esperimento gli artisti vogliono mettere l'utente nelle condizioni di poter agire rispetto ad un determinato

scenario, ipotizzando una scelta rispetto per la salvaguardia di determinate condizioni ambientali.

Inoltre il titolo introduce il concetto di *triage*, che è sistema che normalmente viene applicato negli ospedali in condizioni di emergenza e che stabilisce il grado di gravità di salute del richiedente cure, che ha quindi precedenza rispetto agli altri pazienti.

Se ne evidenzia, tuttavia, il paradosso: in ambiente bellico, la logica con la quale il *triage* viene applicato è diametralmente opposta a quella appena descritta. Infatti, in una situazione di guerra, viene data precedenza al meno ferio, mentre il soldato che è in condizioni più gravi viene lasciato morire, per una questione di ottimizzazione delle risorse a disposizione.

In un momento di emergenza ambientale, noi che tipo di triage applicheremmo? Salviamo il salvabile o pensiamo ancora che si possa impiegare le risorse in modo equo?

È proprio questi interrogativi che l'installazione mira a sollevare ed ai quali siamo chiamati a rispondere.
Per farlo, dopo aver esaminato queste acque dei bacini idrici, i campioni di acqua e organismi biologici prelevati sono conservati all'interno delle teche che compongono l'installazione del museo.

Il plinto A racchiude l'acqua proveniente dal Lago Piccolo di Avigliana, il plinto B quella proveniente dalla fornace Carena di Cambiano, il plinto C invece continue l'acqua del fiume di Venaria Reale, che passa proprio in mezzo alla città di Torino.

Consultando le descrizioni allegate a ciascun plinto e riferite alle analisi effettuate in ciascun luogo, insieme al libro che ti racconta il presupposto teorico del progetto, il workshop con cui si è sviluppato (diviso in due momenti: uno esplorativo e il secondo un po' più dialogico) e tutti i dati dell'ARPA concentrati negli ultimi tre anni, per esaminare l'escalation dell'inquinamento verificatasi nei bacini, siamo quindi chiamati a scegliere.

Una volta che l visitatore ha maturato una propria idea critica sull'argomento, è infatti invitato a prendere una sferette accumulate in una boccia di vetro posta vicino ai plinti e decidere di lasciarla cadere all'interno del plinto contenente l'acqua del bacino che si vorrebbe salvare.

Intervista

MARCO POLETTO (ecoLogicStudio)

Londra, 3 ottobre 2018

Uno strumento che utilizzate per fare delle ipotesi d'intervento sulla città sono i *blue-green plans*, come quello per l'area di Solana Ulcinj o per le città di Tallinn e Aarhus. Partite dai dati dell'ESA per generare quelli che avete definito come *operational fields*.

Quali sono le caratteristiche di questi *fields* e qual è esattamente il processo generativo di queste mappe?

Sì, questa è un'idea molto interessante e posso certamente raccontarti da dove ha origine.

Ho trascorso dieci anni nell'Architectural Association, dal 2001 al 2012 come studente e poi assistente, ed a quel tempo c'era un ambiente molto interessante, formato da persone che si impegnavano molto nello studio delle tecnologie digitali e soprattutto nella comprensione delle loro possibili applicazioni in diversi campi. Ero particolarmente attratto da questo argomento del *landscape urbanism*, che era anche uno degli argomenti principali di una scuola di pensiero che si era originariamente formata nel Nord America per merito di persone che si interessavano di queste operazioni, come James Corner.

Questo mondo è stato introdotto in AA da Mohsen Mostafavi, che era anche preside di facoltà in quel periodo, insieme a Ciro Najle, che è stato anche mio professore. Quest'ultimo conduceva un programma didattico molto affascinante che probabilmente interesserebbe anche a te consultare, puoi farlo attraverso il libro "*Landscape Urbanism*" che fu pubblicato in quegli anni, oltre che attraverso il libro che Ciro ha poi pubblicato da solo, "*The Generic*

Sublime".

Ad ogni modo, alcune di queste teorie puntavano davvero all'intersezione tra sistemi ecologici e sistemi urbani, sull'indagare come questi aspetti potrebbero interagire, come i processi di paesaggio possano informare le infrastrutture e viceversa, o come le richieste di programma dell'urbanistica possano essere utilizzate in qualche modo per modellare un nuovo paesaggio urbano.

All'interno di questa cornice, l'idea degli *operational fields* (campi operativi ndR) si iniziò a sviluppare e ci si concentrava molto sull'utilizzo degli strumenti digitali prima di tutto per mappare o indicizzare i processi che si stavano verificando nel paesaggio o nel territorio, per poi cercare di sviluppare graficamente delle descrizioni di questi *fields*. Spesso si aveva a che fare con processi o indici che non erano molto convenzionali per gli urbanisti, perché avevano a che fare con aspetti che a volte potevano essere invisibili, come ad esempio l'aria, il microclima, anche se in altri casi erano anche molto tettonici.

Penso che la cosa che molto interessante di questo approccio fosse il fatto che ad un certo punto questo esercizio di mappatura diventava qualcos'altro: iniziavamo a renderci conto che la mappatura stessa era un esercizio molto utile e interessante, ma che conservava sempre questa connotazione analitica, come normalmente ingegneri ed architetti mappano per vedere le condizioni del sito per poi trasformarle in input analitici ed immaginare delle possibili soluzioni.

La nostra idea, invece, si basava sulla domanda "*Possiamo usare queste nuove tecnologia e questa maniera algoritmica di disegnare, non solo per mappare o verificare le condizioni del sito, ma allo stesso tempo per iniziare a creare delle nuove condizioni di trasformazione del sito?*". Quindi il concetto degli *operational fields* arriva proprio nel momento in cui questi indici di forza del sito iniziano a trasformare il sito stesso.

Tutto si basa sull'idea che quando inserisci uno strumento all'interno di un ambiente per misurarlo, in realtà stai già alternando l'ambiente, quindi la misura altera ciò che è misurato e si crea una sorta di *feedback loop* che è fondamentale anche nei meccanismi della vita. È anche molto interessante pensare a questa metodologia di design come descrittrice dei territori e come, nel momento stesso

in cui li misura con esercizi di indicizzazione, allo stesso tempo inizia a generare trasformazioni e modifiche degli stessi ambienti.

Quindi a questo punto i segni grafici che disegniamo non diventano solamente simbolici di qualcosa che stiamo analizzando, ma diventano essi stessi già degli agenti operativi all'interno del contesto. Sai, una linea è una linea ma il significato che può esserci dietro può essere molto diverso: puoi avere una linea che è simbolo di quanta radiazione solare arriva o una linea che rappresenta un indice di trasformazione peculiare di un sito. Questo livello di astrazione è fondamentale quindi per questa idea di operational fields ma è anche molto basata sull'idea di passare da un paradigma analitico ad uno sintetico.

L'idea di "*synthetic landscape*" viene proprio da questo ragionamento e dall'uso delle tecnologie digitali per creare un nuovo medium. Il momento creativo in questo senso non è completamente nella testa del designer, in quanto è in qualche maniera trasferito attraverso questi disegni operativi su un altro livello, contribuendo quindi all'emergere di qualcosa di nuovo. Si crea anche una condizione interessante di conversazione tra il designer che disegna e il disegno stesso che ha la propria *agency*, a causa dell'algoritmo deputato ad interagire con un determinato contesto e che è come se ricostruisse qualcosa di quel contesto diventando forza generatrice del progetto.

Questo è ciò che informa il nostro lavoro e ovviamente poi si è lentamente evoluto in questi anni fino allo stato attuale. In particolare, il riferimento ai *blue-green plans* non viene da noi direttamente, ma è un trend attuale a cui puntano sempre più globalmente le città.

È una strategia che si tenta di sviluppare per creare una pianificazione più sostanziale dell'ambiente biotico, anche se spesso lo si fa in una modalità molto tradizionale, in qualche modo che possiamo definire come "figurativa", basata quindi su una comprensione abbastanza pittoresca della natura all'interno della città. Quindi quello che vogliamo cercare di fare noi è, invece, cercare di usare le tecnologie a disposizione oggi, dal monitoraggio satellitare ai disegni algoritmici, per spingere questa comprensione dei *blue-green plans* ad un livello successivo e magari anche dimostrare la loro rilevanza all'interno della pianificazione delle nostre future città,

che devono essere basate in maniera maggiore sul substrato su cui le città e la vita urbana si sviluppano.

Questo substrato è qualcosa che è infatti necessario capire nel profondo, per ingegnerizzarlo e svilupparlo ulteriormente, il che è un punto di vista che era stato già in realtà compreso e spiegato molto chiaramente da persone come ad esempio Frei Otto, che dichiarava che gli urbanisti hanno la necessità di conoscere e comprendere i sistemi viventi che operano nelle città.
Credo che questa sia una lezione che purtroppo non sia stata molto applicata sul campo.

Un *test bed* applicativo dei blue-green plans è quello che avete fatto per la città di Aarhus, per la quale è anche prevista l'installazione dei bio-prototipi Urban Algae Folly, sparsi negli spazi pubblici della città come una serie di attivatori paesaggistici.

Ci sono previsioni su quello che potrete essere l'impatto a grande scala di questi bio-prototipi? Avete fatto una stima, ad esempio su quello che sarebbe il ritorno in termini produttivi per la città di Aarhus?

Sì e no, perché da una parte l'idea complessiva di installare uno di questi prototipi era di creare un nuovo sistema metrico per la città. Quando si parla di *blue-green* normalmente questi tipi di piani suggeriscono che le persone debbano essere il più possibile in contatto con la natura, quindi di norma si basano su un'idea molto generica che dovremmo avere cinture verdi attorno alla città, corridoi ecologici o linee guida che costituiscono la base della pianificazione green.

La nostra idea invece è che queste linee guida siano troppo vaghe. Non prendono in considerazione la metrica che potrebbe essere usata per ri-descrivere la maniera con la quale una città è organizzata. Pensiamo, infatti, che l'attuale maniera di intendere la morfologia nei sistemi urbani debba essere basata su un sistema bottom-up che aiuti alla comprensione delle implicazioni dei cambiamenti che intercorrono nei processi metabolici della città e che influenzano la maniera in cui la città stessa evolve o cresce e, di conseguenza, si trasforma. In questo senso il progetto che abbiamo

fatto ad Aarhus si basa su questi due elementi: da una parte, un piccolo prototipo che ovviamente è piccolo in termini urbani, ma che ha lo scopo di fornire delle misure specifiche su cosa accade ad esempio quando prelevi acqua dal porto, che già contiene un tipo di biodiversità e organismi che hanno potenziale fotosintetico e potenzialità di assorbire anidride carbonica e altri diversi agenti inquinanti.

Questo aspetto è molto importante per noi, in quanto il potenziale che abbiamo scoperto di questi organismi è di gran lunga più efficiente di quello degli alberi di grossa taglia, perché questi microrganismi sono interamente fotosintetici nel loro corpo, quindi è possibile integrarli all'interno dell'involucro architettonico in modalità molto più efficienti di quelle che facciamo con gli alberi.

L'idea del sistema era quella di avere questi moduli con una certa scala (nel caso di Aarhus avevano circa 15m^2 di superficie), con all'interno circa 300 litri di coltura che produce una certa quantità di ossigeno. Quindi essenzialmente ci sono delle misure metriche che è possibile stabilire, che sono piuttosto precise e che ci aiutano a definire la situazione alla scala della città dal punto di vista di questi nuovi sistemi diffusi.

Questo meccanismo fa parte dell'idea di applicare i *blue-green* plan come network in grado di assorbire efficientemente la CO_2 che la città produce e, allo stesso tempo, dimostrare come questi siano in grado di trasformarsi in un vero e proprio sistema metabolico urbano in grado di produrre energia. È proprio a questo punto che intervengono i disegni algoritmici che usiamo per farli proliferare e speculare su cosa accadrebbe se prendessimo questa unità costituita da queste proprietà e la distribuissimo nell'intera superficie urbana, per cercare anche di capire quali relazioni è possibile stabilire.

In questo senso vediamo alle infrastrutture della città così come sono ora, con il sistema di strade, griglie, network etc. come punto di partenza, per poi da una parte avere il singolo edificio con le sue dimensioni precise, dall'altra le aree verdi singole con l'identificazione degli alberi secondo la loro grandezza e localizzazione, e successivamente si passa alla costruzione di un network che connette gli uni agli altri attraverso il percorso più breve,

per iniziare a vedere come questi percorsi si accumulano e come un nuovo tipo di morfologia inizi ad emergere.

Ancora una volta occorre precisare che questa nuova concezione della natura incorporata all'interno del costrutto architettonico può aumentare di molto la produttività del substrato vivente delle nostre città. Con la possibilità di testare questi rapporti è possibile quindi guardare a quale organizzazione morfologica può emergere.

Da un punto di vista di pianificazione, questo forse crea degli incentivi affinché questa transizione avvenga, per esempio incentivi per edifici che integrano facciate viventi o altri elementi all'interno del loro involucro e che trasformano l'edificio stesso in un nuovo nodo all'interno di questa metrica. Quindi nei *blue-green plans* gli elementi biotici della città smettono davvero di essere un semplice elemento ornamentale o pittoresco per il tempo libero, ma diventano i core dell'infrastruttura che definisce la città come nuovo ibrido di naturale e artificiale.

Questa è l'ambizione e l'idea dietro questo progetto e ciò che stiamo anche cercando di fare anche per la città di Tallinn, per portare avanti la possibilità offerta dagli strumenti digitali di disegnare questi piani con una risoluzione molto più avanzata ed allo stesso tempo per importare tutti i tipi di innovazioni del campo della biologia e delle biotecnologie a servizio di un nuovo sistema di misura metrico per le città.

Vi siete più volte espressi contro una natura che purtroppo viene strumentalizzata e ridotta della sua complessità per essere relegata a semplice layer ornamentale. Il concetto di *augumented nature* sembra invece fungere da riscatto, in quanto la natura al suo corrispettivo fisico accoppia un suo modello virtuale, rappresentato dai dati e dai *feedback loop* innescati nell'interazione con l'ambiente.

Questo può tuttavia produrre il rischio che si arrivi ad una versione eccessivamente meccanizzata del verso "sé" della natura?

Sì, in effetti c'è questa possibilità, perché la maniera con la quale comprendiamo la natura è molto influenzata dagli strumenti

che utilizziamo. Infatti, penso che al momento abbiamo già questa versione meccanizzata della natura, in quanto stiamo cercando di comprendere e di guardare alla natura principalmente attraverso un set di tecniche e strumenti molto spesso guidati dal computer.

I computer sono macchine digitali, digitale significa basato sul sistema 0-1, quindi questa logica binaria è ciò su cui si basa ogni sistema di computazione digitale ed è una prospettiva molto guidata dalla razionalità umana.

Per esempio, invece, la *slime mould*, questo tipo di organismo vivente che stiamo studiando da qualche tempo e che computa network, lo fa in una maniera completamente diversa da quella a cui siamo abituati. Non c'è nessuno sistema 0-1 nel meccanismo computazionale della *slime mold*, perché questo si basa su gradienti bio-chimici, su reazioni e su ciò che Andrew Adamatzky ha chiamato "*unconventional computing*". Lui ha un intero dipartimento che lavora proprio sui questo argomento.

La computazione non convenzionale è molto interessante ed entusiasmante, perché si basa tutta sul guardare alle macchine computazionali che funzionano al di fuori del campo digitale della logica binaria 0-1. Questo campo è molto tecnico, specifico e scientifico, ma credo che sia fondamentale da conoscere per cambiare prospettiva su come comprendiamo ancora una volta natura e computazione.

Penso anche che astrarre la natura non sia necessariamente un modo per renderla meno "naturale" e più "meccanica". Non dimenticarti che l'intera scienza dell'ecologia in realtà è stata sviluppata come conseguenza del primo modello computazionale creato dai cibernetici o dagli studiosi che lavoravano con le macchine per creare una nuova comprensione della biosfera.

Quindi è vero, c'è un bias meccanicista molto forte in questo processo, ma penso che ciò che veramente puntiamo a fare sia di andare oltre questa separazione tra mondo naturale e mondo artificiale, che ovviamente include gli edifici, i protocolli digitali e così via.

Questo non lo facciamo attraverso una prospettiva nostalgica, come se fosse necessario tornare al nostro passato rurale, ma al tempo stesso non sfociamo neanche nel campo tecnocratico

positivista dell'ingegneria ambientale, che computa e simula i sistemi viventi. C'è un altro tipo di sensibilità alla base che stiamo cercando di sviluppare.

Ecco perché abbiamo iniziato ad utilizzare ed a lavorare con organismi viventi, perché vogliamo andare oltre al modello biomimetico che, ad esempio, guarda al ragno e cerca di produrre uno script che copia la logica del ragno per creare un'architettura vernacolare che somiglia ad una ragnatela.

Ovviamente, si possono fare delle cose molto interessanti con l'approccio biomimetico, non sto dicendo che sia completamente sbagliato, sto solo dicendo che in qualche modo è limitante. Ci sono state delle modalità intelligenti per utilizzare i principi biomimetici, ma credo che in questo momento sia limitante proprio lo scopo, in quanto è molto basato su un approccio antropocentrico di problem solving. Uno degli approcci utilizzati è quello di prendere un modello naturale e scalarlo alla dimensione architettonica, che è un processo che potremmo definire, più che biomimetico, bio-ispirato da un punto di vista formale. Ma ancora voglio precisare, non è che sia sbagliato di per sé, trovo solo che sia limitante.

Quindi in questo preciso momento il nostro scopo è quello di lavorare alla scala in cui questi sistemi naturali realmente lavorano, come ad esempio le alghe, per osservare queste forme di intelligenza e le proprietà di questi sistemi e capire come possano avere ripercussioni alla scala dell'architettura e nelle città.

In questo senso, non ci poniamo né all'interno di un paradigma riduzionista né allo stesso tempo all'interno di un paradigma completamente formale. Piuttosto, ci inseriamo in quello che può essere definito il paradigma "biodigitale", che per me significa davvero passare dalla cosiddetta era digitale a quella che potremmo chiamare era dell'esperienza, dove la computazione digitale biologica è incorporata all'interno dell'architettura, nella nostra esperienza, nelle nostre intuizioni.

Stiamo raccogliendo le diverse intelligenze dei sistemi viventi e dei sistemi digitali e stiamo cercando di integrarle al livello architettonico. Tutto ciò diventa parte di un sistema complesso multistrato e in questo modo ci si allontana dalla trappola meccanicista o riduzionista. Non siamo al 100% sicuri di avere successo perché

ovviamente ci sono ancora alcune limitazioni in termini di tecnologie e forse anche in termini concettuali.

Per esempio, questa nuova linea di ricerca basata sul coinvolgimento delle microalghe, su cui stiamo lavorando da circa dieci anni, ha passato diverse fasi, da quella più incentrata su lavori artistici, dalla piccola scala alle installazioni a scala più grande, fino ai prototipi di facciate, e in ogni passo che si compie c'è sempre un compromesso che si deve fare per via dei limiti tecnologici. Ma se realmente vuoi operare in questa prospettiva, penso che ci siano molte interessanti possibilità di sperimentare, anche grazie a questa idea di integrazione e computazione biologica. Sono molto sicuro che tutte le interfacce obsolete prima o poi scompariranno e che tutto diventerà molto più "incorporato".

Per questo è importante che non ci sia semplicemente una transizione digitale, ma che realmente si possa completare una transizione "materiale" ed è qui che il ruolo dell'architettura diventa cruciale nelle modalità con le quali è possibile far convergere tutte queste possibilità, anche attraverso la stampa 3D, la computazione, le *wearable technologies* ed i sistemi viventi per creare nuove forme di intelligenza.

Guardare al biologico ed all'organico come fatto sostanziale e non unicamente formale per l'architettura, ci distacca da un giudizio puramente funzionale degli edifici come contenitori di funzioni e ci fa scoprire il loro potenziale metabolico al livello urbano.

Un edificio-simbolo della vostra ricerca e della vostra produzione architettonica è sicuramente il BioTechHUT di Astana: qual è in termini metabolici e produttivi il suo contributo all'ambiente?

Credo che BioTechHUT sia un progetto molto interessante perché è stato realizzato in un contesto molto peculiare, cioè la grande Expo che è stata fatta ad Astana. Ciò ha comportato una grande visibilità, un pubblico molto più ampio, oltre che rappresentare un contributo da parte nostra molto più grande di scala, dato che è anche un edificio a tutti gli effetti che si può dire permanente: è ancora lì ed ha molti aspetti che non avevamo sperimentato prima.

Penso che l'idea dietro questo HUT sia di cercare di articolare ciò che stavo dicendo prima, ossia l'idea di architettura come sistema che si evolve insieme al nostro nuovo modo di comprendere e relazionarci alla natura.

Ecco perché l'edificio stesso è diviso in tre zone: una fa riferimento all'approccio più scientifico e razionale nei confronti del naturale, dove gli utenti fanno conoscenza di questi organismi e della loro biodiversità; nell'altra zona c'è un aspetto più artistico attraverso l'installazione, mentre nell'ultima parte viene indagato l'aspetto più produttivo. Si tratta davvero di aprirsi completamente nei confronti di questo micro-mondo affascinante della microbiologia, per vedere come questi organismi funzionano e si sviluppano seguendo regole completamente diverse dalle piante più grandi o dagli altri sistemi viventi. Tutto questo non è interessante solo da un punto di vista biomimetico, ma con il fine di integrare questi organismi all'interno della costruzione architettonica per ottenere davvero un tipo di performance completamente nuovo.

Per questo motivo, nell'HUT abbiamo cercato di enfatizzare questo aspetto esperienziale attraverso la scultura del giardino cibernetico, che è al tempo stesso anche un sistema altamente produttivo nel momento in cui garantisce un certo apporto di coltura in grado di generare energia a sufficienza per una certa unità abitativa. In quest'ottica, l'edificio diventa esempio di auto-sufficienza in termini anche di purificazione dell'aria dalla CO_2, oltre che di produzione di ossigeno e di cibo.

Ci stiamo davvero spingendo nella direzione in cui i requisiti di programma per come li conosciamo necessitano di essere riscritti, perché si tratta di creare una nuova struttura in cui nuove pratiche emergono grazie a queste nuove possibilità offerte dai microrganismi. Molte persone pensano a questi organismi più come ad un problema, piuttosto che ad un'opportunità, e noi vogliamo proprio dimostrare che l'architettura potrebbe essere un veicolo culturale per supportare questo genere di sperimentazioni.

La vostra attività si è sempre mossa su un doppio binario: la pratica architettonica e quella didattica allo Urban Morphgenesis Lab della UCL Bartlett e di recente al Synthetic Landscape Lab dell'University of Innsbruck.

In particolare, in quest'ultima *unit* in quale maniera viene declinato l'approccio bio-computazionale diversamente da quanto già sperimentato alla Bartlett?

Questa sarebbe una domanda più adatta da fare a Claudia (Pasquero ndR), ma comunque condividiamo sempre tutto quindi posso sicuramente darti una risposta, anche se lei ti fornirebbe senz'altro più dettagli in merito e risponderebbe magari in maniera diversa dalla mia.

Per me non c'è una differenza fondamentale, perché sia la Bartlett, che Innsbruck che ecoLogic fanno parte dello stesso consorzio, photo.Synthetica, che abbiamo creato da poco per cercare di tenere insieme tutti questi aspetti, non eliminando le differenze perché ovviamente ogni istituzione ha una sua peculiarità, ambiente, obiettivo e così via. Ma ovviamente lo scambio tra di loro per noi è molto importante, perché non concepiamo la ricerca accademica o l'insegnamento come istanze separate.

Tutto ciò che facciamo ha aspetti di insegnamento, aspetti di ricerca, sono processi molto interrelati tra loro e credo che il paradigma della bio-computazione sia l'aspetto concettuale alla base di ognuno.

Poi ovviamente, il laboratorio che abbiamo qui a Bartlett è più speculativo per via della natura della scuola stessa: è più incentrato sull'esplorazione di nuove potenzialità morfogenetiche.

Mentre a Innsbruck stiamo mettendo su un laboratorio strutturato più in maniera "tradizionale" per certi versi, dove tutti questi concetti vengono portati a concretizzazione attraverso un set di macchine ed equipaggiamenti che consentono di studiare gli organismi viventi: può essere visto come un link di connessione tra l'aspetto più speculativo di Bartlett e quello più concreto che portiamo avanti con ecoLogicStudio, attraverso lo sviluppo di prototipi.

Nel Synthetic Landscape cerchiamo infatti di sintetizzare questa idea di sviluppo di sistemi di materiali, dove il substrato

organico e vivente è letteralmente incorporato.

Al momento, ad esempio, stiamo lavorando sulla stampa 3D di un substrato che accoglie alghe che crescono all'interno di un'installazione che sarà esposta al Centre Pompidou.

Credo che questo sia il risultato di un approccio emerso di recente attraverso la ricerca basata sulla pratica, che stiamo portando avanti e che supporta l'idea che la comprensione di una pratica avvenga semplicemente praticandola.

Intervista

JENS HAUSER

Riga, 6 luglio 2019

Il tentativo di "*disentanglement*" (sbrogliamento) delle nozioni di "*green*" e "natura" è un aspetto chiave di questa conferenza e mostra *UN/Green* e rappresenta anche una parte significativa della sua ricerca accademica. In accordo con questo punto di vista, la biologia sintetica, il *biohacking* e la biotecnologia diy possono assurgere a nuove forme di rappresentazione dei concetti di "*greenness*" e di "naturalità" tecnologicamente mediati e manipolati. Comunque, le questioni etiche legate a queste pratiche sembrano restare irrisolte.

Può in tal senso l'arte essere d'aiuto per avere un più "democratico" uso di queste tecnologie, che consenta anche di comprenderne le potenzialità e di evitare un loro sfruttamento in ambito puramente scientifico?

Penso che una delle principali funzioni dell'arte sia l'aspetto critico e la sua capacità di sbrogliare ad esempio concetti così spesso fraintesi o erroneamente accostati come i concetti di naturalità, di vita ("*aliveness*") o di verde ("*greenness*"). Quindi sopra ogni cosa il potenziale dell'arte, oltre che di estetizzare, è di capovolgere i concetti per mettere in luce un terreno critico che consenta una messa in pratica inserita all'interno di una svolta epistemologica. Questo implica che non si guarda più solo alla superficialità o alle rappresentazioni simboliche, ma ci si interroga su come sappiamo ciò che sappiamo.

C'è da dire che in letteratura l'arte dei media è sempre stata molto brava nel formare e modellare senza mirare ad un risultato puramente estetico, formalistico o concettuale, ma tentando di dipanare questi "puzzle di media" costituiti essi stessi da oggetti

estetici. Quindi l'aspetto critico dal mio punto di vista è la chiave attraverso cui, con l'arte, possiamo avere la forza per portare sul serio oltre i confini dei laboratori queste pratiche e coinvolgere davvero diversi partecipanti all'interno della società.

Timothy Morton parla di "iperoggetti" e, in polemica con l'ambientalismo, dice che fornire semplicemente la migliore versione possibile del mondo non fa altro che inibire il progresso ecologico. Sostiene inoltre che l'arte e l'architettura debbano includere nel loro campo d'applicazione gli iperoggetti, in quanto avrebbe più senso progettare in uno stile ecologico più "*dark*", che parta dalla consapevolezza della nostra coesistenza anche con le sostanze tossiche che abbiamo creato e sfruttato.

Alla luce di ciò, dovremmo essere aperti anche al perturbante come nuovo valore estetico?

Non so se possiamo fare un parallelismo tra il concetto di "perturbante" e quello di "straniamento", nella maniera in cui lo straniamento è inteso ad esempio nella tecnica Brechtiana di cambiare di scala, di generare disturbo, di estraniare secondo l'accezione originaria del termine tedesco *Verfremdung* (alienazione).

Non conosco il modo con il quale ti rapporti alla nozione di iperoggetti così come la articola Morton, però per quanto mi riguarda è una strategia attraverso cui localizzare all'interno di una stessa infrastruttura campi diversi che sembrano essere ontologicamente divisi. Quindi come concetto lo associo più al modo in cui Rheinberger potrebbe definire gli iperoggetti in quanto oggetti epistemologici intrecciati da reti infrastrutturali.

Penso che il concetto di iperoggetti sia interessante concettualmente, ma soprattutto che sia interessante associarlo a fattori fisici, biologici e non solo concettuali. Questo punto di vista in qualche misura è accorpato anche all'interno del cosiddetto "nuovo materialismo", che nonostante l'accezione di "nuovo" è in realtà una corrente di pensiero vecchia, anche se questa chiave può essere vista come una strategia per legare tra loro concetti diversi e tendere alla transdisciplinarietà.

Questa tendenza era già presente in alcuni casi antecedenti all'articolazione di Latour di "parlamento delle cose" e si inserisce

pienamente all'interno della svolta epistemologica.

In sostanza, si tratta di mettere in relazione tra loro discorsi, politiche, metodologie scientifiche e rappresentazioni ma anche di analizzare precisamente i mezzi ed i media che queste discipline condividono. Penso molto spesso che infatti la divisione in diversi campi di conoscenza sia sociologicamente e non epistemologicamente data, che sia un fattore socialmente e storicamente stabilito su degli aspetti che non avrebbero una distinzione di per sé. Infatti, molto spesso in arte e scienza condividiamo media e tecnologie, nonostante entrambe siano spesso state affrontate come discipline separate, che però ora possono finalmente tornare a coesistere.

Possiamo essere interconnessi attraverso gli oggetti ed i dispositivi tecnologici ed è proprio questo concetto a modellare gli iperoggetti nella loro capacità di connettere diversi campi di sapere attraverso delle infrastrutture che talvolta sono invisibili.

Nel corso del tuo intervento d'apertura alla conferenza, ha parlato anche di "feticismo simbolico" legato al concetto di "*greenness*".

Secondo lei, possiamo definire l'approccio biomimetico (che principalmente è basato sula mimesi simbolica o comportamentale dell'*aliveness* e della naturalità) come una forma di feticismo, se paragonato ad un *embodiment* e ad una cooperazione più radicale tra la materia artificiale e naturale nel campo, ad esempio, del design?

Quando parlo di "feticismo simbolico" mi rendo conto che sia un concetto difficile da afferrare, ma mi riferisco principalmente a quel tipo di tendenza culturale di iper-compensare senza cambiare realmente nulla. È molto comune nell'uomo giustificare una mancanza di azione attraverso delle azioni simboliche: si strappano bandiere, si compiono azioni simboliche dirette contro istituzioni simboliche e si pensa che questo implichi anche un cambiamento strutturale.

Mentre ciò che sto cercando di fare con questo concetto di "*ungreen*" è di porre l'attenzione sull'importanza di distendere ciò che riteniamo possa essere un'eccezionalità umana, che consiste nella coscienza, nella supposta superiorità cognitiva e nel simbolismo umano supposto come superiore rispetto alle altre forme di relazione e simbolismi che sono naturalmente distribuiti nella rete

bio-semiotica. Tenendo questo a mente, penso che ovviamente la rappresentazione porti sempre con sé un problema: se applichi una strategia biomimetica che ad esempio è basata sull'osservazione di forme naturali, non fai realmente un passo in avanti.

Sono convinto che infatti molti dei problemi nel design e nell'architettura siano problemi legati alla capacità o meno di mettere in pratica un punto di vista critico sul tema, che un semplice mimetismo non aiuta ovviamente a raggiungere.

In relazione a quest'ultima domanda, pensa sia necessario aspirare ad un cambiamento d'ordine estetico per accettare questo tipo di ibridazioni tecno-naturali anche alla macro-scala architettonica?

Beh, un cambiamento estetico può essere raggiunto primariamente attraverso un cambiamento nelle forme o nei meccanismi di riconoscimento di pattern che rappresentano ed indicano un cambiamento anche nella nostra percezione; ma possiamo anche adoperare un modello multi-modale, che trovo necessario al fine di decentralizzarci dalla nostra bolla mesoscopica nella quale ci troviamo ancora fenomenologicamente imprigionati, che ci costringe ad una scala molto ristretta dei sensi sui quali supponiamo si basi il mondo e sui quali basiamo, fraintendendolo, il modello vitruviano.

Vitruvio mirava infatti a riunire campi differenti ed a creare delle relazioni tra questi e l'uomo, non di mettere semplicemente l'uomo al centro di tutto, così come sostiene l'interpretazione che applichiamo a questo modello. Attualmente, siamo stimolati da molti input audio-visivi, come se l'audio-visivo fosse il centro del nostro mondo, mentre l'olfatto, il gusto, il tatto non sembrano avere importanza e non intaccano neanche la pratica architettonica.

Pallasmaa in questo cerca di fare un passo in avanti con "*Gli occhi della Pelle*", sostenendo che non sia necessario aderire ad uno stile "rinascimentale" per la comprensione dell'architettura, ovvero che non sia necessario seguire un concetto spaziale lineare e definito come quello albertiano; ma che sia, piuttosto, necessario concepire e comprendere gli edifici anche attraverso il tatto, attraverso gli altri sensi.

È un concetto simile a quello che anche l'architetto Philippe

Rahm sta cercando di fare attraverso la sua architettura meteorologica, che si basa sulla temperatura, sul vento o sui fattori abiotici come parti integranti dell'architettura stessa. Quindi sono convinto che necessitiamo di un cambiamento proprio al livello dei sensi.

Possiamo identificare come problema principale del design e dell'architettura il fatto che spesso in questi campi si producono applicazioni molto naïve. L'esempio migliore (o peggiore) di questo assunto è la recente mostra al Centre Pompidou, *La Fabrique du Vivent*, che per me è un completo fallimento concettuale.

Dal mio punto di vista è un tentativo di riunire giovani designer che cercano di iper-compensare la naturalità compromessa per portarla a casa senza mettere in campo un reale apparato critico sulla questione. È come se ci fosse un'attitudine quasi arrogante, oltre che ingenua, nel modo in cui alcuni designer pensano di risolvere tecnicamente i problemi che tecnicamente hanno creato loro stessi.

Ho avuto modo di conoscere e collaborare con un artista giapponese, Jun Takita, che adesso si occupa molto del fenomeno della bioluminescenza come mezzo simbolico per rappresentare la luce legata alla morte (i fuochi fatui ndR) e per legare quindi una certa poeticità al processo dell'organismo che muore. In passato aveva fatto una scultura che si basava sulla scansione 3D del suo cervello, che era successivamente ricoperta da muschio transgenico, con l'intento incorporare materialmente attraverso la scultura l'ambiguità legata alla superiorità cognitiva dell'uomo, che ha anche l'abilità di modificare il comportamento delle piante in modo che agiscano in maniera opposta a ciò di cui realmente avrebbero bisogno, come ad esempio innescare il processo di fotosintesi, quindi "consumare" la luce, piuttosto che emetterla con la bioluminescenza.

Ecco, quest'opera per me incarna un certo livello di vanità o di *memento mori* che si genera quando si entra nel paradosso.

All'opposto, in questa mostra *La Fabrique du Vivent*, c'era un pezzo di un giovane designer (che non nominerò perché non è in realtà una critica rivolta a lui o lei, piuttosto una critica rivolta principalmente a questa tendenza generale di pretendere che si possano risolvere le cose con un approccio "biomimetico") che si basava su un principio per me completamente sbagliato.

È come se fosse necessario portare gli organismi viventi

all'interno dei nostri appartamenti producendo ad esempio una lampada bioluminescente usando insetti modificati geneticamente con il gene delle lucciole, come se implementare questo fattore in una specie di lampada antropomorfa e portarla a casa possa aiutare ad una iper-compensazione del problema.

È veramente molto ingenuo e concettualmente piatto sostituire simbolicamente qualcosa con un materiale modificato sottoforma di oggetto decorativo, come se fosse un tentativo di addomesticare un problema che noi stessi abbiamo contribuito a creare, senza risolverlo realmente.

Un'ultima domanda: l'uso di organismi biologici (come il micelio dei funghi, le alghe, le protocellule, i batteri..) in accoppiamento con i materiali artificiali potrebbe generare delle condizioni non previste, legate proprio all'impossibilità di prevedere realmente il comportamento del vivente.

Questo aspetto potrebbe essere visto come un modo per superare il nostro desiderio antropocentrico di essere in completo controllo?

L'uso di organismi a volte in realtà è proprio fatto con l'intento di esserne in completo controllo, il che probabilmente forza ancora di più l'antropocentrismo, anche se attraverso l'incorporamento di altre forme di vita per renderle parte di un continuum relazionale.

Ma d'altra parte spesso mi sono confrontato con artisti o designer che cercavano di integrare all'interno delle loro opere il principio di casualità insito nei sistemi viventi. In questi casi il mio suggerimento è stato di cercare di guardare proprio agli organismi e di usare essi stessi per raggiungere questo livello, piuttosto che tentare di simularlo, come ad esempio ho avuto modo di suggerire a Eduardo Reck Miranda, che era impegnato proprio in questo tipo di ricerca quando l'ho incontrato in occasione di una conferenza a Montreal nel 2004.

Qualche anno dopo, per caso ho incrociato una studentessa del master a Copenaghen che stava facendo la sua tesi sulla slime mould ed ho appreso che Miranda aveva recentemente fatto una sperimentazione sulla scia del suggerimento che gli avevo dato.

Ossia aveva usato la capacità computazionale della *slime mould* per fare in modo che questa muffa suonasse il pianoforte in

duetto con lui, introducendo con questo parametro un certo grado di casualità alla composizione. Ha inoltre trasmesso un forte senso di comunicazione con un'alterità biologica.

Anche chi in origine ha storicamente aderito ad un certo tipo di media art legata al paradigma cibernetico sta infatti diventando sempre più attratto da questo cambiamento ideologico, che nel corso di questi ultimi dieci anni sta cercando di puntare ad un'inter-scambio con l'alterità e con l'intelligenza naturale, per sviluppare un punto di vista meno antropocentrico.

Intervista

PAOLA ANTONELLI

New York, 21 ottobre 2019
(intervista telefonica)

La sua attività come senior curator al MoMa di New York l'ha portata ad inaugurare una serie di mostre che già qualche anno fa erano sensibili ad alcune tematiche affrontate dalla Triennale di quest'anno, "*Broken Nature*". Ad esempio, ricordiamo la mostra "*Design and the Elastic Mind*", dove tra l'altro il design si intrecciava con alcuni esempi di bioarte o arte biotecnologica, come nel caso di "*Victimless Leather*" di SymbioticA.

Pensa che le sperimentazioni di bioarte possano essere d'ispirazione per una progettazione che sia più consapevole del "vivente"?

Dunque io più che di bioarte mi interesso molto di biodesign, per me è molto importante fare questa differenziazione perché francamente penso che molto spesso il biodesign abbia dei risultati più soddisfacenti rispetto alla bioarte, a volte è importante mettere un pochino di "limiti" all'immaginazione. Poi ovviamente ci sono anche grandi esempi di bioarte: per esempio io sono molto vicina a SymbioticA, sono anche andata a vedere il loro laboratorio a Perth, le loro mostre e senza dubbio loro fanno un lavoro ottimo.

Il biodesign in particolare però mi ha sempre interessato perché ha un atteggiamento un po' più rigoroso. Come tutti in tipi di discipline anche in questo caso ci sono una tassonomia e uno spettro di qualità, quindi c'è chi è più speculativo, chi cerca di mettere delle basi più solide per una possibile disciplina futura, quindi è difficile generalizzare ma penso che sia una nuova branca molto importante del design che avrà grandi sviluppi futuri.

"*Design and the Elastic Mind*" è stata inaugurata nel 2008: a undici anni di distanza da questo evento, come vede cambiato il panorama del design, nello specifico in relazione a questo tipo di sperimentazioni? Pensa sia un settore in espansione rispetto al passato o resta ancora molto "di nicchia"?

È un settore in espansione, ma la cosa bella è che concettualmente ci sono molti più punti di vista e criteri per giudicare la qualità, sia estetica che tecnologica che morale di quello che si fa. Come sempre succede quando c'è una nuova tecnologia, come successe quando ci fu l'esplosione del web, c'è un momento quasi di ubriachezza in cui si cerca di fare di tutto, si ha un grosso interesse proprio a sperimentare. Dopo un po' si diventa sobri e solo a quel punto si può cominciare a capire quali sono i limiti di queste pratiche, si comincia a costruire una posizione critica collettiva, ci sono degli strumenti proprio per avere un senso anche di prospettiva di questa nuova tecnologia ed io penso che siamo un po' a questo punto.

Proprio per il riconoscimento di problemi ambientali molto seri e per al fatto che ci sia una ripresa di un punto di vista critico anche "morale" del design e delle tecnologie, penso che siamo in un momento di maturazione di queste sperimentazioni.

Nonostante gli evidenti vantaggi dal punto di vista ecologico, sembra esserci ancora poca apertura nell'accettare questo tipo di architettura bio-tecnologica alla macroscala, mentre sembra essere molto più in accelerazione l'applicazione di questi principi nella dimensione delle installazioni, dei prototipi o degli oggetti di design.

Pensa sia dovuto al fatto che non siamo ancora in grado di cambiare i nostri canoni estetici relativi all'architettura?

Non penso che sia solo quello, penso che sia anche una questione molto più pratica: prototipi e demo costano molto meno che sperimentare su un edificio intero. Quindi sta a noi architetti, designer, artisti, curatori provare al nostra abilità e la nostra praticità, non possiamo rimanere soltanto nello speculativo ma dobbiamo pensare anche al fatto che enti pubblici, sviluppatori devono investire denaro per far sì che vengano realizzate queste sperimentazioni.

Ci sono alcune compagnie che sono riuscite a trovare il loro punto di vista sulla questione, sto pensando ad esempio a Transsolar,

la compagnia tedesca che da molti anni fa da consulenza a grandi architetti dal punto di vista ambientale. Loro ad esempio hanno sperimentato anche con le alghe. Ci sono già delle applicazioni che sono comprovate ed accettate, proprio perché i progettisti hanno dimostrato che c'erano dei vantaggi pratici, quindi sta a noi essere accettati e non possiamo aspettarci che tutto avvenga automaticamente solo in virtù del fatto che sia una buona idea.

Alcune sperimentazioni afferenti a "*Broken Nature*" (come le produzioni Neri Oxman, le biodiversità sintetiche di Alexandra Daisy Ginsberg o i progetti di Philippe Rahm) sembrano incorporare a pieno la lezione di Donna Haraway in merito al concetto di *naturacultura*.

Pensa che per risarcire la natura dai danni commessi durante l'Antropocene sia quindi necessario abbandonare il costrutto tradizionale di "natura"? Può in tal senso l'architettura diventare essa stessa una nuova forma di natura, proprio grazie all'ibridazione tra materiale organico ed inorganico?

Nel linguaggio di Donna Haraway è possibile, ma credo che dovremmo invece fare in modo che l'architettura retroceda un po' rispetto alla natura. So che Neri Oxman – di cui tra l'altro proprio in questo momento sto preparando una mostra al MoMA a febbraio – ha questo concetto di "*mothering nature*"[1] che non mi trova del tutto d'accordo, anche se amo moltissimo il suo lavoro, nel senso che quello che a me interesserebbe invece è una parità di diritti, o comunque che si comprenda che l'architettura non è al di sopra della natura.

È senza dubbio significavo che una mostra come "*Broken Nature*" sia stata ben accolta anche in un panorama come quello italiano che sembra, tranne alcune eccezioni, essere ancora molto tradizionale nel campo della sperimentazione architettonica. Cosa risponderebbe a chi considera

1. Con il concetto di "*mothering nature*" si intende, nel lavoro di Neri Oxman, la manipolazione del materiale biologico per creare nuovi materiali per il design. L'architettura incorpora la biologia, facendosi in qualche modo essa stessa "madre" di nuove forme di natura sintetica.

questo approccio al design utopista negli obiettivi di realizzazione?

L'utopia penso sia sempre un'ambizione a cui tendere, per me è molto importante che esiste al di là che sia pratica o no.

La reazione a "*Broken Nature*" è stata meravigliosamente positiva, non soltanto da parte dei critici o degli esperti ma anche da parte dei cittadini e del pubblico e questa è una cosa che mi ha reso veramente felice. Trovo che ci siano molti italiani che si occupano di biodesign, magari più all'estero che in Italia, ma devo dirti che non ho trovato molto sospetto dal punto di vista dell'accademia.

A volte è semplicemente una questione di non avere ancora i laboratori, ad esempio ci sono tantissime facoltà di architettura e di design qui negli Stati Uniti, ma anche in Europa, che oramai hanno un *wetlab*, sta diventando la normalità. Forse c'è un pochino la sensazione in Italia di non essere ancora arrivati ad un punto di vera avanguardia, la cosa migliore è che accademici giovani come te spingano perché ci sia il tipo di integrazione tra la biologia, il design e l'arte, a cui SymbioticA ovviamente ha fatto da pioniere, ma che oramai è diventata parte di molti istituti del mondo.

SELEZIONE BIBLIOGRAFICA

ANTROPOCENE
L'uomo come forza modellatrice dell'ambiente

Volumi

Marsh, G. Perkins 1993 (1864), *L'uomo e la natura. Ossia la superficie terrestre modificata per opera dell'uomo*, Franco Angeli, pag.VII.

Maturana, Humberto R.; Varela, Francisco J. 2001 (1980), *Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente*, Padova: Marsilio

Priestley, Joseph 1772, "*Observations on Different Kinds of Air*" in *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol.62, pag. 19. doi: 10.1098/rstl.1772.0021

Schwägerl, Christian 2014, *The Anthropocene: The Human Era and How It Shapes Our Planet*, Londra: Synergetic Pres

Vernadsky, Vladimir I. 1998 (1926), *The Biosphere*, Springer

von Uexküll, Jakob 2013 (1933), *Ambienti animali e ambienti umani. Una passeggiata in mondi sconosciuti e invisibili*, Lavis (TN): Quodlibet

Periodici e Riviste

"*The human epoc*" 2011 in *Nature*, vol. 473, issue 254. doi: 10.1038/473254a

C Ellis, Erle; Ramankutty, Navin 2008, "*Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world*" in *Frontiers in Ecology and*

the Environment, vol.6, issue 8, pagg. 439-447. doi: 10.1890/070062

Donges, Jonathan F et al. 2017, "*The technosphere in Earth System analysis: A coevolutionary perspective*" in *The Anthropocene Review*, vol.4, issue 1, pagg. 23-33. doi: 10.1177/2053019616676608

Gitelsona, Iosef I.; Lisovskya, Genry M. 2008, "*Creation of Closed Ecological Life Support Systems: Results, Critical Problems and Potentials*" in *Journal of Siberian Federal University*. Biology 1, pag. 20.

Haff, Peter 2014, "*Humans and technology in the Anthropocene: Six rules*" in *The Anthropocene Review*, vol.1, issue 2, pagg. 126–136

Lewis, Simon L.; Maslin, Mark A. 2015, "*Defining the Anthropocene*" in *Nature*, vol.519, issue 7542, pagg. 171–180. doi: 10.1038/nature14258

Poynter, Jane 2007, "*The Human Experiment: Two Years and Twenty Minutes Inside Biosphere 2*" in *BioScience*, vol.57, issue 2, pagg. 193–194, doi: 10.1641/B570215

Rockström, Johan et al. 2009, "*A safe operating space for humanity*" in *Nature*, vol. 461, pagg. 472-475.

Rockström, Johan et al. 2009, "*Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*" in *Ecology and Society*, vol. 14, issue 2, art. 32. doi: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/

Steffen, Will et al 2015, "*The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*" in *The Anthropocene Review* vol. 2, issue 1, pagg. 81-98. doi: 10.1177/2053019614564785

Steffen, Will; Crutzen, Paul J.; McNeill, John R. 2007, "*The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?*" in *Ambio*, vol.36, issue 8; Sciences Module, pagg. 614-621.

WWF 2012, *Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices*, Gland (Svizzera)

WWF 2016, *Living Planet Report 2016: Risk and resilience in a new era*, Gland (Svizzera)

WWF 2018, *Living Planet Report 2018: Aiming Higher*, Gland (Svizzera)

Zalasiewicz, Jan et al. 2011, "*Stratigraphy of the Anthropocene*" in *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol.369, pagg. 1036–1055. doi:10.1098/rsta.2010.0315

Zalasiewicz, Jan et al. 2017, "*Scale and diversity of the physical techno-*

sphere: A geological perspective" in *The Anthropocene Review*, vol.4, issue 1, pagg. 9-22. doi: 10.1177/2053019616677743

Siti web

Alexandra Daisy Ginsberg, sito ufficiale, https://daisyginsberg.com [ultimo accesso 03.04.2019]

Biosphere 2, sito ufficiale dell'esperimento, http://www.biospherics.org/biosphere2/chronology/ [ultimo accesso 09.01.2019]

Daan Roosegaarde, sito ufficiale, https://www.studioroosegaarde.net/project/smog-free-tower [ultimo accesso 03.04.2019]

Eamon Barrett "*A Man on a Mission to Make Humanity 'Future Proof'*", disponibile all'indirizzo http://fortune.com/2019/01/19/daan-roosegaarde-design/ [ultimo accesso 11.02.2019]

International Energy Agency and the United Nations Environment Programme 2018, *Global Status Report: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector,* disponibile su www.iea.org [ultimo accesso 07.04.2019]

Leo Hickman, "*The 1847 lecture that predicted human-induced climate change*", disponibile all'indirizzo: https://www.theguardian.com/environment/blog/2011/jun/20/george-perkins-marsh-climate-speech. [ultimo accesso 29.12.2018]

PAV – Parco Arte Vivente di Torino, sito ufficiale, http://parcoartevivente.it/ [ultimo accesso 10.01.2019]

Recology, sito ufficiale, https://www.recology.com/ [ultimo accesso 02.01.2019]

The Ocean Cleanup, sito ufficiale, https://www.theoceancleanup.com/ [ultimo accesso 02.01.2019]

Triennale Broken Nature 2019, sito ufficiale, https://www.triennale.org/eventi/broken-nature/ [ultimo accesso 03.04.2019]

Vera Salnitskaya, "*Inside a Russian experiment to make life possible on the Moon or Mars*" articolo apparso sul The Siberian Times, disponibile su: https://siberiantimes.com/science/casestudy/features/f227-inside-an-intriguing-russian-experiment-to-make-life-possible-on-the-moon-or-mars/ [ultimo accesso 11.01.2019]

Volumi

AA. VV., *Paesaggi del corpo-ambiente*, Biella: Eventi & Progetti Editore

Braidotti, Rosi 2002, *Metamorphoses: Towards a Materialist Theory of Becoming*, Cambridge: Polity Press.

Braidotti, Rosi 2013, *The Posthuman*, Boston: Polity Books.

Caffo, Leonardo 2017, *Fragile umanità: Il postumano contemporaneo*, Torino: Giulio Einaudi editore

Capra, Fritjof 1997, *The Web of Life*, New York: HarperCollins.

Cullinan, Cormac 2003, Wild Law: A Manifesto for Earth Justice, South Africa & United Kingdom: Siber Ink & Green Books.

Haraway, Donna J. 2003, *The Companion Species Manifesto: Dogs, People, and Significant Otherness*. Vol. 1., Chicago: Prickly Paradigm Press.

Haraway, Donna J. 2018 (1995), *Manifesto Cyborg. Donne, tecnologie e biopolitiche del corpo*, Milano: Feltrinelli editore

Latour, Bruno 1993, *We Have Never Been Modern*, Cambridge (MA): Harvard University Press.

Morton, Timothy 2007, *Ecology Without Nature. Rethinking Environmental Aesthetics*, Cambridge (MA): Harvard University Press.

Morton, Timothy 2018 (2013), *Iperoggetti*, Roma: Produzioni Nero

Palumbo, Maria Luisa 2001, *Nuovi Ventri. Corpi elettronici e disordini architettonici*, Torino: Testo & Immagine

Russo, Nicola 2000, *Filosofia ed ecologia. Genealogia della scienza ecologica ed etica della crisi ambientale*, Napoli: Guida Editore,

Van Mensvoort, Koert et al. (a cura di) 2012, *Next Nature - Nature Changes Along With Us,* Actar.

Periodici e Riviste

Berry, Thomas 2002, "*Rights of the Earth: Recognising the Rights of All Living Things*" in *Resurgence* n° 214.

Gershlak, Joshua R. et al. 2017, "*Crossing kingdoms: Using decellulari-*

zed plants as perfusable tissue engineering scaffolds" in *Biomaterials*, vol. 125, pagg. 13-22. doi: 10.1016/j.biomaterials.2017.02.011

Marinelli, Selenia 2019, "*Subjectivity Displacement: Biodesign as interface to explore multispecies collaborations and to overcome normative anthropocentrism*" in Perna, V. et al. (a cura di), *Foreseeing Uncertainty: Design & the Non-Normativity, Conference proceedings* [in press]

Modulevsky, Daniel et al. 2014, "*Apple Derived Cellulose Scaffolds for 3D Mammalian Cell Culture*" in *PLoS ONE*, vol. 9, issue 5, e97835. doi: 10.1371/journal.pone.0097835

Modulevsky, Daniel et al. 2015, "*Open Source Biomaterials for Regenerative Medicine*" in *BioCoder DIY/Bio newsletter* n. 8, pagg. 17-28. disponibile su: https://www.oreilly.com/biocoder/issues/BioCoderSummer2015.pdf [ultimo accesso 23.01.2019]

Modulevsky, Daniel et al. 2016, "*Biocompatibility of Subcutaneously Implanted Plant-Derived Cellulose Biomaterials*" in *PLoS ONE*, vol. 11, issue 6, e0157894. doi: 10.1371/journal.pone.0157894

Pelizzon, A, Ricketts, A. 2015, "*Beyond anthropocentrism and back again: From ontological to normative anthropocentrism*" in *Australasian Journal of Natural Resources Law and Policy*, vol. 18, n. 2, pp. 105-124..

Siti web

Andrew Pelling, sito ufficiale: https://www.pellinglab.net/ [ultimo accesso 23.01.2019]

David Benqué, sito ufficiale: https://davidbenque.com/ [ultimo accesso 23.01.2019]

Karen Frances Eng "*A promising way to grow body parts… using an apple*", disponibile all'indirizzo: https://ideas.ted.com/a-promising-way-to-grow-body-parts-using-an-apple/ [ultimo accesso 23.01.2019]

Neil Harbisson e Moon Ribas, sito ufficiale: https://www.cyborgarts.com/ [ultimo accesso 16.04.2019]

Neil Harbisson, T*he sound of colors;* talk TED nel 2012, disponibile all'indirizzo: https://ideas.ted.com/the-sound-of-color-neil-harbissons-talk-visualized/ [ultimo accesso 16.04.2019]

Stelarc, sito ufficiale: https://stelarc.org [ultimo accesso 16.04.2019]

Volumi

Bateson, Gregory 2000 (1972), *Verso un'ecologia della mente*, Milano: Adephi Edizioni.

Benjamin, Walter 1966 (1936), *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Torino: Einaudi.

Didi-Huberman, Georges 2008 (1992), *Il gioco delle evidenze. La dialettica dello sguardo nell'arte contemporanea*, Roma: Fazi Editore.

Freud, Sigmund 2002 (1919), *Il perturbante*, Milano: Bompani.

Guattari, Félix 1991, *Le tre ecologie. L'umanità e il suo destino*, Milano: Edizioni Sonda.

Kac, Eduardo 2016 (2005), *Telepresenza e bioarte. Interconnessioni in rete fra umani, conigli e robot*, Bologna: Clueb Editrice

Kramer, Cathrine (a cura di) 2018, *Human+. Il futuro della nostra specie,* Roma: Edizioni Palazzo delle Esposizioni

Mitchell, Robert 2010, *Bioart and the Vitality of Media*, University of Washington Press.

Mulatero, Ivana 2007 (a cura di), *Dalla Land Art alla Bioarte* (Atti del Convegno internazionale di studi, Torino, 20 gennaio 2007), Torino: hopefulmonster editore

Zurr, Ionat 2008, *Growing semi-living art*, tesi di dottorato, UWA Design School

Periodici e Riviste

Catts, Oron, Zurr, Ionat 2002, "*Growing Semi-Living Sculptures: The Tissue Culture & Art Project*" in Leonardo, vol. 35, n. 4

Hauser, Jens 2016, "*Biomediality and Art*" in Hediger, Irene, Scott, Jill (a cura di), *Recomposing Art and Science: artists-in-labs,* Berlin, Boston: De Gruyter, pagg. 201-220; disponibile all'indirizzo: https://www.academia.edu/33982703/Biomediality_and_Art [ultimo accesso 20.05.2019]

Lasserre, Grégory, met den Ancxt, Anaïs 2014, *Hybrid and sensory Interactive Artworks*, disponibile all'indirizzo: http://www.scenocosme.com/PDF/Scenocosme_hybrid_and_sensory_artworks.pdf [ultimo accesso

10.07.2019]

Zurr, Ionat, Catts, Oron 2006, "*Towards a New Class of Being: The Extended Body*" in *Intelligent Agent* vol. 6 n. 2; disponibile all'indirizzo: http://www.tca.uwa.edu.au/publication/ia6_2_transvergence_catts_zurr_extendedbody.pdf [ultimo accesso 22.06.2019]

Siti web

Andrea Polli, sito ufficiale: https://sites.google.com/andreapolli.com/main/andrea-polli [ultimo accesso 10.07.2019]

Daniela Silvestrin "*Dialoghi sulla "bioarte" #1. Una conversazione con Jens Hause*r", disponibile all'indirizzo: http://digicult.it/it/news/dialogues-on-bioart-1-a-conversation-with-jens-hauser/ [ultimo accesso 18.05.2019]

Eduardo Kac, "*Living Works*", video del PAV / Attività Educative e Formative, Workshop_22, disponibile all'indirizzo: https://www.youtube.com/watch?v=XDFvTxyZLLs [ultimo accesso 22.05.2019]

Eduardo Kac, sito ufficiale: http://www.ekac.org [ultimo accesso 23.05.2019]

Fog x FLO all'Emerald Necklace, sito ufficiale: http://emeraldnecklace.org [ultimo accesso 12.07.2019]

Gilberto Esparza, "*Parasitos Urbanos*", sito ufficiale del progetto: http://www.parasitosurbanos.com/parasitos/proyecto.html [ultimo accesso 27.07.2019]

Gilberto Esparza, sito ufficiale: http://gilbertoesparza.net/ [ultimo accesso 27.07.2019]

Guy Ben-Ary, sito ufficiale, http://guybenary.com/work/meart/ [ultimo accesso 23.05.2019]

Joseph Caputo, "*Creating art with genes and bacteria. Bioartists use scientific methods and technology to explore living systems*", disponibile all'indirizzo: https://www.elsevier.com/connect/creating-art-with-genes-and-bacteria [ultimo accesso 20.05.2019]

Lally, Sean 2010, "*Eat me... Drink me…*" in Gissen, David (a cura di), *AD: Territory. Architecture Beyond Environment*, vol. 80, n. 3, Londra: Wiley Academy,

Magdalena Sick-Leitner "*Artistic Ideas for the Ecological Development*", disponibile all'indirizzo: https://ars.electronica.art/aeblog/en/2015/07/27/kuenstlerische-denkanstoesse-fuer-die-oekologische-entwicklung/ [ultimo accesso 28.07.2019]

Marta de Menezes, sito ufficiale, http://martademenezes.com/portfolio/projects/ [ultimo accesso 20.05.2019]

Maurizio Bolognini "*Bioestetica, arte transgenica e il coniglio verde. Conversazione con Eduardo Kac*", disponibile all'indirizzo: http://www.luxflux.net/bioestetica-arte-transgenica-e-il-coniglio-verde-conversazione-con-eduardo-kac-2/ [ultimo accesso 22.05.2019]

Natalie Jeremijenko - xDesign, sito ufficiale: http://www.nyu.edu/projects/xdesign [ultimo accesso 20.07.2019]

Natalie Jeremijenko, "*The art of the eco-mindshift"* nel corso della TED Talk presso la Business Innovation Factory ad ottobre 2009; video disponibile all'indirizzo https://www.ted.com/talks/natalie_jeremijenko_the_art_of_the_eco_mindshift [ultimo accesso: 27.07.2019]

Olafur Eliasson, sito ufficiale, https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK101810/moss-wall [ultimo accesso 10.07.2019]

Scenocosme, sito ufficiale: http://www.scenocosme.com/ [ultimo accesso 10.07.2019]

Schwartz, John "*Museum Kills Live Exhibit*", disponibile all'indirizzo: https://www.nytimes.com/2008/05/13/science/13coat.html [ultimo accesso 20.06.2019]

The tissue culture & art project, sito ufficiale: https://tcaproject.net/ [ultimo accesso 24.06.2019]

Toward the Sentient City, sito ufficiale della mostra del 2009, http://www.sentientcity.net/exhibit/ [ultimo accesso 27.07.2019]

BIO-INFORMAZIONE E BIOTECNOLOGIE NEL PROGETTO

Volumi

Baldissara, Matteo 2018, *Biomimetica degli spazi. Sperimentazioni digitali di processi biologici in architettura*, tesi di dottorato, Facoltà di Architettura "Sapienza", Università di Roma

Benyus, Janine 1997, *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature,* William Morrow & Co.

Cogdell, Christina 2019, *Toward a Living Architecture? Complexism and Biology in Generative Design*, Minneapolis: University of Minnesota Press.

Di Raimo, Antonino *2014, Francois Roche Eresie macchiniche e architetture viventi di New -Territories.com, Roma: Edilstampa*

Ebeling, Siegfried 2019 (1926), *Space as membrane*, Londra: Architectural Association Publications.

Freitas. Robert A. 1999, *Nanomedicine Volume I: Basic Capabilities*, Austin, Texas: Landes Bioscience

Frazer, John 1995, *An Evolutionary Architecture*, Londra: Architectural Association Publications

Griffa, Cesare 2012, *Smart Creatures. Progettazione parametrica per architetture sostenibili,* Roma: Edilstampa

Kwinter, Sanford et al. (a cura di) 2003, P*hylogenesis: Foa's Ark. Foreign Office Architects*, Barcellona: Actar

Imhof, Barbara e Gruber, Petra (a cura di) 2015, *Built to Grow - Blending Architecture and Biology*, Basilea: Birkhauser

Le Corbusier 2003 (1923), *Verso un'architettura*, Milano: Longanesi.

Leyton, Michael 2009, *La forma come memoria. Una teoria geometrica dell'architettura*, Roma: Edilstampa.

Mancuso, Stefano e Viola, Alessandra 2015, *Verde brillante. Sensibilità e intelligenza del mondo vegetale*, Firenza: Giunti Editore.

Margulis, Lynn e Sagan, Dorion 1989, Microcosmo. Dagli organismi primordiali all'uomo: un'evoluzione di quattro miliardi di anni, Milano: Mondadori.

Martellucci, Sergio 2007, *L'idea paesaggio. Caratteri interattivi del progetto architettonico e urbano*, Firenze: Alinea Edizioni

Otto, Frei 2009, *Occupying and Connecting: Thoughts on Territories and Spheres of Influence with Particular Reference to Human Settlement*, Stoccarda: Edition Axel Menges.

Oxman, Neri 2010, *Material-based Design Computation*, tesi di dottorato, Massachusetts Institute of Technology

Pasini, Roberto (a cura di) 2016, *The Symbiotic Field - Natural / artificial mergings in design cases*, Springer Editore

Pasini, Roberto 2019, *Landscape Paradigms and Post-urban Spaces. A Journey Through the Regions of Landscap*, Firenze: Edifir Edizioni Firenze srl

Pasquero, Claudia e Poletto, Marco 2012, *Systemic Architecture: Operating Manual for the Self-Organizing City*, Londra: Routledge

Poletto, Marco 2018, *The Urbansphere – Architecture in the age of ubiquitous computing*, tesi di dottorato, RMIT University

Rahm, Philippe 2014, *Atmosfere Costruite. L'Architettura come Design Metereologico*, Milano: Postmedia Books.

Rahm, Philippe 2017, *Forms follows climate: about a meteorological park in Taiwan*, Editore OFL

Ratti, Carlo e Claudel, Matthew 2016, *The City of Tomorrow: Sensors, Networks, Hackers, and the Future of Urban Life*, Yale University Press.

Saggio, Antonino 2007, *Introduzione alla rivoluzione informatica in architettura*, Roma: Carocci.

Saggio, Antonino 2010, *Architettura e modernità. Dal Bauhaus alla rivoluzione informatica*, Roma: Carocci

Steadman, Philip 1979, *The Evolution of Designs: Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts*, Londra: Routledge.

Terranova, Charissa N. e Tromble, Meredith (a cura di), *The Routledge Companion to Biology in Art and Architecture,* New York: Routledge

Thompson, D'Arcy 1992 (1917), On Growth and Form, USA: Dover Publications

Watanabe, Makoto Sei 2004, *Induction Design. Un metodo per la progettazione evolutiva*, Roma: Testo&Immagine.

Wiener, Norbert 1985 (1948), *Cybernetics, Second Edition: or the Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge: The MIT Press.

Periodici e Riviste

Armstrong, Rachel 2014, "*Designing with Protocells: Applications of a Novel Technical Platform*" in *Life*, vol. 4

Estévez, Alberto T. 2010, "*Application of Life Information in Architecture: Biodigital Architecture and Genetics*" in *LIFE in:formation, On Responsive Information and Variations in Architecture: Proceedings of the 30th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture* (ACADIA), New York: Cooper Union, Pratt Institute

Estévez, Alberto T. e Navarro, Diego 2016, "*Biomanufacturing the Future: Biodigital Architecture & Genetics*" in *Procedia Manufacturing 2017, vol. 12, International Conference on Sustainable and Intelligent Manufacturing*, RESIM 2016, 14-17 December 2016, Leiria, Portogallo

Fisch, Michael 2017, "*The Nature of Biomimicry: Toward a Novel Technological Culture*" in SAGE Journals, vol. 42, issue: 5, pagg. 795-821. doi: 10.1177/0162243916689599

Hamann, Heiko et al. 2017, "*Flora robotica – An Architectural System Combining Living Natural Plants and Distributed Robots*"

Hensel, M., Menges, A., Weinstock, M. (a cura di.), *AD: Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, vol. 76 n. 2, Londra: Wiley Academy

Kunin, Victor et al. 2005, "*The net of life: Reconstructing the microbial phylogenetic network*" in *Genome Research* n. 15, issue 7, pagg. 954-959, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press. doi: 10.1101/gr.3666505

Malik, Shneel et. al 2019, "*Robotic Extrusion of Algae-Laden Hydrogels for Large-Scale Applications*" in *Global Challenges* vol. 3, issue 12. doi: 10.1002/gch2.201900064

Marinelli, Selenia et. al. 2019, "*Una facciata per il clima*" in Manufatto n. 7, pagg. 42-44.

Marinelli, Selenia 2020, "*Architecture in a Petri dish: co-programming Meta-Life in design through biointegration and synthetic biology*" in *archi-DOCT*, vol. 7 [in press]

Menges, Achim (a cura di) 2012, *AD: Material Computation. Higher integration in Morphogenetic Design,* vol. 82, n. 2, Londra: Wiley Academy

Menges, Achim 2013, "*Performative Morphology in Architecture: Integrative Design research by the Institute of Computational Design*" in Serbian Architectural Journal, vol. 5 n.2, pagg- 92-105.

Menges, Achim et a. 2014, "*HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion*" in

Gramazio, F., Kohler, M., Langenberg, S. (a cura di.), *Fabricate: Negotiating Design and Making*, Zurigo

Nakagaki, Toshiyuki et al. 2000, "*Intelligence: Maze-solving by an amoeboid organism*" in *Nature*, vol. 407. doi:10.1038/35035159.

Nakagaki, Toshiyuki et al. 2008, "*Amoebae Anticipate Periodic Event*" in *Physical Review Letters*, vol. 100,

Oxman, Neri et al. 2014, "*Silk Pavilion: A Case Study in Fiber-based Digital Fabrication*" in Gramazio, Fabio, Kohler, Matthias e Silke Lan enber (a cura di) *FABRICATE Conference Proceedings*, Zurigo: gta Verla

Pasquero, Claudia e Poletto, Marco 2016, "*Cities as biological computers*" in *Special Edition of Cambridge University Press: ARQ on Architecture and Synthetic Biology*, vol. 20, issue 1, Cambridge: Cambridge University Press, pagg. 10-19. doi: 10.1017/S135913551600018X

Pike, Steve 2008, "*Manipulation and Control of Micro-Organic Matter in Architecture*" in Cruz, Marcos e Pike, Steve (a cura di), *AD: Neoplasmatic Design*, vol. 78, n. 6, Londra: Wiley Academy,

Sabin, Jenny e Jones, Peter Lloyd 2008, "*Nonlinear Systems Biology and Design: Surface Design*", in Kudless, Andrew et al. (a cura di) *Silicon + Skin: Biological Processes and Computation,* Morrisville: Lulu Press, ACADIA.

Shapiro, James 2002, "*Genome Organization and Reorganization in Evolution: Formatting for Computation and Function*" in van Speybroeck, Linda, Van de Vijver, Gertrudis e De Waele, Dani (a cura di), *From Epigenesis to Epigenetics: The Genome in Context*, Annals of the New York Academy of Sciences n. 981, pag. 113.

Spiller, Neil e Armstrong, Rachel (a cura di), *AD: Protocell Architecture*, vol. 81, n. 2

Tero, Atsushi et al. 2010, "*Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design*" in *Science* n. 327, pagg. 439-442. doi: 10.1126/science.1177894

Tesoriere, Zeila 2019 "*Dopo la Firmitas. Prospettiva metabolista di architetture resilienti*" in *Agathon* n. 6, pagg. 58-65. doi: 10.19229/2464-9309/662019

van de Kamp, Thomas et al. 2015, "*Beetle elytra as role models for lightweight building construction*" in Entomologie heute n. 27, pagg. 149-158.

Siti web

Achim Menges, sito ufficiale: http://www.achimmenges.net/ [ultimo accesso

05.09.2019]

Alberto T. Estévez, blog ufficiale: http://albertotestevez.blogspot.com [ultimo accesso 13.12.2019]

Antonino Saggio 2000, "*Un manifesto per un'architettura dell'informazione. Nuove sostanze. L'Informatica e il rinnovamento dell'architettura*", disponibile all'indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/Articoli/IT/Manifesto.html#Italiano [ultimo accesso 23.12.2019]

Antonino Saggio *2004, "Informazione materia prima dell'architettura",* disponibile all'indirizzo: http://architettura.it/coffeebreak/20040318/index.htm [ultimo accesso 10.12.2019]

Antonino Saggio, lezione sul "contesto" tenuta presso il Laboratorio di Progettazione Architettonica e Urbana al quarto anno della Facoltà di Architettura "Sapienza" di Roma, disponibile all'indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/Didattica/Lab/Lab19/lez/6Tessiture.htm [ultimo accesso 15.12.2019]

Carla Leitao "*A New Biological Habitat*", disponibile all'indirizzo: https://www.huffpost.com/entry/a-new-biological-habitat_b_1157044 [ultimo accesso 04.09.2019]

Cesare Griffa, sito ufficiale: https://cesaregriffa.com/ [ultimo accesso 6.01.2020]

ecoLogicStudio, sito ufficiale: http://www.ecologicstudio.com/v2/index.php [ultimo accesso 06.01.2020]

Flora Robotica, sito ufficiale: https://www.florarobotica.eu/ [ultimo accesso 12.12.2019]

François Roche/new-territories, sito ufficiale: http://www.new-territories.com/ [ultimo accesso 4.01.2020]

Greg Lynn, sito ufficiale: http://glform.com/ [ultimo accesso 04.09.2019]

Jenny Sabin, sito ufficiale: http://www.jennysabin.com/ [ultimo accesso 05.09.2019]

Jenny Sabin "*Matter Design Computation, Biosynthesis and New Paradigms of Making*", intervento fatto lo scorso 6 febbraio 2019 al New York Institute of Technology il cui video è disponibile a questo indirizzo: https://www.youtube.com/watch?v=c1fIAZT8Mns [ultimo accesso 04.09.2019]

Klarenbeek & Dros, sito ufficiale: https://www.ericklarenbeek.com/ [ultimo accesso 05.09.2019]

Kokkugia, sito ufficiale: https://www.kokkugia.com/Composite-Swarm [ultimo accesso 05.09.2019]

Madiated Matter Group, sito ufficiale: https://mediatedmattergroup.com [ultimo accesso 6.01.2020]

Makoto Sei Watanabe, sito ufficiale: https://www.makoto-architect.com/iidabashi.html [ultimo accesso 05.09.2019]

Neri Oxman,TED talk tenuto nel 2015 dal titolo "*Design at the intersection of technology and biology*", disponibile al seguente indirizzo: https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology/discussion [ultimo accesso 13.12.2019]

Officina Corpuscoli, sito ufficiale: https://www.corpuscoli.com [ultimo accesso 05.09.2019]

Réinventer Paris 2016, sito ufficiale del concorso con i risultati complessivi al seguente link: http://www.reinventer.paris/2015-2016/en/sites/ [ultimo accesso 03.09.2019]

Philippe Rahm, sito ufficiale: www.philipperahm.com [ultimo accesso 6.01.2010]

photo.Synthetica, sito ufficiale: https://www.photosynthetica.co.uk [ultmo accesso 6.01.2020]

Scape Landscape Architecture, sito ufficiale: https://www.scapestudio.com/ [ultimo accesso 4.01.2020]

Sean Lally, sito ufficiale: http://seanlally.net [ultimo accesso 4.01.2020]

Servo, sito ufficiale: www.servo-stockholm.com [ultmo accesso 6.01.2020]

Syn.de.Bio, sito ufficiale: http://syndebio.com [ultimo accesso 05.09.2019]

Stacey Szewczyk,"*Biohacking The Future Of New York City With Teeform ONE*", disponibile all'indirizzo: https://www.techtimes.com/articles/119968/20151229/biohacking-the-future-of-new-york-city-with-terraform-one.htm [ultimo accesso 10.12.2019]

Tallin Architecture Biennale 2017 - bioTallin, sito ufficiale: https://2017.tab.ee/ [ultimo accesso 8.01.2020]

TerreformONE, sito ufficiale: http://www.terreform.org/ [ultimo accesso 6.01.2020]

The Living, sito ufficiale: http://www.thelivingnewyork.com/ [ultimo accesso 05.09.2019]

Trash Track, sito ufficiale: http://senseable.mit.edu/trashtrack/ [ultimo accesso 10.12.2019]

XTU Architects, sito ufficiale: https://www.xtuarchitects.com [ultimo accesso 06.09.2019]

HYPER NATURA - PROPOSTA PER UN PROGRAMMA DIDATTICO

Volumi e Riviste

Feyerabend, Paul 1979, *Contro il metodo: Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza*, Milano: Feltrinelli

Maglioni, M. e Biscaro, F. 2014, *La classe capovolta. Innovare la didattica con la flipped classroom*, Trento: Erikson.

Saggio, Antonino 2014, "*Green Bodies. Ecosystems for Today's Architectures"* in *Next Generation Building*, vol. 1, Amsterdam: Baltzer Science Publishers. doi: 10.7564/14-NGBJ13

Saggio, Antonino e De Francesco, Gaetano (a cura di) 2016, *Tevere cavo una infrastruttura di nuova generazione per Roma tra passato e futuro*, Raleigh (USA): Lulu.com

Saggio, Antonino e De Francesco, Gaetano (a cura di) 2019, *UnLost Territories. Ricostruire la periferia a Roma architettura e società nei territori abbandonati*, Raleigh (USA): Lulu.com

Scapin, C. e Da Re, F. 2014, *Didattica per competenze e inclusione*, Trento: Erikson

Siti web

Allen, John 1996, "*Buckminster Fuller's Synergetic Algorithm and Challenges of the Twenty-First Century*" intevento tenuto in occasione del memoriale a Buckminster Fuller alla U.S. International University, San Diego, il 4 giugno 1996; intervento disponibile al seguente link: http:// www.biospheres.com/pubjabucky.html

Antonino Saggio, area del sito dedicato alla didattica: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/Didattica/ [ultimo accesso 26.12.2019]

Selenia Marinelli, lezione su "*Hyper Natura*", effettuata nel corso di ITCAAD 2019 del prof. Antonino Saggio, disponibile all'indirizzo: http://www.arc1.uniroma1.it/saggio/Didattica/Supporti/Selenia_Marinelli_hypernatura.pdf [ultimo accesso 26.12.2019]