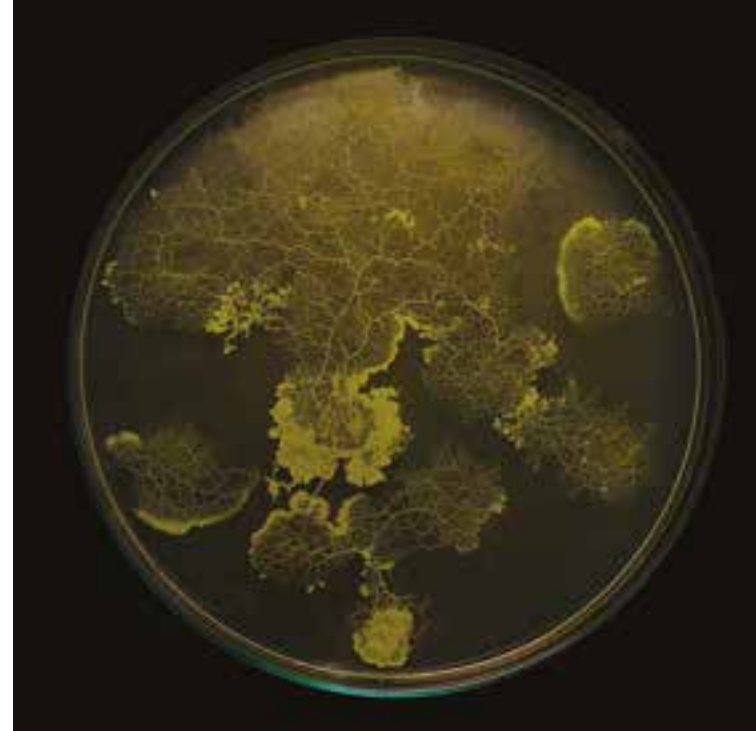


DeepGreen

Coniugare intelligenza biologica e artificiale nella progettazione urbana

Coupling biological and artificial intelligence in Urban Design

La computazione ubiqua ci permette di decifrare la dimensione antropica della Biosfera, quella che gli autori chiamano *Urbansphere*, o *Sfera Urbana*, (Pasquero, Poletto, 2020). Questa prospettiva macchinica svela una nuova realtà post-antropocentrica, in cui l'impatto dei sistemi artificiali sulla biosfera naturale è davvero globale, ma la loro azione non è più interamente umana. Questo articolo intende analizzare un protocollo di progettazione della *Sfera Urbana*, o quello che potremmo definire l'urbanizzazione del non umano, intitolato *DeepGreen*. Con lo sviluppo del *DeepGreen* gli autori e il loro team stanno testando il potenziale per portare l'interdipendenza dell'intelligenza digitale e biologica al centro della ricerca nell'ambito della progettazione architettonica e urbanistica. Un obiettivo raggiungibile attraverso lo sviluppo di un nuovo flusso progettuale bio-computazionale che consente di abbinare ciò che viene disegnato algoritmicamente con ciò che viene coltivato biologicamente (Pasquero, Poletto, 2016). In particolare l'articolo illustra il caso degli algoritmi GAN (Rete Generativa Avversaria) (Radford et al. 2015), e come questi possano essere addestrati a *comportarsi* come un *Physarum Polycephalum*, un organismo unicellulare dotato di sorprendenti capacità computazionali e comportamenti auto-organizzati che l'hanno reso popolare tra scienziati e ingegneri (Adamatzky, 2010). (Fig.1). Il GAN *Physarum* debitamente addestrato è oggi distribuito da *ecoLogicStudio* come strumento di progettazione urbana IA con l'obiettivo di sviluppare visioni per l'evoluzione futura di città come Parigi e Venezia all'interno di un quadro concettuale non umano. Questo lavoro sperimentale è attualmente parte della XVII Biennale di Architettura di Venezia, visibile presso la mostra *Future Assembly* ai Giardini e al Padiglione Italia all'Arsenale. Questo approccio sta anche ispirando una serie di applicazioni per risolvere problemi più urgenti con le città partner, nell'ambito del Programma di Sviluppo delle Nazioni Unite UNDP, con il loro fondo per l'innovazione e il *City Experiment Fund*. L'obiettivo di questi *casì di studio* è fornire alle comunità locali, alle città e ai governi gli strumenti più avanzati per riprogrammare le città globali per un mondo post-pandemia più sicuro e più sano. Con l'uso integrato del telerilevamento, dell'analisi dei *Big data* e dell'intelligenza artificiale, il *DeepGreen* viene utilizzato per valutare le vulnerabilità urbane e trovare soluzioni specifiche di progettazione e pianificazione urbana per ottenere un impatto immediato e duraturo. Infine, *ecologicstudio* sta lavorando per un'applicabilità generale del protocollo *DeepGreen*, per la sua scalabilità e per una sua adozione su larga scala. Questo proposito sta portando a una valutazione critica dell'attuale paradigma della pianificazione del verde urbano e del significato concettuale e pratico del *re-greening* urbano nella realtà attuale, in crisi e post-antropocentrica. Gli autori, simulando la capacità dei sistemi viventi nel processo di crescita e integrazione in una nuova infrastruttura bio-digitale urbana, sfidano la natura stessa della città, intesa ora come *Sfera Urbana*, che ne evidenzia la scala planetaria e la natura intrinsecamente sistemica. (Fig.2)



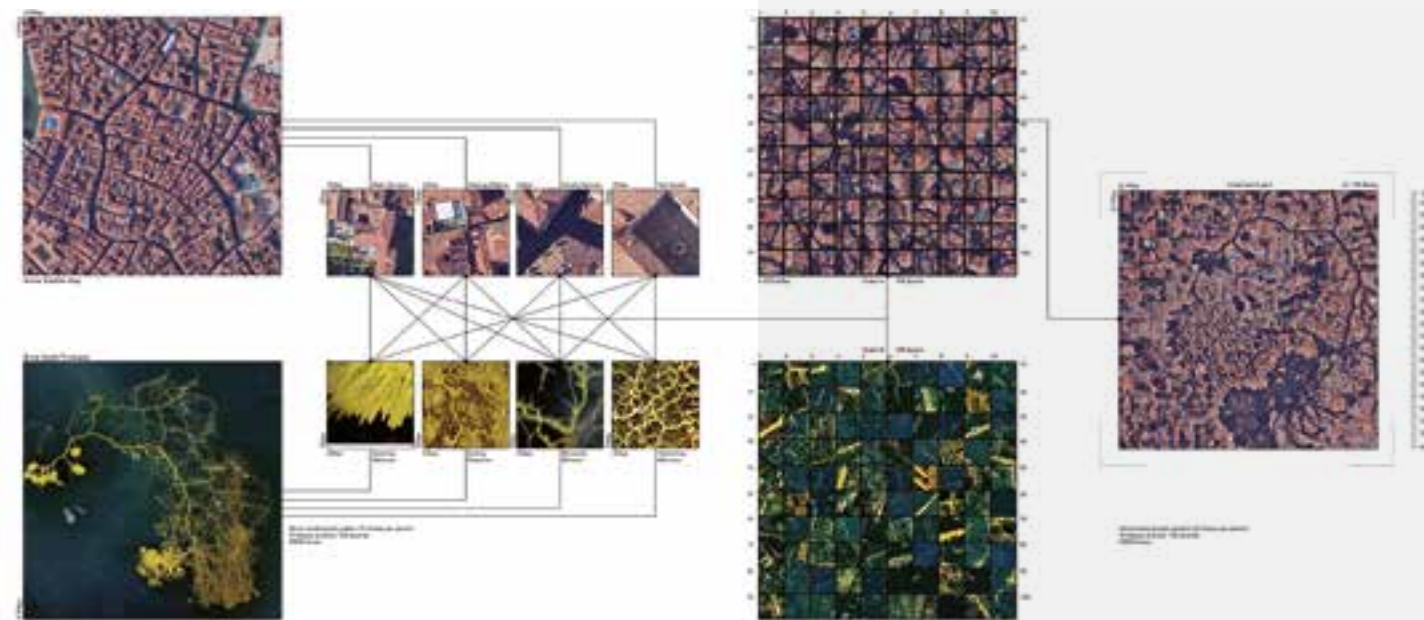
Ubiquitous computing enables us to decipher the Biosphere's anthropogenic dimension, what the authors call the *Urbansphere* (Pasquero, Poletto, 2020). This machinic perspective unveils a new post-antropocentric reality, where the impact of artificial systems on the natural Biosphere is indeed global, but their agency is no longer entirely human. This article explores a protocol to design the *Urbansphere*, or what we may call the urbanization of the non-human, titled *DeepGreen*. With the development of *DeepGreen* the authors and their team are testing the potential to bring the interdependence of digital and biological intelligence at the core of architectural and urban design research. This is achieved by developing a new bio-computational design workflow that enables pairing what is algorithmically drawn with what is biologically grown (Pasquero, Poletto, 2016). In particular the article illustrates the case of GAN (Generative Adversarial Networks) algorithms (Radford et al. 2015), and how they can be trained to *behave* like a *Physarum Polycephalum*, an unicellular organism endowed with surprising computational abilities and self-organizing behaviours that have made it popular among scientist and engineers alike (Adamatzky, 2010). (Fig.1). The trained GAN *Physarum* is now deployed by *ecoLogicStudio* as an AI urban design tool with the aim to develop visions for the future evolution of cities like Paris and Venice within a non-human conceptual framework. This experimental work is currently part of the 17th Venice Biennale of Architecture, visible at the Future Assembly in the Giardini section and at the Italian Pavilion in the Arsenale. The approach is also inspiring a number of applications to solve more pressing issues with partner cities, within the framework of the United Nations Development Programme UNDP, with their innovation facility funding and the City Experiment Fund. The aim of these case studies is to provide local communities, cities and governments with the most advanced toolset to reprogram global cities for a safer and healthier post-pandemic world. With the integrated use of remote sensing, big data analysis and Artificial Intelligence, *DeepGreen* is deployed to assess urban vulnerabilities and find specific urban design and planning solutions to achieve immediate and long-lasting impact. Ultimately, *ecologicstudio* is working towards a general applicability of the *DeepGreen* protocol, its scalability and possible widespread adoption. This ambition is leading to a critical assessment of the current paradigm of urban green planning and the conceptual and practical significance of urban re-greening in the current, crisis-ridden, post-antropocentric, reality. While simulating the capacity of living systems in the process of growing and becoming part of a new urban bio-digital infrastructure, the authors are challenging the nature of the "city" itself, now understood as an *Urbansphere*, which highlights its planetary scale and its inherently systemic nature. (Fig.2)

Sviluppo di un flusso di progettazione bio-digitale. Imparare a interpretare grandi quantità di dati di telerilevamento dalla prospettiva unica garantita dal GAN *Physarum* consente un'indagine più approfondita del significato contemporaneo dei concetti di pianificazione tradizionali come zona, confine, scala, tipologia e programma. Questo processo introduce nuove metriche spaziali per misurare l'autosufficienza delle città, valorizzando quelle che gli economisti chiamano *esternalità* verso altri sistemi sociali ed ecologici (Mazzuccato, 2017). Uno specifico flusso di progettazione bio-computazionale genera una serie di dati di addestramento compatibili per il GAN *Physarum*. Il flusso di lavoro include quattro principali livelli di calcolo: lettura dei dati in ingresso, analisi biotico-abiotica, analisi della rete e, infine, modellazione di scenari. Per l'analisi del primo livello vengono utilizzate tecniche avanzate di progettazione algoritmica per leggere grandi quantità di dati da fonti satellitari, SIT e Modello Digitale di Elevazione (Pasquero, Poletto, 2017). I livelli 2 e 3 riconoscono e analizzano la morfologia della città, il paesaggio circostante e le reti delle risorse. L'analisi produce mappe di densità e sistemi di percorsi per diversi sistemi urbani come biomasse, raccolta dell'acqua, energia solare, rifiuti comunitari e così via. Queste mappe diventano insiemi di dati di addestramento per il GAN *Physarum*. (Fig.3)

Addestramento e valutazione del GAN Physarum. Gli algoritmi della cycleGAN appartengono alla classe dei *framework di machine learning* (Zhu et al. 2017). Implicano un addestramento automatico non supervisionato di modelli di traduzione di un'immagine da un dominio all'altro senza esempi accoppiati. In questo caso, il dominio delle immagini *source* e delle immagini *target* si riferisce alle fette di due immagini-input effettive che appartengono a due diversi domini, quello urbano e quello biologico. Gli algoritmi della cycleGAN sono implementati al livello quattro del flusso generale del *Deep Green* e il processo può essere ulteriormente suddiviso in quattro fasi per un'illustrazione più chiara. La prima fase descrive la preparazione delle

immagini che verranno utilizzate come input nell'addestramento. La seconda fase è l'addestramento dell'algoritmo basato su questi insiemi di dati. Il modello è addestrato a rilevare la morfologia urbana delle città oggetto di studio e i modelli di crescita biologica del *Physarum polycephalum*. Durante l'addestramento, l'algoritmo esegue tipicamente 200 *epoche*, durante le quali si automigliora. In questa fase, i modelli sono sufficienti per generare sezioni plausibili nel dominio target ma non sono traduzioni della sezione di input. Ciò avviene nella terza fase, la fase di verifica, durante la quale l'algoritmo traduce i pattern bio-computazionali nella città oggetto di studio. Nella quarta fase tutte le tessere risultanti vengono ricombinate e l'immagine finale viene ricreata. Ciò produce una visione satellitare a colori degli scenari della morfologia urbana per l'integrazione dei sistemi biotici e abiotici all'interno del paesaggio urbano (Fig.4).

Conclusioni. Dai test condotti finora emerge che una maggiore risoluzione nella generazione di insiemi di dati analitici nelle città oggetto di studio si traduce in una più realistica modellazione di scenari. (Fig.5). È noto che le città contemporanee condividono comportamenti emergenti unici e modelli di crescita auto-organizzati con organismi come il *Physarum polycephalum* (Tero et al. 2010), pertanto il metodo *DeepGreen* possiede il potenziale per evolversi in un efficace modello di pianificazione urbana. Al suo centro c'è il potenziale per catturare la comprovata intelligenza del *Physarum polycephalum*, emergente, distribuita e inclusa, per progettare città capaci di cercare le opportunità di co-evoluzione all'interno del paesaggio urbano esteso e in grado di trovare risorse non sfruttate riducendo al minimo la spesa per l'energia necessaria a svolgere questi incarichi fondamentali per la sopravvivenza. Una città fatta da umani, per cittadini umani e non umani progettata da una nuova forma di intelligenza inumana. (Fig.6).



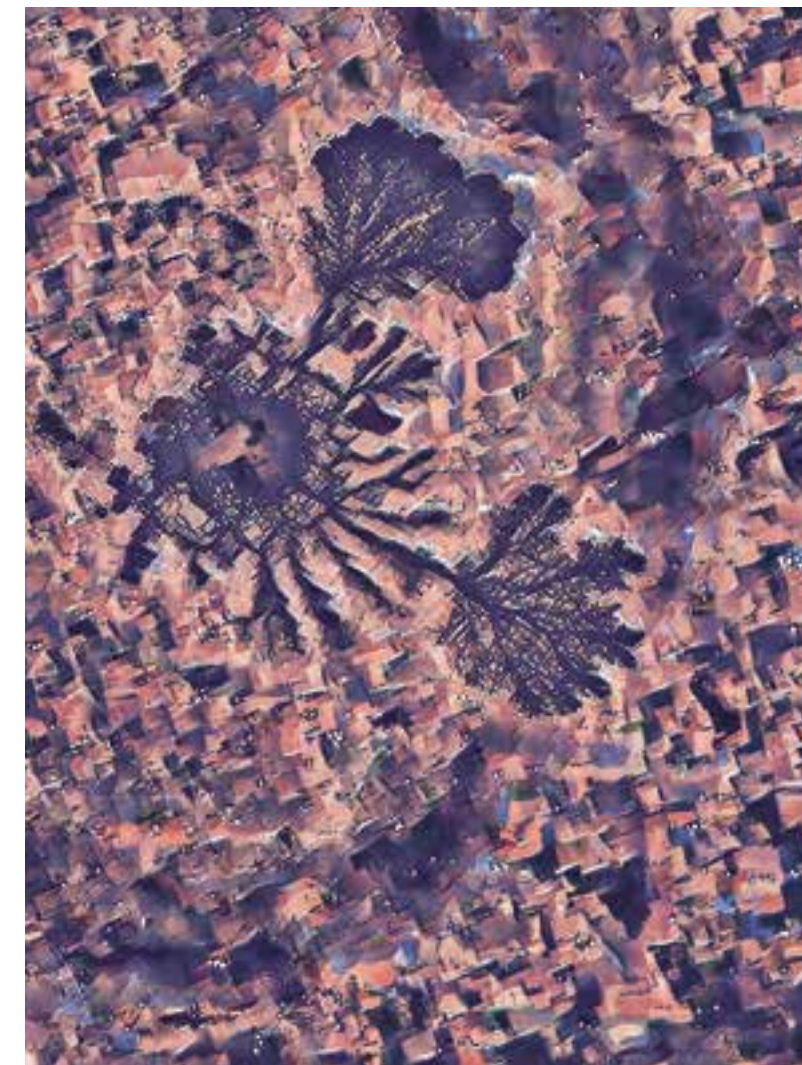
Developing a bio-digital design workflow. Learning how to interpret large remote sensing data sets from the unique perspective granted by GAN_Physarum, enables a deeper enquiry into the contemporary significance of traditional planning concepts such as zone, boundary, scale, typology and program. This process introduces new spatial metrics to measure cities' self-sufficiency, valuing what economists call "externalities" towards other societal and ecological systems (Mazzucato, 2017). A specific bio-computational design workflow generates consistent training datasets for GAN_Physarum. The workflow includes four main levels of computation. Input data reading, biotic-abiotic analysis, network analysis and finally scenario modelling. For the first level analysis, advanced algorithmic design techniques are used in order to read large data sets from satellite, GIS and Digital Elevation Model sources (Pasquero, Poletto, 2017). Level 2 and 3 recognize and analyze the morphology of the city, the surrounding landscape and the resources' networks. The analysis produces density maps and path systems for several urban systems such as biomass, water collection, solar energy, community waste and so on. These maps become training datasets for GAN_Physarum. (Fig.3)



Training and testing GAN_Physarum. cycleGAN algorithms belong to the class of machine learning frameworks (Zhu et al. 2017). They involve an automatic unsupervised training of image-to-image translation models without paired examples. In this case, the domain of sources images and target images refer to the slices of two actual input-images that belong into two different domains, the urban and the biological. cycleGAN algorithms are deployed at level four of the overall *DeepGreen* workflow and the process can be further divided in four phases for clearer illustration. The first phase describes the preparation of the images that are going to be used as inputs in the training. The second phase is the training of the algorithm based on these input-datasets. The model is trained to detect the urban morphology of case study cities and the biological growth patterns of Physarum polycephalum. During the training the algorithm typically runs 200 epochs over which it self-improves. At this stage, the models are sufficient for generating plausible slices in the target domain but are not translations of the input slice. This occurs in the third phase, the testing phase, during which the algorithm translates the bio-computational patterns onto the cases study city. In the fourth phase all resultant tiles are recombined and the final output image is recreated. This produces a true color satellite vision of the urban morphology testing scenarios for the integration of biotic and abiotic systems within the urban landscape (Fig.4).



Conclusions. From the testing conducted so far, it emerges that higher resolution in the generation of analytical datasets on the case study cities results in more realistic scenario modelling. (Fig.5). It is known that contemporary cities share unique emergent behaviours and self-organizing growth patterns with organisms like Physarum polycephalum (Tero et al. 2010), therefore the *DeepGreen* method has the potential to evolve into an effective urban planning model. At its core lies the potential to capture the proven intelligence of Physarum polycephalum, emergent, distributed and embodied, to design cities capable of searching for the opportunities of co-evolution within the expanded urban landscape, able to find untapped resources while minimizing the expenditure of energy required to accomplishing these fundamental survival tasks. A city made by humans, for both human and non-human citizens and planned by a new form of in-human intelligence. (Fig.6).



References:
 Pasquero, Claudia and Poletto, Marco. 2020. 'Culturalising the microbiota : From High-Tech to Bio-Tech Architecture'. In 'The Routledge Companion to Paradigms of Performativity in Design & Architecture.' edited M. Kanaani. New York: Routledge. Pasquero, Claudia and Poletto, Marco. 2016. 'Cities as biological computers'. In 'arq. Architectural Research Quarterly.' edited R. Armstrong. Cambridge university press. Radford, Alec. Metz, Luke. Chintala, Soumith. 2016. 'Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks' ICLR 2016 Adamtzky, Andrew. 2010. Physarum Machine. World Scientific. Mazzucato, Marianna. 2017. The Value of Everything. Penguin Economics. Pasquero, Claudia and Poletto, Marco. 2017. 'Solana Open Aviary. In '4D: Hyperlocal.' edited L. Bullivant. John Wiley & Sons. Zhu, Jun-Yan. Park, Taesung. Isola, Phillip. Efros, Alexei. 2017. 'Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks' Berkeley AI Research (BAIR) laboratory, UC Berkeley. A. Tero, S. Takagi, T. Saigusa, K. Ito, D. P. Bebbler, M. D. Fricker, K. Yumiki, R. Kobayashi, T. Nakagaki. Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design. Science, 2010; 327 (5964): 439 DOI: 10.1126/science.1177894