

Essays & Viewpoint

architecture

## INTELLIGENZE COMPUTAZIONALI NEL PROGETTO POST-AMBIENTALE ESEMPI DA MAILAB

### COMPUTATIONAL INTELLIGENCES IN THE POST-ENVIRONMENTAL DESIGN EXAMPLES FROM MAILAB

Giuseppe Ridolfi<sup>a</sup>, Arman Saberi<sup>b</sup>

#### ABSTRACT

L'articolo affronta la questione ambientale criticando la visione antropocentrica, ancora viva nel dibattito e nel progetto, come permanenza del soggiacente dualismo umanità/ambiente. A essa oppone le tesi co-evoluzioniste e del Nuovo Realismo rielaborate alla luce di un nuovo metalinguaggio (Matema digitale) capace di 'dar voce' alla moltitudine d'agenti e di attivare forme d'intelligenza collaborativa (Intelligenze Computazionali) abilitanti esplorazioni progettuali oltre la norma e il già noto. Segue la descrizione dei suoi dispositivi nelle forme del Parametric e Generative Design e le esperienze del laboratorio di ricerca Mailab. La conclusione è un invito a riflettere sugli effetti collaterali che potrebbero scaturire dalla marcatura digitale e da un'eccessiva enfasi sul 'saper fare'.

The article addresses the environmental question by critiquing the anthropocentric vision, still alive in the design debate and practice, as a remnant of the underlying dualism humanity/environment. It opposes the co-evolutionist and New Realism theses re-elaborated in the light of a new metalanguage (Digital Mathema) capable of 'giving voice' to the multitude of agents and to activate forms of collaborative intelligence (Computational Intelligences), enabling design explorations beyond established norms and the already known. Following is a description of Parametric and Generative Design and the Mailab research laboratory's experiences. The conclusion is an invitation to reflect on the possible side effects that could arise from digital marking and from an excessive emphasis on the 'know-how'.

#### KEYWORDS

co-evoluzionismo, ecologia, progettazione ambientale, progettazione parametrica, progettazione generativa

co-evolutionism, ecology, environmental design, parametric design, generative design

*There is no singular point in time that marks the beginning of this book, nor is there an "I" who saw the project through from beginning to end, nor is writing a process that any individual "I" or even group of "I's" can claim credit for.*

(Karen Barad)

Prima dell'industrializzazione il rapporto tra architettura e ambiente può distinguersi in due visioni archetipe: quella dell'arte della medicina, ove il santuario di Esculapio era l'esempio di un ambiente di totalità cosmica (Periechon) entro cui si realizzavano i destini di sofferenza e guarigione e quella, come la definì il matematico bresciano Niccolò Tartaglia, regolata dall'ars diabolica della balistica e dall'ingegneria militare che erige mura e fortificazioni a protezione di un ambiente ostile. L'industrializzazione agguisava una nuova visione assoggettando l'ambiente al paradigma utilitaristico già in nuce nella tradizione giudaico-cristiana poi condotta alle sue estreme conseguenze nella declinazione protestante e supportata dal nuovo paradigma gnostico della scienza sperimentale. La capanna primitiva, che campeggia sul frontespizio della seconda versione francese dell'opera di Marc-Antoine Laugier, *Essai sur l'Architecture* (1755), è il suggello di una visione ostile dell'ambiente da cui ripararsi, ma anche esempio della natura come risorsa d'insegnamento (Fig. 1) e, dall'immagine incisa nello stesso anno nella versione inglese, materiale da sfruttare (Fig. 2). In sintesi, problema e soluzione per la costruzione dell'habitat umano comunque 'altro' dall'umanità. Col sopravvento della marcatura linguistica sulle cose (Foucault, 1988), che diverrà poi 'calculus', l'utile sarà sottoposto – come sosteneva Hutcheson – a una sorta di matematica e la trasformazione dell'ambiente a descrizioni oggettive o, come invocava Mondrian per il disegno, esatte alla maniera della matematica e delle scienze.

La storia dell'architettura identifica luogo e momento di tale mutazione nel Bauhaus e in particolare nel suo trasferimento a Dessau. Mutamento già avviato dalla svolta produttivista della Russia post-rivoluzionaria, ma che – sino alla direzione di Meyer – rimase più nei proclami che nella prassi. Mettendo in pratica una visione che Gropius aveva per lo più teorizzato, Meyer portò avanti una profonda revisione del ruolo del progettista e della disciplina tagliando legami con visioni autoriali, romantico-espressioniste e puro-visibiliste. L'attenzione si concentra sulle metodologie operative, sui processi e sull'organizzazione oggettiva delle relazioni determinanti esistenza umana e costruzione come testimonia l'ingresso nella scuola di docenti come Hans Wittwer (bioclimatica) e Alcar Rudelt (statica e scienza dei materiali).

Ciò nonostante, il periodo in cui tali metodo-

logie furono realmente applicate per concepire e progettare l'ambiente risale a qualche decennio indietro quando, nell'ultimo quarto del XIX secolo, la Germania Guglielmina si trovò alle prese con le forti trasformazioni socio-economiche e con il dinamico sviluppo della produzione industriale innescati da, e subito dopo, la guerra franco-prussiana. Il luogo di queste trasformazioni furono gli uffici tecnici municipali che, a dispetto degli studi di architettura ancora organizzati alla maniera dell'atelier d'artista, iniziavano a strutturarsi in un imponente e qualificato numero di tecnici reificando, più prosaicamente, quelle Brigate Verticali di progettazione concepite da Meyer.

Nel 1874, Budapest fu il primo banco di prova ove l'ambiente urbano e il suo disegno diventarono campo applicativo di tecniche multidisciplinari di differente matrice (economia, igiene, statistica, demografia, fisco, viabilità, clima, impiantistica, ecc.). Suo prodotto sarà lo zoning, discendente diretto del funzionalismo e del management scientifico ove i fenomeni, per loro complessità, vanno scomposti e poi ricomposti secondo criteri di conformità e differenziazione o, come scrisse qualche decennio più tardi Alexander, muovendo una pallina alla volta nella loro posizione finale (Alexander, 1967, p. 48).

*Progetto ambientale antropocentrico* – È da queste premesse che il progetto si assoggettò alla pratica scientifica e l'ambiente assunse le definitive vesti della res extensa da colonizzare e 'commodificare' in favore del comfort. Oltrepasando il dualismo lusso/necessità, il progetto riformulò in maniera 'oggettiva' il concetto del benessere umano prima identificato dal termine 'convenience' (Crowley, 2001). Dal Secondo dopoguerra l'ambiente fu analizzato a partire dalla meteorologia (Fitch, 1947) e l'umanità sulla base di bisogni e motivazioni, in una piramide che, dalle necessità fisiologiche, si eleva all'autorealizzazione (Maslow, 1992). Comfort ed ergonomia si avviarono a diventare scienze di un progetto in grado di produrre oggetti certi e verificabili oltre che replicabili nei modi dell'industria; l'abitazione diventa bene di consumo transiente «del tutto indifferente dunque nei confronti dei valori affettivi che tradizionalmente legavano l'umanità alla casa e lo radicavano sentimentalmente al luogo nel quale essa sorge» (Vagnetti, 1973, p. 681).

L'esperienza dell'Hochschule für Gestaltung



Fig. 1 - Eisen, C. E. (1755), "Frontispiece", in Lauger, M. A. (ed.), *Essai sur l'architecture*, 2nd French edition (credit: The New York Public Library Digital Collections).

Fig. 2 - Wale, S. (1755), "Frontispiece", in Lauger, M. A. (ed.), *Essai sur l'architecture*, 1st English edition (credit: The Bancroft Library).

(1953-68) fu probabilmente il maggior emblema di un progetto che indaga scientificamente l'ambiente come risorsa a vantaggio dell'umanità. È convinzione di quegli anni che l'avventura del progetto si governi con il metodo scoprendo nella cibernetica e nei sistemi di autoregolazione i suoi riferimenti operativi. Mossa da reazioni anti-autoriali il progetto cercò fondamento su causalità circolari e approcci sistemici (Alexander, 1967; Asimov, 1968), il cui punto di partenza e d'arrivo continuava a essere l'umanità ma ormai privata della pienezza della vita che credenze e narrazioni mitopoetiche gli offrivano.

La ricchezza del genere umano si ridefinisce nella molteplicità delle discipline lanciando il progetto in una complessità crescente ove la speranza di governo è appunto quella di un metodo logico-razionale: un metodo, poi formalizzato nella famosa triade 'esigenze-requisiti-prestazioni' con cui condurre a sintesi i desiderata degli utenti che, nonostante i successivi tentativi d'affrancamento 'umanistico', permarrà nella sua incapacità di essere progetto per offrirsi invece come strumento di governo tecnocratico. È in questa breve storia che il progetto nell'interesse dell'umanità colonizza l'ambiente sino ad assurgere, in pericolose quanto dubbie interpretazioni, a fenomenologia negazionista dell'emergenza ambientale, svalutata a puro zeitgeist che distoglie dal vero obiettivo che è e dovrebbe rimanere il genere umano.

*Qualis artifex pereo?* – Se la dimensione multidisciplinare, sistemica e cibernetica aveva offerto quella speranza per un progetto a servizio dell'umanità e della società, sul finire degli anni '70 furono proprio queste epistemologie, già preparate dalla teoria della dinamica non lineare e divulgate come rivoluzione della scienza della complessità a minare ogni pretesa antropocentrica (Capra, 1988). Gli sviluppi della fisica, i sistemi vivi e le ricerche nella micro-biologia evolutiva del neo-darwinismo (Dawkins, 2006, 1996; Lovelock, 2000) aprirono la strada per un profondo ripensamento del rapporto umanità/ambiente e sui processi di trasformazione. L'ambito d'indagine zoocentrista delle scienze naturali cedette il passo al microcosmo di batteri e geni riconsegnando un mondo azzerato nelle gerarchie. Dalla dimensione microscopica rimbalzarono

certezze e consapevolezza che aprirono un nuovo orizzonte: dalla vita dell'uomo e della donna, alla vita nella sua totalità giacché anche l'inorganico è coinvolto nelle trasformazioni dei sistemi viventi di qualsivoglia tipo e dimensione.

Si dimostrava che le trasformazioni nella «longue durée» (Christian, 2004), a partire dall'Oxygen Holocaust (Margulis, 1997, p. 99), non sono il risultato di processi ubbidienti a casualità 'esterne', a disegni razionali né tantomeno superiori. Erano invece guidate da logiche di cooperazione concorrente e di mutuo supporto che demoliscono lo stereotipo della selezione naturale darwiniana come spietato processo di sopraffazione del più forte sul più debole con tutte le ricadute etico-morali che ne erano conseguite. Emergenze auto-poietiche (Maturana, 1980) tali da escludere che l'umanità possa ancora attribuirsi qualsiasi invenzione: dall'agricoltura, al microchip (Margulis, 1997). Genere umano, ogni altra forma vivente e inanimata sono strettamente e mutuamente interconnessi. Nel pianeta Daisyworld<sup>1</sup> margherite bianche e nere procedono simbioticamente in un processo co-generativo ove non vi è adattamento all'ambiente ma lavoro incessante per alterare l'albedo verso condizioni omeostatiche favorevoli alla loro sopravvivenza (Lovelock, 2000).

Alla luce di queste ricerche la terra non è più parte passiva di un rapporto duale e risorsa da sfruttare a vantaggio del comfort e del benessere umano. La specie umana non è l'unica capace di apportare modifiche; gli agenti responsabili delle trasformazioni restano ancora e largamente quelli alla scala microscopica dei batteri e dei geni. È però innegabile quanto nell'intricato rapporto co-evolutivo l'azione dell'umanità stia guadagnando negli ultimi istanti della storia universale capacità di leverage prima sconosciute. Prometeo non immaginava che quel fuoco, rubato agli dei, avrebbe diffuso calore, vapori e miasmi così tragicamente ovunque rivelando l'altra faccia della techne: la 'thanototechne'<sup>2</sup>, ove la conoscenza si fa strumento di dominio sulla vita e quindi di potere sulla morte (Serres, 2011).

Una condotta già apparsa agli albori dell'umanità con l'addomesticamento della cugina Lucy da parte degli uomini *Habilis* ed *Erectus*, che continua con l'agricoltura ed evolve in tecnologie attraverso cui, come scrisse Mumford sottostimando le distanze attuali, «he can kill at a distance of five thousand yards and converse at a distance of five thousand miles» (Mumford, 1952, pp. 15, 16). Siamo al cospetto di volontà neghentropiche<sup>3</sup> in contraddizione con il progressivo aumento di energia immessa. Controllo e ordine si perseguono, infatti, con intensificazione delle azioni e degli artefatti sino a diventare 'world-objects'<sup>4</sup> (Serres, 2011) capaci di travalicare la dimensione umana e incrementare l'asimmetria tra possidenti e posseduti; dare potere sulla vita e sulla morte sino a lasciarci nel dubbio: *qualis artifex pereo?*

*La condizione post-ambientale oltre l'antropocentrismo* – Alla luce di queste consapevolezze, ma già sulla spinta dei movimenti per l'emancipazione e la parità dei diritti, la questione ambientale inizia a diffondersi nelle forme ecologiste (Carson, 1994; Meadows, 1972; Naess, 1989) sino a porsi come questione politica e ottenere primi riconoscimenti per un suo status giuridico. A questo proposito è interessante rilevare come Serres iniziò la sua pre-

sentazione alla Simon Fraser University (Serres, 2006) facendo notare che nella sua famosa opera *Le Contract Naturel* (Serres, 1998) non aveva mai usato la parola ecologia focalizzandosi, viceversa, sul fatto che dalla firma del contratto sui diritti era esclusa la natura. È una grave ingiustizia pari ai danni subiti e una asimmetria ingiustificabile, considerando che il patto sociale muoveva per il riscatto di deboli e perdenti. Ma come poteva essere ascoltato qualcuno privo di voce? Come potevano firmare oggetti neutri?

La possibilità di un 'contratto' naturale comincia a emergere quando, per i meccanismi di retroazione circolare, l'umanità diventa oggetto-natura verso cui rimbalzano gli effetti delle proprie azioni e l'ambiente diventa natura-soggetto che si manifesta attraverso un sistema di forze e di effetti. Non è più necessaria una voce o una mano per firmare poiché in questo 'entanglement' l'umanità è diventata il sistema nervoso di un unico e totale macro organismo. Sono la totalità delle nostre conoscenze, atti, dispositivi visibili e invisibili che parlano per l'ambiente. Registrano i loro effetti lasciando emergere un sistema globale di appartenenze che dissolve ogni dualismo conflittuale: un nuovo organismo di nome Gaia (Lovelock, 2000; Latour, 2017) la cui cura e progettualità non possono essere che fisiologici, volti a conoscere funzioni e manifestazioni prima che le cause. È questo il primo e decisivo passo invocato da Latour per accogliere al tavolo della negoziazione sulla scelta del futuro la prodigiosa moltiplicazione di potenziali agenti che si muove, agisce, riscalda, ribolle. È l'unica alternativa possibile all'evidente irragionevolezza del progetto della razionalità antropocentrica ove si perpetua la baconiana e 'funzionale' visione dell'ambiente e, ancor peggio, l'interesse al mantenimento di privilegi che, anche nella più sofisticata versione dell'Universal Design, continuano a realizzarsi entro il meme<sup>5</sup> capitalista (Johnston, 2005) e nel dualismo West/Rest. Oltre l'inattuabile riconciliazione con la natura o ubbidienza alla sua morale – perché ogni dualismo è perso (Morton, 2018) – soltanto un progetto co-evolutivo può quindi garantire la salvaguardia del nostro benessere e perpetuare il nostro essere in società.

*Materialità digitale e Nuovo Realismo nella modellazione performativa* – A distanza di sessanta anni dai monitoraggi delle concentrazioni atmosferiche di diossido di carbonio al Mauna Loa Observatory nelle Hawaii (Meadows, 1972), un'infinità di datalogger locali e orbitanti nello spazio ha innervato un efficiente sistema senziente. Esso ci restituisce la multiforme vita del nostro pianeta e rappresenta il primo passo nel 'dar voce' alla moltitudine di agenti che influenzano la vita. Insieme, hanno visto la luce 'cose' abilitanti modi di co-agire non più per mimesi delle forme e delle tipologie, ma ai livelli intimi della materia. 'Mastering matter' è diventata un'attività che lavora per relazioni, parametri, forze di campi energetici. Le tecnologie e il metalinguaggio digitale abilitano nuovi modi di far emergere e interagire 'cose' di un Nuovo Realismo che non è il materialismo delle 'cose' morte, né quello della superstizione animista. 'Materia prima' e 'materia operata' si manifestano per le loro qualità performative, oltre che connotative della forma, attraverso una nuova materialità che è il dato digitale. Una materialità intangibile (Un-materiality) comunque fisica e in grado di produrre ef-



fetti reali e concreti; che abilita informazioni, memorie, conoscenze e consapevolezza; capace di figliare 'cose' objectile<sup>6</sup>, mutanti e co-agenti; che offre nuove forme d'intelligenza: Intelligenze Computazionali (IC) che dialogano nella nuova lingua del Matema digitale<sup>7</sup> e si pongono come unica opportunità di fuoriuscire da comportamenti ossequiosi alla tradizione, al progresso e alla quinta libertà<sup>8</sup> che il padre delle cibernetica additava come minaccia incombente di rovina e disperazione (Wiener, 1966, pp. 203, 204).

Computazione parametrica, algoritmi generativi e intelligenza artificiale sono i prodotti di questo metalinguaggio che aprono promettenti traiettorie del progetto poiché in grado di condurre esplorazioni di soluzioni oltre il già noto, la regola d'arte, la norma, le esperienze rivelatesi spesso erronee anche per la semplice esposizione solare com'è accaduto ai grandi maestri Le Corbusier e Stirling (Frazer, 1995, p. 32). L'acronimo che oggi identifica questo nuovo paradigma è il BIM, Building Information Modeling sottintendendo una moltitudine di 'cose' più o meno intelligenti e chiarendo definitivamente la centralità del modello nel Designerly Thinking (Ridolfi, 2016). Il BIM è la 'vulgata' di un dispositivo che marca una forte differenza dai precedenti sistemi computazionali CAD. È, infatti, un data-base object-oriented, cioè indicizzato mediante ontologie degli elementi costruttivi e architettonici ove, come e in altri contesti dichiarava Kahn, una colonna sa davvero di essere colonna. È un sistema informativo interrelato d'informazioni di vario tipo e natura tenuto insieme dalla 'macchina' parametrica: implicita nel CAD, sin dai primi esperimenti di Ivan Sutherland, e poi esplicita nel BIM. Allo stato attuale è possibile riconoscere due differenti filoni applicativi e di ricerca: il primo definibile come Informative BIM, ancora relazionato all'automazione della produzione progettuale e finalizzato a istruire attività contrattuali, esecutive, di collaudo e gestione; il secondo identificabile con Performative BIM riguardante attività esplorative e di simulazione tipiche delle fasi ideative, soprattutto dell'Early Design Stage (Ridolfi, 2018), ma tuttora osteggiato o scarsamente riconosciuto (Bottazzi, 2018).

Questa seconda tendenza è evidente nelle strategie Autodesk che in pochi anni, grazie ad acquisizioni e i recenti avanzamenti nelle interfacce grafiche, ha promosso una progressiva trasformazione della propria piattaforma BIM (Revit) incorporando funzionalità di simulazione destinate a supportare le scelte progettuali. Funzionalità, strumenti e metodologie che iniziano a diffondersi dagli anni '70 come ambiti specialistici del Parametric Modeling e Performance-Based Design per emergere nelle fenomenologie linguistico-architettoniche del Parametricism (Schumacher, 2008): nuovo organicismo co-evoluzionista «in the sense that each and every part and piece is interacting and communicating simultaneously so that every instance is affected by every other instance» (Lynn, 2004, p. 12).

In un'aperta critica al riduzionismo modernista, il Parametricism è la manifestazione di una visione a-gerarchica e cooperativa degli elementi architettonici che consentono il superamento della modularità e della serie per aprire a differenziazioni inattese. Continuità e unitarietà formale risultano dalla 'intricacy' di elementi da non trattare più come dettagli di un insieme superiore o emergenze di conflitti, ma singolarità irriducibili di un sistema continuo ove

micro e macro-scala risultano mutualmente costituiti (Lynn, 1998, pp. 162, 163). È la realizzazione di un nuovo realismo già anticipato dalla biologia laddove «the manufacture of a body is a cooperative venture of such intricacy that it is almost impossible to disentangle the contribution of one gene from that of another» (Dawkins, 2006, p. 24).

*Esperienze di modellazione e simulazione computazionale in Mailab* – Oltre la revisione del linguaggio architettonico (in alcune accezioni, specchio della società liquida neoliberista) la poetica del Parametricism ebbe il merito di rendere evidenti alla grande platea le potenzialità delle IC. Queste intelligenze avevano infatti la capacità di elaborare funzioni matematiche di crescente grado di complessità; procedure morfogenetiche multi-agente; funzioni multi-obiettivo; processi «anexact yet rigorous», cioè capaci di confrontarsi con la materia amorfa e affrontare con precisione la mutazione locale sebbene irriducibile nella totalità (Deleuze, 2005, pp. 20, 367); forme generative autopoietiche e mimetiche dei processi naturali oltre il conformismo antropocentrico e autoriale. Le accresciute disponibilità di calcolo a buon mercato e la semplificazione user friendly dei software hanno poi amplificato queste potenzialità offrendosi a una vasta pletera d'utenti interessata alla generazione di modelli virtuali rappresentativi della moltitudine dei fenomeni e sui quali condurre esplorazioni dell'inedito. Un ruolo significativo in questa democratizzazione nell'accesso alle IC va assegnato all'introduzione di Grasshopper (2007), poi emulato da Autodesk con il lancio di Dynamo nel 2011 e da Nemetschek con Marionette per Vectorworks (2015). Sono interfacce di programmazione visuale open-source che offrono ambienti di progettazione parametrica e associativa o, più precisamente, strumenti con cui visualizzare e manipolare la 'storia' del processo operativo (Explicit History) a differenza dei precedenti software ove le 'storie' si limitavano alla registrazione delle azioni.

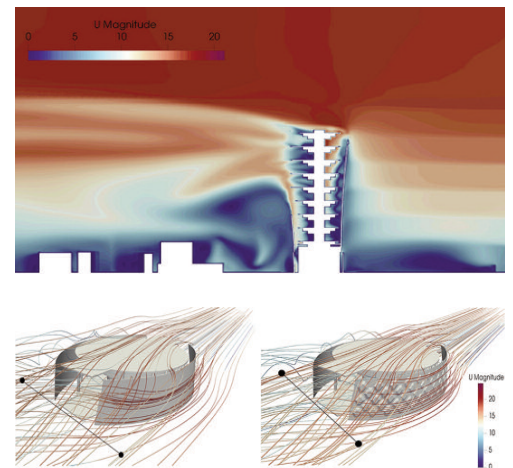
In ambito accademico, Mailab (Multimedia Architecture Interaction Lab), laboratorio congiunto Università-imprese dell'Università di Firenze, è uno degli esempi che hanno beneficiato di queste disponibilità a basso costo rendendo possi-

bile, oltre la modellazione computazionale e simulazioni prestazionali, la realizzazione prototipica di sistemi edilizi robotici adattivi (Ridolfi, 2019). Le competenze acquisite sono state impiegate anche nella didattica. L'introduzione all'uso di Green Building Studio (ambiente cloud di Autodesk per la simulazione energetica) e di plugin per Grasshopper ha consentito la visualizzazione della moltitudine di agenti e valutazioni data-driven attraverso cui gli studenti hanno potuto acquisire consapevolezza e condividere scelte che, altrimenti, l'intuizione offrirebbe con approssimazione a volte fallace e la formalizzazione numerica in modo difficoltoso (Ridolfi, 2016).

Oltre la modellazione e simulazioni tipiche del progetto energetico, l'impiego di software di fluidodinamica, anche se elementari come Flow Design, hanno consentito di 'dar voce' anche a fenomeni dinamici altamente complessi rivelandosi utili per impostare strategie di ventilazione passiva degli edifici e sul microclima degli spazi esterni. In casi più avanzati, un software di simulazione fluidodinamica professionale (Simscale) ha consentito di materializzare e quindi guidare le scelte progettuali dello skin di una torre in modo che la riduzione delle turbolenze dei venti dominanti facilitasse le fasi di atterraggio e decollo di droni destinati al trasporto persone (Figg. 3-5).

Il filet de fumé è stato, invece, il dispositivo per affrontare la generazione morfologica ripercorrendo i primi esperimenti basati su software di animazione e rendering volumetrico come Maya rilasciato nel 1998. Usando emettitori particellari e agendo su un limitato numero di condizioni sono stati generati processi stocastici di morfogenesi fluidodinamica. Qui la collaborazione di forze e vincoli contestuali ha prodotto una mutazione continua che si fissa in singoli fotogrammi, ove giace latente una moltitudine di letture da selezionare e condurre a forme architettoniche (Fig. 6).

Analogha esperienza, in cui è possibile riconoscere le informazioni delle forze che le hanno determinate (Lynn, 1999, pp. 10, 11), ha riguardato la modellazione di una struttura a grande scala schematicamente identificabile come sistema funicolare tridimensionale (Fig. 7) e affrontata con impiego di un Particle-Spring System in ambiente Rhino-



Figg. 3-5 - Droneport in Tokyo (M. Badiani, 2019): General view; CFD simulation in Simscale for the evaluation of landing and take-off trajectories; Skin roughness studies for the regularization of leeward turbulence in Simscale.

Grasshopper (Kangaroo). Il processo in questione è uno dei più economici per la simulazione morfologica per questo tipo di strutture (Kilian, 2005). Agisce su parametri di rigidità ed elasticità delle 'molle' per simulare il comportamento degli elementi sottoposti a campi di forze che, in questo progetto, è quello gravitazionale agente entro un sistema di vincoli eterogenei quali accessibilità, viste panoramiche, contesto ai bordi del manufatto (Fig. 8). Le alternative progettuali nascono dalla manipolazione manuale delle proprietà fisico-geometriche degli agenti e dei vincoli. Ne consegue che, sebbene la ricerca dell'equilibrio sia automatica, l'esplorazione si restringe a un numero limitato di alternative. Inoltre, tali 'motori' non risolvono la forma architettonica in maniera integrata all'ottimizzazione strutturale che, in questo caso, si è scelto di affrontare in fase successiva con un altro plugin di Grasshopper (Millepede) da cui leggere gli stati tensionali e quindi guidare l'adattamento strutturale (Fig. 9). Infine, testimoniando la varietà di 'agenti' anche qualitativi che possono agire sulla

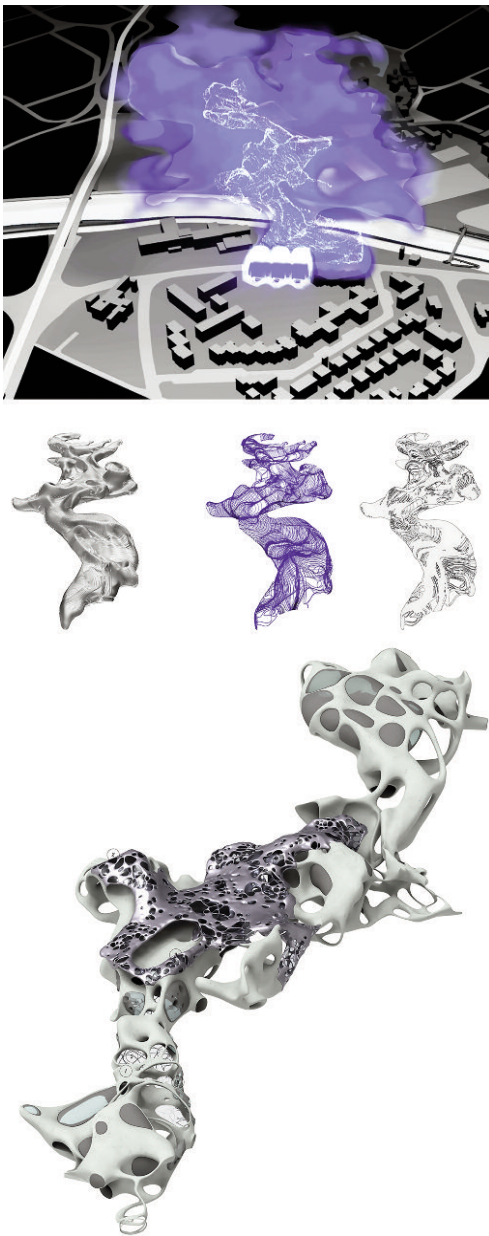


Fig. 6 - Teogonia Naturale (L. Armogida, 2018): generative process sequences using particle agents and fluid dynamics modeling.

forma, si cita l'elaborazione di un 'motore' parametrico capace di valutare il daylight e, nello stesso tempo, 'attrarre' gli affacci di un edificio per uffici verso i punti d'interesse nel paesaggio circostante (Figg. 10-13).

*Esperienze di progettazione generativa verso l'intelligenza artificiale* – Oltre a queste esperienze, il settore di maggior interesse per Mailab è oggi orientato al Generative Design (GD): nuova frontiera del Parametricism, ora Parametricism 2.0 (Schumacher, 2016), o meglio Post-Parametric Automation (Andia, 2015) a segnalare le sue potenzialità autogenerative in grado di affrancare definitivamente il progettista da quel tedioso lavoro di manipolazione manuale (Woodbury, 2010, p. 24) che continua a permanere anche nelle procedure parametriche. Il GD sfrutta forme d'intelligenza di ottimizzazione su base prestazionale, ma secondo processi automatizzati che consentono, cioè, di eseguire – in continuità – la generazione della forma, la misurazione della performance e, a seguito di feedback, l'individuazione di soluzioni soddisfacenti il problema dato.

Oltre al Fuzzy System e Neural Networks, i sistemi d'intelligenza maggiormente in uso nel GD sono quelli dell'Evolutionary Computation (EC) e della Swarm Intelligence (SI). Sono entrambe procedure euristiche che, a fronte di problemi complessi e non riconducibili a solver lineari, riscoprono il vecchio metodo di procedere 'per prova ed errore', ma con la possibilità di generare un numero sconfinato di tentativi da cui far emergere soluzioni, talvolta inaspettate. Le logiche di funzionamento discendono dai processi morfogenetici naturali segnando la mutazione del progetto ispirato alle forme a quello risultante delle forze ove è lecito assimilare l'Architettura a una sorta di vita artificiale (Frazer, 1995, p. 9). Pur condividendo la stessa matrice, EC e SI si differenziano per approcci e dispute economie computazionali: la prima emulante i processi di selezione genetica del darwinismo classico; la seconda emulante i processi collaborativi degli individui di un gruppo.

Nelle diverse accezioni e sfumature gli algoritmi che alimentano l'EC si basano sul concetto di sopravvivenza a partire dall'individuazione dei geni e da cui generare stocasticamente una popolazione di fenotipi che evolverà, attraverso processi d'incrocio e selezione, verso quelli più rispondenti alle funzioni obiettivo (Bansal, 2019). I sistemi di SI perseguono l'ottimizzazione emulando comportamenti autorganizzanti delle singolarità che, invece della soppressione, sono salvaguardate e chiamate a una condivisione delle loro 'intelligenze'. Queste logiche sono evidenti nei nomi dei vari solver che, dal Particle Swarm Optimization (PSO) inventato da Kennedy ed Eberhart nel 1995, traggono ispirazione dal comportamento di popolazioni di viventi in cerca di cibo, di configurazioni aerodinamiche o di difesa, impegnati in processi di colonizzazione (Kennedy, 2001).

Anche in questo caso gli ambienti di programmazione visuale offrono alcuni plugin di ottimizzazione a oggi prevalentemente basati su algoritmi di evoluzione genetica. Il primo e più utilizzato è Galapagos, rilasciato nel 2008 da David Rutten, inventore di Grasshopper, cui sono seguiti Goat (2010-15), Octopus (2013) e Opossum (2016). Unico plugin disponibile che fa ricorso alla SI è oggi limitato a Silvereye (Cichocka, 2017). In Dy-

namo è attualmente disponibile solamente il solver evolutivo Optimo (2014) anche se Autodesk, sul modello di Green Studio, ha recentemente lanciato Refinery un ambizioso progetto cloud di GD basato su algoritmi di ottimizzazione genetica. A testimonianza delle loro potenzialità si citano alcune delle recenti esperienze svolte all'interno o con il supporto di Mailab mediante l'impiego di algoritmi evolutivi:

- consulenza per il layout illuminotecnico in spazi per ufficio con individuazione del miglior compromesso tra qualità dell'illuminazione e riduzione di costi iniziali e d'esercizio nel ciclo di vita utile selezionando e localizzando i corpi illuminanti;
- ottimizzazione di un sistema di terrazzamenti per la coltivazione all'interno di una colonia marziana mediando tra rispetto dei minimi delle superfici di coltivazione, valori d'irraggiamento e contenimento delle altezze di piano (Figg. 14-16);
- collocazione di una torre in ambito urbano procedendo, su base di dati GIS, dalla ricerca delle aree libere e affinando la scelta in rapporto alla densità urbana e infrastrutture presenti (Fig. 17);
- ottimizzazione dei layout funzionali e generazione morfologica in rapporto a efficienza energetica, visual comfort e riduzione globale delle emissioni (Fig. 18).

Altri tipi di algoritmi hanno interessato problemi tipici della progettazione ambientale di tipo passivo risolvendo l'ottimizzazione morfologica attraverso manipolazioni genetiche del posizionamento climatico, orientamento, radiazione, esposizione ai venti, illuminazione naturale, oltre a quelle dei comportamenti e abitudini degli occupanti.

*Conclusioni* – Gli ultimi secondi dell'universo hanno aperto un nuovo capitolo dell'intelligenza globale ove nuovi artigiani adattano nuovi utensili per arricchire, piuttosto che ridurre, singolarità mutanti e corresponsabili del molteplice. Dall'arsenale dell'Intelligenza Artificiale il suo ultimo utensile è il Big Data, un nuovo ambito di ricerca dell'Intelligenza Artificiale e del Machine Learning che è stato accolto anche in Mailab in forme ancora semplificate e piuttosto orientate al 'Learning through Machine'.

Un primo progetto, tuttora in corso di sviluppo e testato su un limitato numero di coloniche storiche toscane, ha prodotto uno strumento che consente di restituire una conoscenza statistica sulla distribuzione percentuale degli orientamenti e degli affacci dei loro spazi caratteristici (Figg. 21-26). Può quindi assimilarsi alla fase di apprendimento del deep learning, ma con limitazioni che risiedono nella preparazione del dato e assegnazione tassonomica che, nel caso specifico, sono ancora demandate a operazioni manuali. In ambito architettonico l'acquisizione del dato per il pattern recognition è un problema noto per la frammentarietà ed eterogeneità delle sorgenti, ma attivamente studiato (Liu, 2017) poiché è evidente come la diffusione del sistema seniente, dal cucchiaino al paesaggio, potrà offrire quella miniera necessaria a un ulteriore avanzamento dell'intelligenza (Deutsch, 2015).

Big Data è l'ultimo esemplare di «soft architecture machines» che apre il progetto del mondo a una sorta di nuovo empirismo capace di svelare la razionalità nascosta e adattiva del «pack-donkey's path» in luogo di quelle direttrici lineari delle certezze logico-razionali propugnate da Le Corbusier (Schumacher, 2009, pp. 17, 18), ma ormai ina-



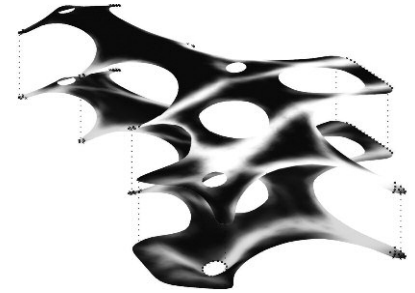
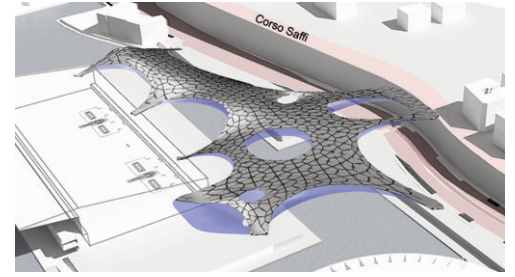
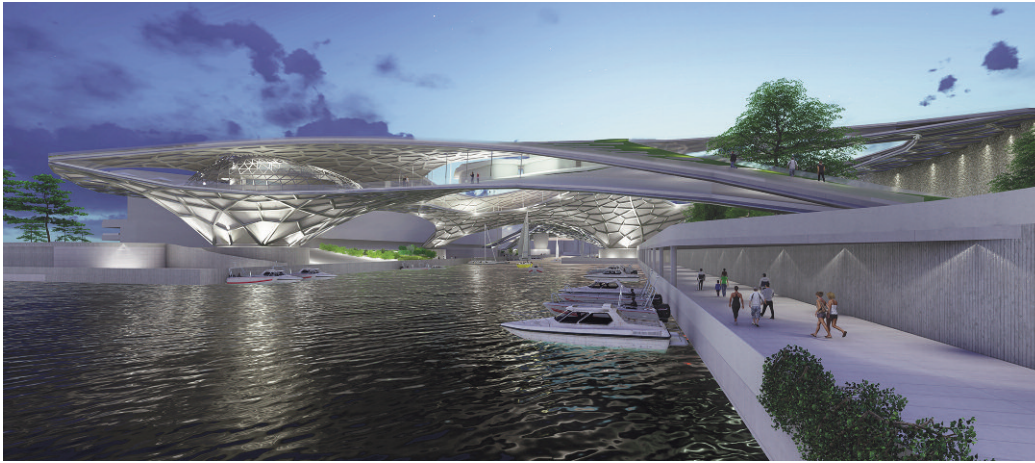


Fig. 7-9 - Application of a parametric morphogenetic process with the advice of M. Carratelli for the Green Bridge / Walking Mall (N. Golrokh, 2017): View from the entrance to the Marina; Excerpt from the form finding sequences applying a reverse gravity of  $23 \text{ m/s}^2$  in the upper layer and  $20 \text{ m/s}^2$  in the lower one; Display of tensional states for structural optimization.

datte dinanzi alla magnifica opera di un orologiaio cieco. La strada è segnata. Procediamo quindi in questi sentieri, ma senza mai dimenticare che stiamo affidandoci a una marcatura digitale che adombra due possibili e pericolosi effetti collaterali: l'eclisse delle conoscenze nella semplificazione del 'saper fare', sino al gamification a uso dei 'dilettanti'; l'aggravamento nelle tautologie tiranniche del Matema digitale che è al tempo stesso arricchimento e riduzione simbolica del mondo.

#### ENGLISH

Before Industrialization the relationship between architecture and the environment can be distinguished in two archetypal visions: one related to the art of medicine, where the sanctuary of Aesculapius was an example of an environment of cosmic totality (Periechon) within which the destinies of suffering and healing were realized; the other one, as defined by the mathematician Niccolò Tartaglia from Brescia, which is governed by the *ars diabolic* of ballistics and by military engineering that erects walls and fortifications to protect from a hostile environment. Industrialization added a new vision by subjecting the environment to the utilitarian paradigm already in nuce in the Judeo-Christian tradition then carried out to its extreme consequences in the Protestant declination and supported by the new Gnostic paradigm of experimental science. The primitive hut, which stands on the frontispiece of the second French version of Marc-Antoine Laugier's work, *Essai sur l'Architecture* (1755), is a symbol of a hostile vision of the environment from which to shelter, but also an example of nature as teaching resource (Fig. 1). Or, from another image engraved in the same year in the English version, the environment is a material to be exploited (Fig. 2). In synthesis, the environment is a problem and a solution for the construction of the human habitat, however it is 'other' than humanity. With the appearance of the linguistic 'marking' on things (Foucault, 1988), which later became 'calculus', the useful will be subjected – as Hutcheson argued – to a sort of mathematics, and the transformation of the environment to objective descriptions or, as Mondrian invoked for Design, exact in the manner of mathematics and science.

The history of architecture identifies time and

place of this transformation in the Bauhaus and, in particular, in its transfer to Dessau. It was a change, already initiated in Russia in the post-revolutionary productivist shift, that remained – until Meyer's direction – more in proclamations than in practice. By putting into practice a vision that Gropius had mostly theorized, Meyer carried out a profound revision of the role of the designer and the discipline of Design by cutting ties with authorial visions, romantic-expressionism and pure-visibility. The focus was on operational methodologies, processes and the objective organization of relationships determining human existence and construction, as evidenced by the entry into the school of teachers such as Hans Wittwer (bioclimatic) and Alcar Rudelt (static and materials science).

Nevertheless, the period in which these methodologies were actually applied to conceive and design the environment dates back a few decades when, in the last quarter of the nineteenth century, Wilhelmine Germany found itself struggling with socio-economic transformations and with the dynamic development of industrial production triggered by, and immediately after, the Franco-Prussian war. The place of this transformations was the municipal technical offices which, despite the architectural studies still organized in the manner of the artist's atelier, began to be structured in a massive number of qualified technicians reifying, more prosaically, those Vertical Brigades conceived by Meyer.

In 1874, Budapest was the first test-bed where the urban environment and its design became an application field of multidisciplinary techniques of different matrix (economy, hygiene, statistics, demography, tax, traffic, climate, plant engineering, etc.). The product of this methodology was zoning, a direct descendant of functionalism and scientific management where the phenomena, due to their complexity, must be broken down and then reassembled according to criteria of conformity and differentiation or, as Alexander wrote some decades later, moving one ball at a time into their final position (Alexander, 1967, p. 48).

Anthropocentric environmental design – It is from these premises that Design was subjected to scientific practice and the environment assumed the

definitive features of the *res extensa* to be colonized and 'commodified' in favor of comfort. Surpassing the duality of luxury/necessity, Design reformulated, in an 'objective' manner, the concept of human well-being first identified by the word 'convenience' (Crowley, 2001). After World War II, the environment was first analyzed from meteorology (Fitch, 1947) and humanity was analyzed based on needs and motivations. This formed a pyramid that, from physiological needs, rises to self-fulfillment (Maslow, 1992). Comfort and ergonomics set out to become the sciences of Design capable of producing certain and verifiable objects as well as replicable in the ways of industry; the dwelling becomes a transient consumer good «del tutto indifferente dunque nei confronti dei valori affettivi che tradizionalmente legavano l'umanità alla casa e lo radicavano sentimentalmente al luogo nel quale essa sorge» (Vagnetti, 1973, p. 681).

The experience of the Hochschule für Gestaltung (1953-68) was probably the greatest emblem of Design that scientifically investigates the environment as a resolving resource for the benefit of humanity. It is a conviction of those years that Design's adventure is governed by method, discovering its operational references in cybernetics and in systems of self-regulation. Moved by anti-authorial reactions, Design sought grounding on circular causality and systemic approaches (Alexander, 1967; Asimow, 1968), whose starting and finishing point continued to be humanity but now deprived of the fullness of life that beliefs and myth-poetic narratives offered him.

The richness of the human race is redefined in the multiplicity of the disciplines launching Design in a growing complexity where the hope of government is precisely that of a logical-rational method: a method, then formalized in the famous triad 'needs-requirements-performance' through which to satisfy users' wishes. Despite the subsequent attempts at 'humanistic' liberation, it remained in its inability to be a project and offered itself as a tool for technocracy. It is in this brief history that Design, in the interests of humanity, colonizes the environment to the point of rising, in dangerous as well as dubious interpretations, to the negationist phenomenology of the environmental emergency, devalued to pure *zeitgeist*

which distracts from the true objective which is and should remain the human race.

Qualis artifex pereor? – If the multidisciplinary, systemic and cybernetic dimension had offered the hope for Design at the service of humanity and society, at the end of the 1970s it was these epistemologies, already prepared by the theory of non-linear dynamics and disseminated as a science revolution of complexity to undermine every anthropocentric claim (Capra, 1988). Physical developments, living systems and research in the evolutionary micro-biology of neo-Darwinism (Dawkins, 2006, 1996; Lovelock, 2000) opened the way for a profound rethinking of the relationship between humanity and the environment and on the transformation processes. The field of zoocentric investigation of the natural sciences gave way to the microcosm of bacteria and genes, giving back a world that was zeroed in hierarchies. From the microscopic dimension, certainties and awareness bounced back, opening up a new horizon: from the life of man and woman, to life in its totality, since even the inorganic is involved in the transformations of living systems of any type and size.

It was shown that the transformations in the «longue durée» (Christian, 2004), starting from the Oxygen Holocaust (Margulis, 1997, p. 99), are not the result of processes obedient to 'external' randomness, rational or even superior designs. Instead, they were guided by the logic of concurrent cooperation and mutual support that demolished the stereotype of Darwinian natural selection as a ruthless process of oppression of the strongest against the weakest with all the ethical and moral repercussions that followed. They are autopoietic emergencies (Maturana, 1980) that exclude the attribution to humanity of any invention: from agriculture, to the microchip (Margulis, 1997). Human kind, every other living and inanimate form are closely and mutually interconnected. In the planet Daisyworld<sup>1</sup> black and white daisies proceed symbiotically in a co-generative process where there is no adaptation to the environment but incessant work to alter the albedo towards homeostatic conditions favorable to their survival (Lovelock, 2000).

In the light of this research, the earth is no longer a passive part of a dual relationship and a resource to be exploited for the benefit of human comfort and well-being. The human species is not the only one capable of making changes; the agents responsible for transformation are still largely those on the microscopic scale of bacteria and genes. However, it is undeniable that in the last moments of universal history, humanity's action is gaining an unknown leverage in the intricate co-evolutionary relationship. Prometheus did not imagine that fire, stolen from the gods, would spread heat, vapors and miasma so tragically everywhere revealing the other side of techne: the 'thanototechne'<sup>2</sup>, where knowledge becomes an instrument of dominion over life and therefore power over death (Serres, 2011).

This conduct already appeared at the dawn of humanity with the domestication of cousin Lucy by the men Habilis and Erectus, which eventually continues with agriculture and evolves into technologies through which, as Mumford wrote «he can kill at a distance of five thousand yards and converse at a distance of five thousand miles» (Mumford, 1952, pp. 15, 16). We are in the pres-

ence of negentropic<sup>3</sup> will in contradiction with the progressive increase in energy input. Control and order are pursued, in fact, with the intensification of actions and artifacts to become 'world-objects'<sup>4</sup> (Serres, 2011) capable of going beyond the human dimension and increasing the asymmetry between owners and owned; capable of giving power over life and death until leaving us in doubt: qualis artifex pereor?

The post-environmental condition beyond anthropocentrism – In the light of these scientific paradigms and in the wake of the movements for emancipation and civil rights, the environmental question begins to spread in ecological forms (Carson, 1994; Meadows, 1972; Naess, 1989) to the point that nature became a political issue and obtained recognition for its legal status. In this regard, it is interesting to note how Serres began his presentation at Simon Fraser University (Serres, 2006) pointing out that, in his famous work *Le Contract Naturel* (Serres, 1998), he had never used the word ecology, focusing on the fact that from the signing of the contract of civil rights, nature was excluded. It is a grave injustice equal to the damages suffered and an unjustifiable asymmetry, considering that the social contract was moving for the redemption of the weak and the

lost. But how could anyone without a voice be heard? How could neutral objects sign?

The possibility of a natural contract begins to emerge when, due to the circular feedback mechanisms, humanity becomes a nature-object towards which the effects of its actions bounce off and the environment becomes a subject-nature manifested through a system of strengths and effects. It is no longer necessary to have a voice or a hand to sign because in this 'entanglement' humanity has become the nervous system of a single and total macro-organism. It is the totality of our knowledge, and our acts, visible and invisible devices that speak for the environment. They record effects of every transformation by letting emerge a global system of belonging that dissolves any conflicting dualism: a new macro organism named Gaia (Lovelock, 2000; Latour, 2017) whose care and planning can only be physiological, aimed at knowing functions and manifestations before the causes. This is the first and decisive step invoked by Latour to welcome the prodigious multiplication of potential agents that moves, acts, heats and boils at the negotiation table. It is the only possible alternative to the evident unreasonableness of the rational anthropocentric project where the Baconian and functional vision of the environment is perpetuated. Even worse, the interest in maintaining privileges (even in the more sophisticated version of the Universal Design) continues to be realized within the capitalist meme<sup>5</sup> (Johnston, 2005) and in the West / Rest dualism. Beyond the impracticable reconciliation with nature or obedience to its morality – because every dualism is lost (Morton, 2018) – only a co-evolutionary project can therefore guarantee the safeguarding of our well-being and perpetuate our being in society.

Digital materiality and New Realism in performative modeling – Sixty years after the monitoring of carbon dioxide atmospheric concentrations at the Mauna Loa Observatory in Hawaii (Meadows, 1972), an infinite number of local and orbiting dataloggers have innervated an efficient sentient system. These dataloggers give us the multi-faceted life of our planet and represents the first step in 'giving voice' to the multitude of agents that influence life. At the same time, other things emerged, enabling ways of co-acting no longer by mimesis of forms and typologies, but at the intimate levels of matter. 'Mastering matter' has become an activity that works for relationships, parameters, and forces of energy fields. Technologies and the digital metalanguage enable new ways of bringing out and interacting 'things' of a New Realism that is not the materialism of 'dead things' or ones of animist superstition. 'Raw material' and 'operated matter' manifested themselves by their performative qualities – as well as the connotative qualities of the form – through a new materiality which is the digital datum. This is an untouchable materiality (Un-materiality), however physical and capable of producing real and concrete effects; which enables information, memories, knowledge and awareness; capable of nurturing objectile<sup>6</sup> 'things', mutants and co-agents. These materials offer new forms of intelligence: Computational Intelligences (ICs) that dialogue in the new language of Digital Mathema<sup>7</sup> and present themselves as the only opportunity to escape from obsequious behaviors to tradition, to Progress and to the fifth free-

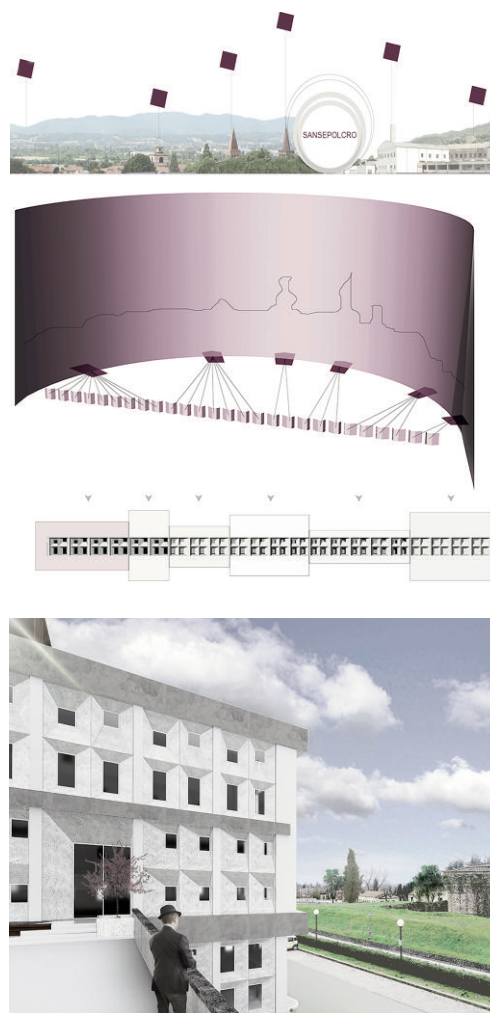


Fig. 10-13 - Development of parametric application by A. Saberi for the Redevelopment of the Aboca Head Quarter (G. Gallo, 2018): Points of interest of the landscape; Diagram of the attractor algorithm; Result of rotations of facade modules; Entrance view.



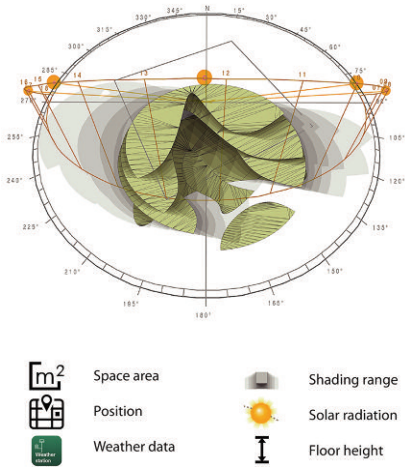
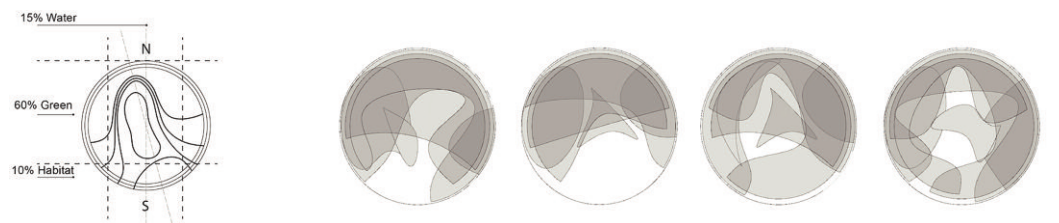
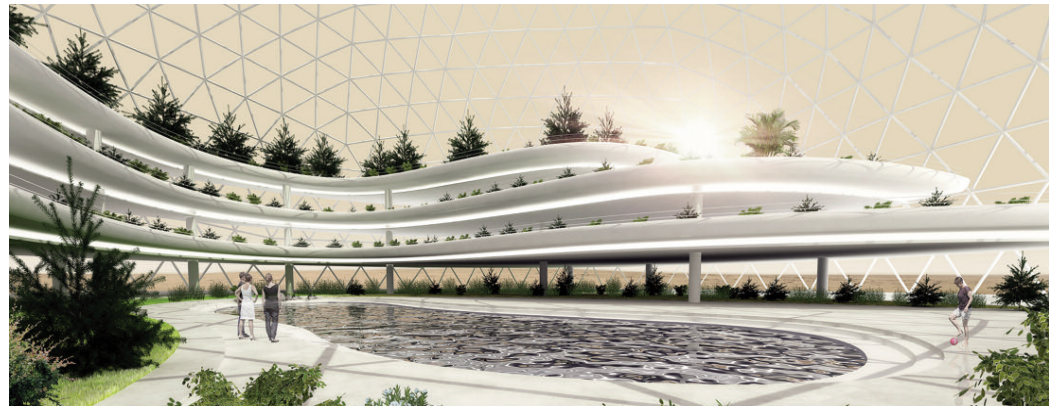


Fig. 14-16 - From Earth to Mars & Back (A. Saberi, 2015), conceptual model of terraces to be used for the cultivation of a Martian base generated by an evolutionary algorithm integrated with energy simulation plugins: Outline of space allocation objectives; Seen from the housing modules; Family of optimized solutions.



dom<sup>8</sup> that the father of the cybernetics pointed out as a looming threat of ruin and despair (Wiener, 1966, pp. 203, 204).

Parametric computation, generative algorithms and artificial intelligence are the products that open up promising trajectories for Design since they are able to conduct exploration of solutions beyond the already known, the rule of art, norms, and experiences that have often proven to be wrong even for simple sun exposure as happened to the great masters Le Corbusier and Stirling (Frazer, 1995, p. 32). The acronym that today identifies this new paradigm is BIM, Building Information Modeling, implying a multitude of more or less intelligent 'things' and definitively clarifying the centrality of the model in Designerly Thinking (Ridolfi, 2016). BIM is the 'vulgate' of a device that marks a significant difference from previous CAD computational systems. It is, in fact, an object-oriented database, indexed by ontologies of the constructive and architectural elements where, as in another context Kahn declared, a column really knows to be a column. It is an interrelated system of information of various types, and nature held together by the parametric 'machine'. Since the first experiments of Ivan Sutherland the parametric 'machine' is implicit in CAD and subsequently explicit in BIM. At present it is possible to recognize two different lines of application and research: the first one can be defined as Informative BIM, still related to the automation of design production and aimed at instructing contractual, executive, testing and management activities; the second one Performative BIM concerning exploration and simulation activities typical of the ideational phases, especially of the Early Design Stage (Ridolfi, 2018), but still opposed or poorly recognized (Bottazzi, 2018).

This second trend is evident in the Autodesk strategies that in a few years, thanks to acquisitions and recent advances in graphical interfaces, has promoted a progressive transformation of its BIM platform (Revit) by incorporating simulation functionalities designed to support decision-making. Since the 70s' new functionality, tools and methodologies began to spread as specialist areas

of Parametric Modeling and Performance-Based Design, emerging in the linguistic-architectural phenomenologies of Parametricism (Schumacher, 2008), a new co-evolutionist organicism «in the sense that each and every part is interacting with each other» (Lynn, 2004, p. 12). In an open criticism of modernist reductionism, Parametricism is the manifestation of an a-hierarchical and cooperative vision of architectural elements that allow the overcoming of modularity and series opening up to unexpected differentiations. Continuity and formal unity result from the 'intricacy' of elements that should no longer be treated as details of a higher whole or emergencies of conflicts, but irreducible singularities of a continuous system where micro and macro-scale are mutually constituted (Lynn, 1998, pp. 162, 163). This is the realization of a new realism already anticipated by biology where «the manufacture of a body is a cooperative venture of such intricacy» (Dawkins, 2006, p. 24).

Experiments in modeling and computational simulation in Mailab – Beyond the revision of the architectural language (in some interpretations a mirror of the neoliberal liquid society) the poetics of Parametricism had the merit of making the potential of the ICs evident to the greater audience. In fact, those intelligences were capable of processing mathematical functions of increasing complexity; multi-agent morphogenetic procedures; multi-objective functions, 'anexact yet rigorous' processes, that are capable of confronting amorphous matter and accurately addressing the local mutation although irreducible in totality (Deleuze, 2005, pp. 20, 367); autopoietic and mimetic generative forms of natural processes beyond anthropocentric and authorial conformism. The increased availability of cheap calculations and user-friendly simplification of tools have amplified this power by offering a vast plethora of users interested in the generation of virtual models on which to conduct explorations of the new. A significant role in this democratization in access to ICs is thanks to the introduction of Grasshopper (2007), later emulated by Autodesk with the launch of Dynamo in 2011 and by Nemetschek with Mari-

onette for Vectorworks (2015). They are open-source visual programming interfaces that offer parametric and associative design environments or, more precisely, tools with which to visualize and manipulate the 'history' of the operational process (Explicit History) unlike previous software where 'history' was limited to recording actions.

In the academic field, Mailab (Multimedia Architecture Interaction Lab), a joint university-business laboratory of the University of Florence, has benefited from these low-cost facilities, making it possible, in addition to computational modeling and performance simulations, the prototyping of adaptive robotic building systems (Ridolfi, 2019). The acquired skills have also been used in teaching. The introduction to the use of Green Building Studio (Autodesk cloud environment for energy simulation) and Grasshopper plugins has allowed the visualization of a multitude of agents and data-driven evaluations through which students can acquire better awareness and share their decisions; decisions that are otherwise supported by intuition, with sometimes fallacious approximation, or by numerical formalization that are difficult to understand (Ridolfi, 2016).

Beyond modeling and simulations, typical of the energy project, the use of fluid dynamics software, even as elementary as Flow Design, have allowed us to 'give voice' to highly complex dynamic phenomena, revealing themselves useful for setting passive ventilation strategies of buildings and on microclimate of outdoor spaces. In more advanced cases, a professional fluid dynamics simulation software (Simscale) has made it possible to materialize and then guide the design choices of the skin of a tower so that the reduction of turbulence of the dominant winds facilitates the landing and takeoff phases of drones intended for transport of people (Fig. 3-5).

The filet de fumé was, instead, a device to face morphological generation retracing the first experiments on animation software and volumetric rendering like Maya released in 1998. Using particle emitters and acting on a limited number of conditions, stochastic processes of fluid dynamic morphogenesis were generated. Here the collaboration

of forces and contextual constraints has produced a continuous mutation that is fixed in single frames, where a multitude of readings lie to be selected and lead to architectural forms (Fig. 6).

A similar experience, in which it is possible to recognize the information of the forces that determined them (Lynn, 1999, pp. 10, 11), concerned the modeling of a large-scale structure schematically identifiable as a three-dimensional funicular system (Fig. 7) and using a Particle-Spring System in the Rhino-Grasshopper environment (Kangaroo). The process in question is one of the cheapest for morphological simulation for this type of structure (Kilian, 2005). It acts on the parameters of stiffness and elasticity of the 'springs' to simulate the behavior of the elements subjected to force fields. In this project that force fields are gravitational acting within a system of heterogeneous constraints such as accessibility, panoramic views, context at the edges of the building (Fig. 8). The design alternatives arise from the manual manipulation of the physical-geometric properties of agents and constraints. It follows that, although the search for equilibrium is automatic, the exploration is restricted to a limited number of alternatives. Moreover, these 'engines' do not solve the architectural form in an integrated manner to the structural optimization. In this case, the structural optimization was developed in a later phase using another Grasshopper plugin (Millepede) from which to read the stress states and then drive structural adaptation (Fig. 9). Finally, witnessing the variety of 'agents', even qualitative ones that can act on the form, we elaborate a parametric 'engine' capable of evaluating the daylight that, at the same time, 'attracts' the windows of an office building towards the points of interest in the surrounding landscape (Fig. 10-13).

Generative design experiences towards artificial intelligence – In addition to these experiences, the sector of greatest interest for Mailab today is oriented towards Generative Design (GD): the new frontier of Parametricism, now called Parametricism 2.0 (Schumacher, 2016), or even better Post-Parametric Automation (Andia, 2015). Post-Parametric Automation signals its auto-generative potentials capable of definitively freeing the designer from that tedious work of manual manipulation (Woodbury, 2010, p. 24), which continues to persist even in parametric procedures. The GD exploits forms of intelligence of optimization on a performance basis, but using automated processes that allow to execute – in continuity – form generation, measurement of the performance and, based on feedback, identification of satisfactory solutions to the given problem.

In addition to the Fuzzy System and Neural Networks, the intelligence systems mostly used in the GD are those of Evolutionary Computation (EC) and Swarm Intelligence (SI). They are both heuristic procedures that, in the face of complex problems that cannot be traced back to linear solvers, rediscover the old method of proceeding 'by trial and error', but with the possibility of generating an endless number of attempts from which to let emerge solutions, sometimes unexpected. Their logics derive from the natural morphogenetic processes, marking the mutation of Design originally inspired by forms, to now a Design determined by forces where it is legitimate to assimilate

Architecture to a sort of artificial life (Frazer, 1995, p. 9). While sharing the same matrix, EC and SI differ in approaches and disputed computational economies: the first emulating the genetic selection processes of classical Darwinism; the second emulating the collaborative processes of the individuals of a group.

In the different meanings and nuances the algorithms that feed the EC are based on the concept of survival starting from the identification of genes and from which stochastically generate a population of phenotypes that will evolve, through processes of crossing and selection, towards those that are more responsive to the objective functions (Bansal, 2019). SI systems pursue optimization by emulating self-organizing behaviors of singularities, which, instead of their suppression, are safeguarded and stimulated to share their 'intelligences'. These logics are evident in the names of the various solvers that, from the Particle Swarm Optimization (PSO) invented by Kennedy and Eberhart in 1995, draw inspiration from the behavior of living populations in search of food, aerodynamic or defense configurations, engaged in processes of colonization (Kennedy, 2001).

Also in this case the visual programming environments offer some optimization plugins, nowadays, mainly based on genetic evolution algo-

rithms. The first and most used is Galapagos, released in 2008 by David Rutten, inventor of Grasshopper, followed by Goat (2010-15), Octopus (2013) and Opossum (2016). The only plugin available that makes use of SI is now limited to Silvereye (Cichocka, 2017). In Dynamo, only the Optimo evolutionary solver (2014) is currently available, although Autodesk, looking at the Green Studio model, has recently launched Refinery, an ambitious GD cloud project based on genetic optimization algorithms. As evidence of their potential, we cite some of the recent experiences carried out within or with the support of Mailab through the use of evolutionary algorithms:

- consultancy for the lighting design layout in office spaces with identification of the best compromise between lighting quality and reduction of initial and operating costs in the useful life cycle by selecting and locating lighting fixtures;
- optimization of a terracing system for cultivation within a Martian colony mediating between respect for the minimum of the cultivation surfaces, values of irradiation and containment of floor heights (Fig. 14-16);
- placement of a tower in an urban environment, proceeding based on GIS data, from the search for free areas and refining the choice in relation to the urban density and available infrastructures (Fig. 17);
- optimization of functional layouts and morphological generation in relation to energy efficiency, visual comfort and global emission reduction (Fig. 18).

Other types of algorithms have involved typical problems of passive environmental design by solving morphological optimization through genetic manipulations of climate positioning, orientation, radiation, wind exposure, natural lighting, as well as those of occupants' behaviors and habits.

Conclusions – In the last seconds of the universe we have opened a new chapter of global intelligence where new artisans adapt new tools to enrich, rather than reduce, mutating and co-responsible singularities of the multiple. The last tool from the arsenal of Artificial Intelligence is Big Data, a new field of research of Artificial Intelligence and Machine Learning that has also been accepted in Mailab in forms still simplified and rather oriented to the 'Learning through Machine'.

A first project, still under development and tested on a limited number of historical Tuscan farmhouses, has produced a tool that return a statistical knowledge on the percentage distribution of orientations and views of their characteristic spaces (Fig. 21-26). It can therefore be compared to the learning phase of Deep Learning, but with limitations that reside in the preparation of the data and taxonomic assignment that, in this specific case, are still referred to manual operations. In the field of architecture, the acquisition of data for pattern recognition is a known problem due to the fragmentation and heterogeneity of the sources, but actively studied (Liu, 2017) since it is evident how the diffusion of the sentient system, from the spoon to the landscape, can offer that data mining necessary for a further advancement of intelligence (Deutsch, 2015).

Big Data is the last example of «soft architecture machines» that opens the project of the world to a sort of new empiricism capable of revealing the hidden and adaptive rationality of the 'pack-donkey's path' instead of those linear guidelines of

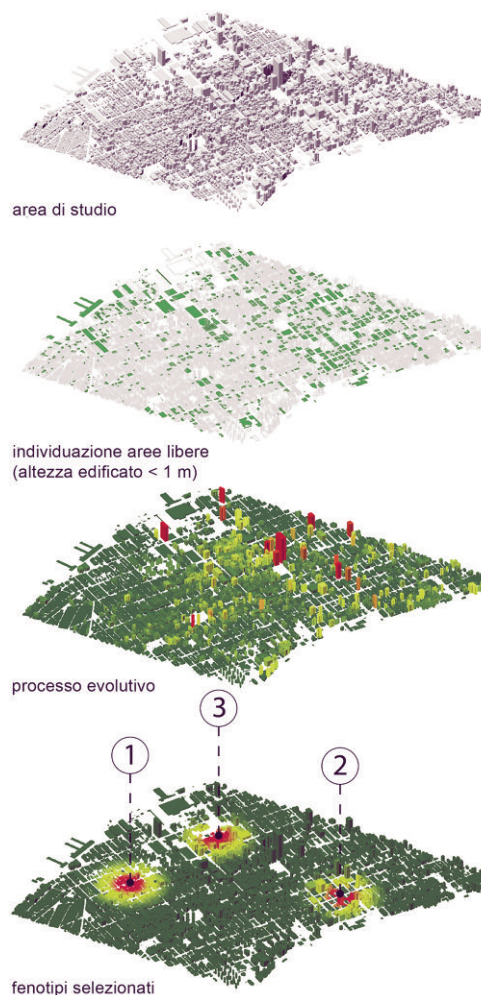


Fig. 17 - Search for the optimal site in an urban context for the location of a residential tower with the use of an evolutionary algorithm and plugin for automatic extraction of GIS data; the selected phenotypes maximize goals with lower population density, greater facilities and services.



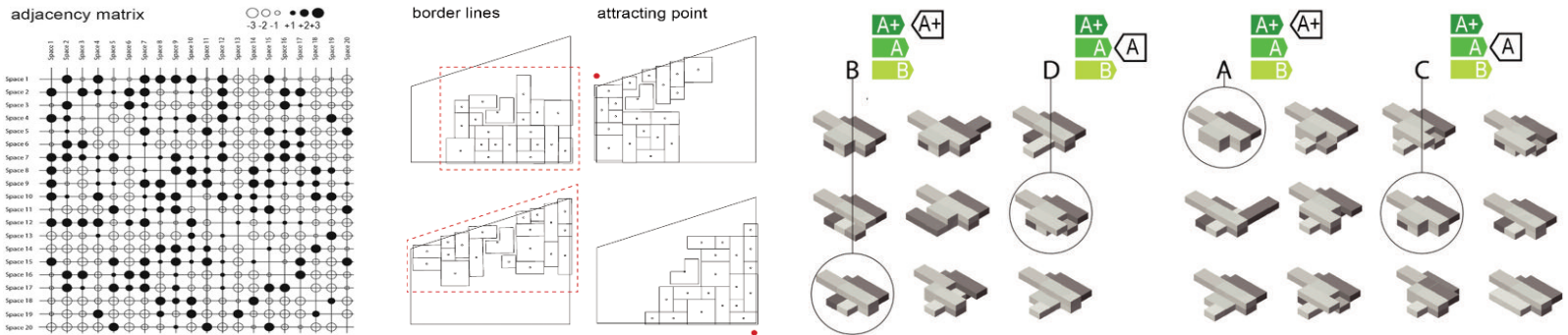


Fig. 18-20 - Application based on evolutionary algorithms for architectural morphological generation at the conceptual mass level (2016): Functional adjacency matrix; Rationalization of spaces based on frontier and punctual attractors; Families of phenotypes arranged on two energetically optimized planes in the Mediterranean climate.

the logical-rational certainties advocated from Le Corbusier (Schumacher, 2009, pp. 17, 18), but now unsuitable in front of the magnificent work of a blind watchmaker. The road is marked. We then proceed along these paths, but without ever forgetting that we are entrusting ourselves to a digital 'marking' that overshadows two possible and dangerous side effects: the eclipse of knowledge by simplified 'know-how', up to gamification for use by 'amateurs'; the entanglement in the tyrannical tautologies of the digital Mathema that is both an enriching and symbolic reduction of the world.

ACKNOWLEDGEMENTS

The article is the result of an integrated work between a research investigation and theoretical reflections where A. Saberi's collaborated on the development and application of some operational tools.

NOTES

- 1) Daisyworld is the famous experiment conducted in 1983 by J. Lovelock and A. Watson in which, through a software, the interaction between inorganic elements and living organisms was demonstrated. The model simulated the energy homeostasis of a planet populated by white daisies (responsible for cooling the planet thanks to a higher light reflection coefficient) and black daisies (responsible for warming the planet thanks to their light absorption capacity).
- 2) Thanatotechné. A concept in which technology offers itself as a tool of death to satisfy the needs of the power for domain, obtaining, in exchange, resources to fuel its development. In this dimension, technology becomes an absolute, that is – as Marcuse affirmed – untied from any bond and judgment that is not that of the instrumental rationality of sciences and economy. Finalité sansfin, according to Serres, since he is deprived of any project that is not that of his immense growth. More generally, for Foucault, technologies also become instruments of domination over life when they operate on behalf of politics as a biological normative instrument. Recently, Agamben has also faced the link between technology and death arguing how power can dispose of life and death without guilt. According to the philosopher, this condition derives from the fact that power placed itself in a state of perennial exceptionality where any law is suspended and humanity is thrown into a state of absolute 'nakedness', deprived of every right that could derive from the animal and social condition.
- 3) Negentropy is the term introduced in 1943 by E. Schrödinger to indicate the negative entropy or the conditions of order of a system. It is also used as a measure of deviation from normality.
- 4) Word-objects. Term coined by M. Serres to indicate artifacts (primarily for military uses) that produce effects

over time, space, speed and energy on a global scale or exceeding humanity dimension.

5) Meme is a concept coined by R. Dawkins in his work *The Selfish Gene* (1976). In analogy with biological evolutionism, in which the gene is the minimum element of perpetuation of living species, the meme represents the minimum unit of information which, by imitation, spread and support a socio-cultural system.

6) Objectile. Concept launched by the philosopher G. Deleuze that identifies objects of indeterminacy and capable of topological mutations. The theme had a vast impact on parametric design thanks to the work of B. Cache.

7) Digital Mathema. Neologism used to emphasize the character of universality and efficiency that binary language is acquiring, but also a new way of thinking about the world. The term mathema was introduced by Lacan to indicate a language that, through a sort of scientific formalization of mathematics, could confer features of objectivity to psychoanalytic discourse. Antecedents of this 'project' of integral transmission of knowledge are to be found in G. Leibniz's *Characteristica Universalis* through which philosophical disputes could have been resolved through forms of calculation and even before in the formal logic of Aristotle. Mathematics as a way of thinking draws inspiration from the developments of Badiou in which the mathema, beyond notation, becomes a form of thought of being outside of any factual manifestation.

8) The Fifth Freedom identifies the freedom of the free market according to a definition given in 1941 by the president of the United States H. Hoover in a speech to support the shipment of weapons to Europe. In a broader view of classical liberalism, this concept includes free initiative, private property and the right to exploit any kind of resources.

REFERENCES

Agamben, G. (1995), *Homo sacer*, Einaudi, Torino.

Alexander, C. (1967), *Note sulla sintesi della forma* [or. ed. *Notes on the Synthesis of Form*, 1964], Il Saggiatore, Milano.

Andia, A. and Spiegelhalter, T. (2015), *Post-Parametric Automation in Design and Construction*, Artech House, Boston.

Asimow, M. (1968), *Principi di progettazione* [orig. ed. *Introduction to Design*, 1962], Marsilio, Venezia.

Bansal, J. C., Singh, P. K. and Pal, N. R. (eds) (2019), *Evolutionary and Swarm Intelligence Algorithms*, Springer, Cham.

Bottazzi, R. (2018), *Digital architecture beyond computers: fragments of a cultural history of computational design*, Bloomsbury Publishing Plc, London.

Capra, F. (1988; I ed. 1982) *The turning Point. Science society and the rising culture*, Bantam Book, Toronto.

Carson, R. (1994; I ed. 1962), *Silent Spring*, Houghton Mifflin Company, Boston (MA).

Christian, D. (2004), *Maps of Time: An Introduction to Big History*, University of California Press, Los Angeles.

Cichočka, J. M., Migalska, A., Browne, W. N. and Rodriguez, E. (2017), "The Implementation of Particle

Swarm Optimization Algorithm in a Design Optimization Tool", in Çağdaş, G., Özkar, M., Gül, L. F. and Güner, E. (eds) (2017), *Computer-Aided Architectural Design. Future Trajectories*, Springer, Cham.

Crowley, J. E. (2001), *The invention of comfort. Sensibilities & design in Early Modern Britain & Early America*, The John Hopkins University Press, Baltimore-London.

Dawkins, R. (2006; I ed. 1976), *The self fish gene*, Oxford University Press, Oxford.

Dawkins, R. (1996; I ed. 1986), *The Blind Watchmaker*, W. W. Norton & Company, New York.

Deleuze, G. and Guattari, F. (2005), *A thousand plateaus: capitalism and schizophrenia* [orig. ed. *Mille Plateaux*, 1980], University of Minnesota Press, Minneapolis.

Deutsch, R. (2015), *Data-driven design and construction: 25 strategies for capturing, analyzing and applying building data*, Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.

Fitch, J. M. (1947), *American Building. The Forces that Shape it*, The Riverside Press, Cambridge.

Foucault, M. (1988), *Le parole e le cose* [orig. ed. *Les mots et les choses*, 1966], Rizzoli, Milano.

Frazer, J. (1995), *An Evolutionary Architecture*, Architectural Association Press, London.

Harman, J. (2011), *The Quadruple Object*, Zero Books, Alfreton.

Johnston, W. A. (2005), "Third Nature: The Co-Evolution of Human Behaviour, Culture, and Technology", in *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, vol. 9, n. 3. [Online] Available at: [https://psych.utah.edu/\\_documents/psych4130/Third\\_Nature.pdf](https://psych.utah.edu/_documents/psych4130/Third_Nature.pdf) [Accessed: March 2018].

Kennedy, J., Eberhart, R. C. and Shi, Y. (2001), *Swarm Intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco.

Kilian, A. and Ochsendorf, J. (2005), "Particle-spring systems for structural form finding", in *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, vol. 46, n. 148, pp. 77-84. [Online] Available at: <http://designexplorer.net/newscreens/cadenarytool/KilianOchsendorfIASS.pdf> [Accessed: May 2017].

Latour, B. (2017), *Facing Gaia. Eight Lectures on the New Climatic Regime* [orig. ed. *Face à Gaïa. Huit conférences sur le nouveau régime climatique*, 2015], Polity Press, Cambridge (UK) - Medford (MA).

Lovelock, J. (2000; I ed. 1979), *Gaia. A new look at the life on Earth*, Oxford University Press, Oxford.

Liu, C., Yang, J., Kohli, P. and Furukawa, Y. (2017), "Raster-to-Vector: Revisiting Floorplan Transformation", in *International Conference on Computer Vision*. [Online] Available at: <http://art-programmer.github.io/floorplan-transformation/paper.pdf> [Accessed: 13 January 2018].

Lynn, G. (2004), "Introduction", in AA. VV., *Folding in Architecture*, Wiley-Academy, Chichester.

Lynn, G. (1999), "Animate Form", in Lynn, G. (ed.), *Animate Form*, Princeton Architectural Press, New York (NY).

Lynn, G. (1998), *Folds, Bodies & Blobs. Collected Essays*, La Lettre Volée, Bruxelles.

Margulis, L. and Sagan, D. (1997; I ed. 1987), *Microcosmos*, University of California, Berkeley and Los Angeles



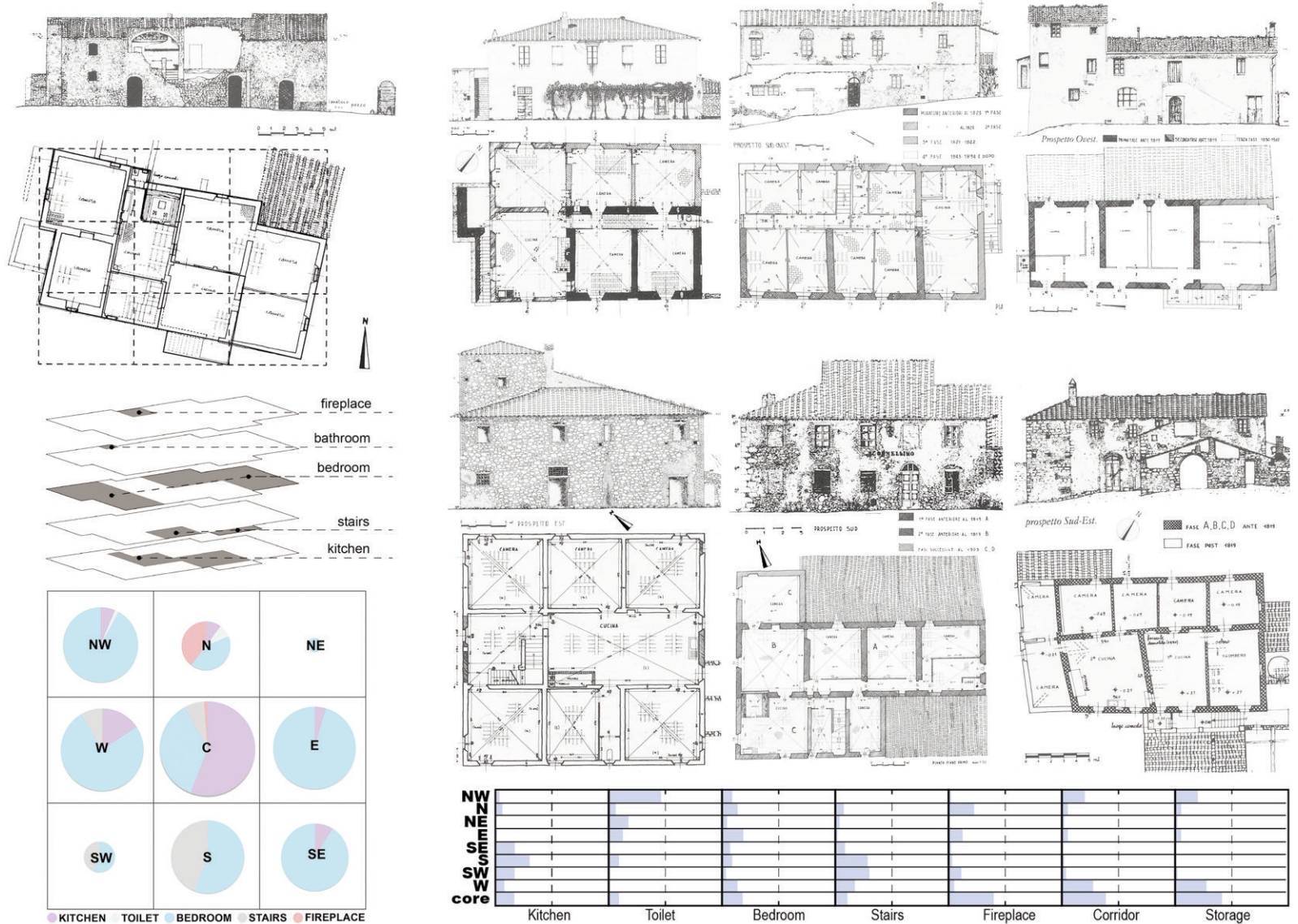


Fig. 21-26 - Instrument for statistical knowledge of the room orientation: Farmhouse main view; Application of the scanning grid on the plan layout; Layers for assigning functions; Space distribution output of the single house; Some specimens of the sample of historical colonies of the agricultural landscape in Volterra; Output of the rooms in the totality of the sample.

Press, Berkeley-Los Angeles-London.

Maslow, A. H. (1992), *Motivazione e personalità* [or. ed. *Motivation and Personality*, 1954], Armando Editore, Roma.

Maturana, H. R. and Varela, F. G. (1980), "Autopiesis: the Organization of the Living", in Maturana, H. R., and Varela, F. G. (eds), *Autopiesis and Cognition* [orig. ed. *De máquinas y seres vivos*, 1972], Reidel, Dordrecht, pp. 63-134.

Meadows, D. et alii (1972), *The Limits to Growth*, Universe Book, New York (NY).

Morton, T. (2018), *Being Ecological*, Pelican Book, London.

Mumford, L. (1952), *Art and Technics*, Columbia University Press, New York (NY).

Negroponte, N. (1975; 1 ed. 1970), *Soft Architecture Machines*, The MIT Press, Cambridge-London.

Naess, A. (1989), *Ecology, community and lifestyle* [or. ed. *Økologi, samfunn, og livsstil*, 1976], Cambridge University Press, Cambridge (UK).

Ridolfi, G. (2018), "Bim e simulazione ambientale nelle fasi iniziali del progetto", in Ceccherini Nelli, L. (ed.), *Soluzioni innovative di risparmio energetico per edifici Nearly Zero Energy*, Didapress, Firenze.

Ridolfi, G. and Saberi, A. (2016), "Learning Design Through Designerly Thinking: Holistic Digital Modeling in a graduate program in Architecture", in Styk, J. and Bezerra, L. (eds.), *Education for research. Research for Creativity*, Wydżiał Architektury Politechniki Warszawa-

wskej, Warszawa.

Ridolfi, G., Saberi, A. and Bakhshaei, O. (2019), "High | Bombastic. Adaptive skin conceptual prototype for Mediterranean climate", in Sayigh, A. (ed.), *Sustainable Building for a Cleaner Environment*. Springer, Cham.

Schumacher, P. (ed.) (2016), "Parametricism 2.0: Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century", in *Architectural Design*, vol. 86, pp. 18-23.

Schumacher, P. (2009), "Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design", in *Architectural Design*, vol. 79, issue 4, pp. 14-23.

Schumacher, P. (2008), *Parametricism as Style. Parametricist Manifesto*. [Online] Available at: <https://www.digitalmanifesto.net/manifestos/76/> [Accessed: July 2015].

Serres, M. (2011), *Betrayal: The Thanatocracy* [or. ed. "Trahison: la thanatocratie", in Serres, M. (ed.), *Hermès III: La traduction*, 1974], Édition de Minuit, Paris. [Online] Available at: [https://issuu.com/randisi/docs/serres\\_betrayal](https://issuu.com/randisi/docs/serres_betrayal) [Accessed: 18 March 2016].

Serres, M. (2006), *Revisiting the Natural Contract*, talk at Simon Fraser University on May 4. [Online] Available at: <http://www.sfu.ca/humanities-institute-old/pdf/Naturalcontract.pdf> [Accessed: 24 March 2016].

Serres, M. (1998), *The Natural Contract* [orig. ed. *Le contract Naturel*, 1990], The University of Michigan Press, Ann Arbor (MI).

Vagnetti, L. (1973), *L'architetto nella storia di Occidente*, Teorema Edizioni, Firenze.

Wiener, N. (1966), *Introduzione alla cibernetica* [orig.

ed. *The human use of human beings. Cybernetics and Society*, 1950], Bollati Boringhieri, Torino, pp. 203-204.

Woodbury, R. (2010), *Elements of parametric design*, Routledge, Abingdon.

<sup>a</sup> GIUSEPPE RIDOLFI, Architect, he is Associate Professor at the Department of Architecture, University of Florence (Italy) teaching Environmental Design. Member of the Teaching Committee for the BIM Master in Project and Collaborative Processes in New and Existing Buildings, he carried out planning for University and hospital complexes, studies and consultancy for public and government agencies. He is the Director of the Mailab laboratory. E-mail: giuseppe.ridolfi@unifi.it

<sup>b</sup> ARMAN SABERI, PhD student in Architectural Technology at the University of Florence, he is involved in architectural visualization, animation, parametric and generative design mainly in the energy field, carrying out research, design consultancy, teaching assistance and teaching. He is a member of the Mailab research laboratory. E-mail: arman.saberi@unifi.it