

## Abstract

The last report of the Intergovernmental Panel on Climate Change highlights the need to contain the rise in temperatures by + 1.5 °C to avoid catastrophic consequences and devastating environmental alterations. What would happen if that goal was not achieved? What scenario will we face with extreme climate change due to a rise in the average temperature of over 4 °C? What actions could be implemented? The paper takes inspiration from these questions and investigates the role that *green* and *green technologies* can play in order to preserve "survival needs" in a dystopian environmental context. Based on a critical reading of recent research and emblematic case studies, the work highlights the potential and limits of the green, codifying four innovative strategic design approaches, classified into homogeneous clusters, responding to the "survival needs" mentioned by Y. Friedman in his essay on the Architecture of Survival.

**Keywords:** climate change, green, green technologies and green infrastructure, NBS, climate pessimism.

## 1. Introduction

*Living means having water and food [...] if we try to classify the things that are essential for our existence, depending on the time we can live without, we will get the following order: air, climate protection, water, food. All other needs come much later " [1].*

Friedman's words appear extremely current if compared with the alarming forecasts recently published in the last report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [2], according to which the increase in the earth's temperature must be contained within 1.5 °C compared to pre-industrial levels. Only by remaining within this limit, in fact, it would be possible to avoid, or at least make bearable, the environmental transformations induced by global warming. Contrariwise, an increase of more than 1.5°C would involve extreme climatic upheavals with very strong alterations of the Earth's ecosystem, such as, for example, rising seas, increasing extreme rainfall phenomena, typhoons, desertification of areas Mediterranean.

With the aim of defining strategies, tactics and actions to be adopted in order to reduce emissions of climate-changing gases (GHG), the main causes of the greenhouse effect and global warming, since the 1990s agreements (Rio 1992 Agreement, Paris Agreement 2015), protocols (Kyoto Protocol 1998) and specific

regulations (GPP - CAM) have been signed by multiple States. International research has also moved in this direction to make its own contribution, as highlighted by the recent H2020 calls, focused on issues linked to climate change (CC) and the reduction of GHG emissions.

But what if the goal of limiting the rise in temperatures to +1.5 °C will not be achieved? What scenario will we face with extreme climate change due to a rise in the average temperature of over 4 °C? What strategies and technologies could be applied to ensure the survival of most urban settlements? In this new environmental landscape, what will be the role of *green* and *green technologies*?

## 2. Objectives, originality of the contribution, methodology

The paper takes its cue from the research questions and investigates the role that *green* and *green technologies* can have in order to preserve the "survival needs" identified by Friedman in a scenario of extreme and pessimistic environmental change, or with a growth of average temperature above 1.5 °C. Although several studies have already analyzed the role of *green* within the urban system, investigating its regenerative capacities from an environmental, social and economic point of view, few of these have tackled the theme by expanding the time and requirement horizon, confronting themselves with a dystopia environmental context, strongly altered in its essential characteristics.

The work was developed through a review of recent research, selected in the main scientific journals in the sector, and emblematic case studies, selected for their exceptional nature, for their innovative approach and recognized quality. The case studies were analyzed highlighting innovative aspects, statistical data, qualitative and quantitative effects of the adopted strategies. Based on this analysis work, four innovative approaches have been defined and classified into homogeneous clusters, responding to the "survival needs" described in Friedman's writings.

The paper, a summary of a more extensive research, will be structured in sections. Section 3.1 will describe the "amplified" requirement picture based on pessimistic climate forecasts, defining dystopia but futuristic environmental scenarios. Section 3.2 will offer a critical reading of research, experiments, technologies and projects based on the use of green, highlighting the most innovative aspects adopted. In section 4, on the basis of this review, potential, limits and possible new trends and innovative research axes will be analyzed.

## 3. Climate change and Green-Tech

### 3.1 A new framework of survival needs in a dystopian ecosystem

The recent IPCC 2018 report describes the possible consequences linked to an extreme increase in temperatures, foreshadowing scenarios characterized by phenomena such as the rising of sea levels, the increase in typhoons, hurricanes and torrential rains, the intensification of desertification phenomena in Mediterranean climates and the growth of many other already existing environmental problems such as air pollution, soils and groundwater, biodiversity reduction. These phenomena involve a radical transformation of the ecosystem and serious consequences for all the species that inhabit it. Dystopian scenarios, induced by extreme climate change and characterized by landscapes no longer suited to hosting human life as we know it now, are described not only by recent scientific reports<sup>1</sup>, but also by visionary artists, who built, in the course of the last century, that genre now known as *Climate fiction*<sup>2</sup>. Precisely the *Climate fiction* shows a new planet in which, recalling Friedman's words, the need for breathable air, environmental protection, food and water, in such a altered ecosystem, would become questions difficult to answer due to the inadequacy of our cities.



Fig.1 - Possible dystopian scenarios taken from the Climate fiction: Mad Max in the upper left corner, Water World in the lower left, Blade Runner on the right.

### 3.2 Green-Tech

In an extreme and inhospitable environmental context, *green* could become the central element thanks to which activate processes of transformation of current urban settlements with the aim of redefining its structure, functioning and, more generally, the possibilities of satisfy the *survival needs* just defined. A green that cannot be understood only as a natural and traditional biotic components but must be understood as an "amplified" element in its essence, enhanced in its regenerative capacity,

transformed and adapted also thanks to the use of innovative technologies [3]. Green that we define here as *Green-Tech*, an hybrid system that combines the use of more traditional elements with innovative technologies capable of coping with new survival needs, such as cleaning the air (3.2.1), fighting overheating urban (3.2.2) and urban flooding phenomena (3.2.3), the production of food resources (3.2.4).

### 3.2.1 Green and air

Air pollution, today one of the main causes of death [4], is a phenomenon induced by human activities and mainly affects large cities and metropolises. The negative consequences due to the presence of fine particles in the air, produced mainly by urban mobility and energy production processes, are aggravated by urban overheating and by CC. To tackle these problems, some virtuous administrations are experimenting innovative urban strategies that aim on the one hand to reduce emissions, through specific policies on mobility or on the reduction of energy consumption, on the other to favor the absorption of harmful substances through urban re-naturalization processes. A first example is represented by the experience of the "vertical forest", designed by the Boeri Architetti studio in Milan, capable of absorbing 50 tonnes of CO<sub>2</sub> per year. The same concept has been adopted at international level in the "Forest City" in Liuzhou (China), a city of new foundation for 30,000 inhabitants, able every year to absorb about 10,000 tons of CO<sub>2</sub> and 57 tons of fine dust, producing about 900 tons of oxygen. A similar approach was also developed by the architect Vincent Callebaut, who conceives the French capital of 2050 as a great green ecosystem, in which nature redefines the image of bridges, towers, public spaces, productive areas with the aim of building a smart city capable of reducing its emissions by 75%. Utopian images that find concrete achievements in the recent Jade Eco Park, designed by Philippe Rahm, Mosbach paysagistes and Ricky Liu & Associates, built in Taichung, Taiwan, and characterized by innovative technological devices capable of manipulating environmental conditions. Among these we can mention some green tech devices such as "depolluting devices" that use natural or artificial technologies in order to reduce air pollution, thanks to the purifying capacity of plants or of technological systems that act as urban filters inserted in the park [5].

### 3.2.2 Green and climate

Global warming is one of the main effects due to the emission of greenhouse gases into the atmosphere and is contributing to accentuating the heat island phenomenon [6], making our cities difficult to live during summer periods and real traps for vulnerable groups, as evidenced by the deaths attributable to the strong heat waves that characterized the last summers [7]. Many studies have been conducted to try to find suitable solutions to reduce the negative effects of this problem. Alongside those studies that have highlighted the importance of materials and their ability to reflect solar radiation [8-10], we find other studies

that have instead highlighted the positive role of green and re-naturalization processes [11-15]. The principles codified by these researches find application in recent architectural experiments that have placed nature and green at the center of the construction process, as shown by some public space projects. In Zurich, for example, the MFO Park enters through a large metal pergola, a volume of 25,000 m<sup>3</sup> of greenery in the neighborhood, while Oerliker Park introduces a large urban via with over 1,000 new trees planted, intended in the first instance to define the park and then, once grown, can be replanted according to urban needs. A similar project was also developed in Bordeaux by the landscape designer Desvigne, who planned the construction of important green spaces near the Garonne, covering an area of 220 hectares. Alongside the public green project, another variation has been experimented by Patrik Blanc with his innovative vertical green facades now replicated all over the world. These systems are capable of absorbing about 0.5 t of GHG gas per year per square meter producing the required amount of oxygen for one person. Alongside the advantages linked to air quality, these systems contribute to reducing the heat island effect, reducing the internal temperature up to 5 °C and the surface temperature up to -30 °C, compared to traditional coatings such as bricks, metal or concrete panels. Green is finding its pragmatic declination even in recent urban strategies codified by administrations, such as for example Bratislava and Bremen, which also through European funds, are redeveloping their urban centers [7], implementing green in public spaces and roofs of existing buildings, conforming to the visions of administrations that have long been working on these issues such as Lyon, Barcelona, Copenhagen.

### 3.2.3 Green and Urban flood

Increased due to CC, extreme precipitations and phenomena such as typhoons or hurricanes are one of the main problems that make our cities more and more fragile, highlighting their inability to adapt to the climate change. To cope with this situation, many administrations are carrying out research and developing innovative strategies, often based on the use of green. One of the first researches, which involved several international architecture offices, was conducted in New York, within the "Rising Current" event organized at MOMA PS1 in 2010. The research aims to identify possible innovative strategic approaches to cope with flooding phenomena, using the Manhattan peninsula as a case study. Among the strategies proposed, the one defined as "a new urban ground", developed by the team composed of ARO and Dland, is of particular interest. The project proposes a new green soil capable of altering urban permeability and redefining the water cycle in an innovative way, favoring lamination, recovery, infiltration processes and defining a new public and natural ecosystem capable at the same time of protecting the city and building new social spaces [16]. The idea of developing a new waterfront capable of combining public spaces and ecosystem services through the use of

green infrastructure is at the basis of BIG's "Dryline" project, winner of a competition, now under development and shown at the Venice Biennale of 2018. The project proposes a large new green ring wall that redefines the edge of the Manhattan waterfront, welcoming public spaces, nature and services for the inhabitants with the aim of protecting the city from the rising of the sea and at the same time transforming by 2050 the city into "Humanhattan", a city on a human scale. Similar strategies are developed in many cities in northern Europe, in order to cope with a future characterized by extreme rains and rising sea levels. Copenhagen, for example, is developing a renovation project for some existing neighborhoods, placing water cycle management at the center of the design process. The Skt Kjelds District project, developed by the Tredje Natur studio, and the Nørrebro district project, developed by the SLA studio, replace parts of asphalted surfaces (up to over 25%) with large green surfaces and Natural Based Solutions (NBS) with the aim of favoring infiltration and rolling processes, reducing the risk of flooding.

### 3.2.4 Green and urban farming

Recent urban experiments show how the use of innovative green technologies can be a valid system for the production of food, becoming a real alternative to the traditional system of agriculture - farming that could be inadequate due to the phenomenon induced by the CC, such as raising of sea levels, desertification processes, extreme rainfall. Aerofarms, for example, are large farms for food production that integrate innovative technologies such as hydroponics and artificial LED lights [17]. These systems allow to produce food into indoor spaces, using advanced, intelligent, technological systems that could generate soil, water, energy and time saving. Alongside hydroponics, we can recall the aquaponics system, that is a system based on the principles of the circular economy that makes it possible to systematically plant the production of vegetables with fish farming [18]. These innovative approaches have found their application in different urban experiences. In London, inside a disused tunnel, for example, the company Growing-underground is experimenting with the production of food through hydroponic systems and artificial LED lights, reducing water consumption by over 70% [19-20]. In many Asian cities these systems are finding application on the roofs of existing buildings, allowing food to be produced locally and thus reducing the environmental costs due to transport. This approach has also become an important topic of architectural research, as evidenced by recent experiences of some international studies, which are developing hybrid buildings that combine food production with product trade (SOA), buildings for urban vertical farming (Ilmelgo), self-sufficient and sustainable neighborhoods (Effect), buildings that use innovative facade devices that integrate sunscreen systems with panels that allow the production of algae to be used to produce energy or for edible use (BIQ House by Arup).

### 4. Green possibilities

The good practices and the

scientific research analyzed allow to highlight different design approaches able to rethink green in an innovative way in order to cope with those new "survival needs" due to extreme climate change. With the aim of emphasizing the possible nuances of the use of green as a project "ingredient", the heterogeneous set of design actions identified in the case studies has been critically reorganized into four homogeneous strategic approaches, capable of hybridizing the use of green in the traditional sense with approaches based on the use of innovative technologies.

CASE STUDIES	NOTES
<b>1. Green and air</b>	
Bosco Verticale, Milano, Boeri Architetti.	-50 T CO <sub>2</sub>
Forest City, Liuzhou, Boeri Architetti.	- 10.000 T CO <sub>2</sub>
Paris 205, Paris, Vincent Callebaut.	- 75% GHG emission
Jade Eco Park, Taichung, Philippe Rahm + Mosbachpaysagistes + Ricky Liu & Associates.	+ Depolluting devices
<b>2. Green and climate</b>	
MFO Park, Zurigo, Burckhardt + Raderschallpartner.	+25.000 m <sup>3</sup> of green
Oerliker Park, Public administration.	+ 1.000 trees
Urban Vivarium, Bordeaux, Desvigne.	220 ha of trees
Green facade, Patric Blanck	For 1 m <sup>2</sup> , - 0.5 TCO <sub>2</sub> , + ossigeno for 1 person/year, - 5°C indoor temperature, up to - 30 °C of surface temperature
Bratislava, Public Administration	Green roof
Brema, Public Administration	Green roof
Lyon, Public Administration	Green planning
Barcelona, Public Administration	Green planning
Copenhagen, Public Administration	Green planning
<b>3. Green and Urban flood</b>	
Rising Current, NY, ARO + Dland	NBS Technologies
Dryline, NY, BIG	16 KM of green infrastructure
Skt. Kjelds District, Copenhagen, Tredje Natur	+25% of NBS Technologies on street surface
Nørrebro, Copenhagen, SLA	NBS Technologies
<b>4. Green and urban farming</b>	
Growing-underground, Londra	-70% water consumption
Urban farming, SOA	Food production
Urban farming, Ilmelgo	Food production
Urban farming, Effect	Food production
BIQ House, Amburgo, Arup	algae production

Tab.1 - The table summarizes and compares the data identified by reading the good practices described in the article

In particular, the case studies have shown (Tab. 1) that green can become a constituent part of the building's envelope itself or guide the regeneration processes of public spaces, contributing to the improvement of air quality and the fight against urban overheating, favoring on the one hand the increase of shading, on the other principles of evapotranspiration and reduction of air temperature. The green design also offers sample opportunities for managing the

water cycle, integrating ecosystem services throughout the public space, which is redesigned as a place for social and environmental hybridization. Finally, green becomes a structuring element to rethink the food self-sufficiency of cities. Thanks to innovative technologies, it is indeed possible to redefine the productive relationship between the urban system and the countryside, introducing agricultural production in the heart of the same cities, thus overcoming the dichotomy that has always characterized the city-country relationship and which has been well represented in the painting of the "good governance" of Lorenzetti. In conclusion, the analyzed case studies show that the green design is a fundamental element for the future development of our cities and for their survival. Green design that must increasingly become a subject of research and study to foster processes of technological innovation capable of "amplifying" the positive externalities identified by the present work and favoring urban transitino processes capable of coping with that "survival requirement" described by Friedman [1].

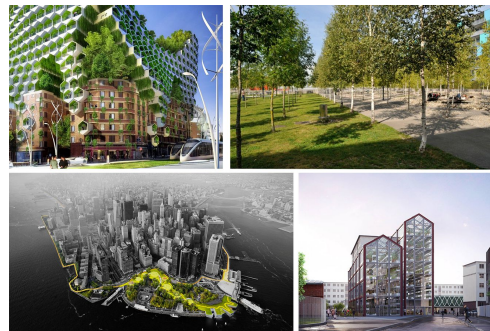


Fig. 2. Possible examples of the four approaches identified. Intensification of the greenery on the buildings in the upper left (Vincent Callebaut), increase in the greenery at the urban level in the upper right (Oerliker Park) and in the lower left (BIG), vertical urban farming in the lower right (Ilmelgo).

## REFERENCES

- [1] Friedman, Y., 2009. L'architettura di sopravvivenza. Una filosofia della povertà Bollati Bo.,
- [2] IPCC, 2018. IPCC REPORT 2018,
- [3] Desvigne, M., 2008. Intermediate Natures Birkhauser.,
- [4] EEA, 2012. Air quality in Europe, Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2012>.
- [5] Orsini, F., 2018. Tecnologie di superficie, Firenze: ALTRALINEA EDIZIONI.
- [6] Oke, T.R., 1973. City size and the urban heat island. Atmospheric Environment, 7(8), pp.769-779.
- [7] Lega Ambiente, 2018. CittàClima. Available at: <https://cittaclima.it/> [Accessed March 26, 2019].
- [8] Doulos, L., Santamouris, M. & Livada, I., 2004. Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. Solar Energy, 77(2), pp.231-249.
- [9] Synnefa, A. et al., 2008. On the use of cool materials as a heat island mitigation strategy. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 47(11), pp.2846-2856.
- [10] Levine, K., 2011. Cool Pavements Research and Technology. , (June 2002), p.17p. Available at:

- [http://www.dot.ca.gov/newtech/researchreports/preliminary\\_investigations/docs/cool\\_pavements\\_preliminary\\_investigation.pdf](http://www.dot.ca.gov/newtech/researchreports/preliminary_investigations/docs/cool_pavements_preliminary_investigation.pdf) %5Cnhttp s://merritt.cdlib.org/d/ark%3A%2F13030%2 Fm57385cm/1/producer%2F903973593.pdf %5Cnhttps://trid.trb.org/view/1344585.
- [11] Rosenfeld, A. et al., 1998. Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction. Energy and Buildings, 28(1), pp.51-62.
- [12] Akbari, H., 2002. Shade trees reduce building energy use and CO<sub>2</sub> emissions from power plants. Environmental Pollution, 116(SUPPL. 1), pp.119-126.
- [13] Environmental Protection Agency, U., 2008. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics. , pp.1-22. Available at: <http://www.epa.gov/heatisland/about/index.htm> %5Cnpapers2://publication/uuid/E82A9E0 C-E51A-400D-A7EE-877DF661C830.
- [14] Wang, Y. et al., 2015. Effects of urban trees on local outdoor microclimate: synthesizing field measurements by numerical modelling. Urban Ecosystems, 18(4), pp.1305-1331.
- [15] Brudermann, T. & Sangkakool, T., 2017. Green roofs in temperate climate cities in Europe? An analysis of key decision factors. Urban Forestry and Urban Greening, 21, pp.224-234. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.008>.
- [16] Bergdoll, B., 2011. Rising currents : projects for New York's waterfront,
- [17] AeroFarms, 2004. AeroFarms. Available at: <https://aerofarms.com/> [Accessed March 25, 2019].
- [18] Hofman, K., Webster, T. & Worrall, A., 2018. GrowUp Urban Farms. Available at: <https://www.growup.org.uk/>.
- [19] Ballard, R. & Dring, S., 2018. Growing-underground. Available at: <http://growing-underground.com/>.
- [20] Ballard, R. et al., 2019. Zerocarbonfood. Available at: <http://www.zerocarbonfood.co.uk/team/>.

## NOTES

1. At the beginnings of the 1970s, the Club of Rome, in collaboration with the MIT, developed, thanks to the aid of the first supercomputers, a first scientific study concerning the current model of development, prefiguring dystopian scenarios characterized by the possible exhaustion of the essential resources to human life itself. More recent studies are carried out by the IPCC, which since its 1988 foundation, has been studying the consequences of global warming, producing important reports.
2. Among writers we can mention, for example, M. Atwood, J.G. Ballard, R. Bradbury, D. De Lillo, P. Dick, A. Huxley, J. Lovelock, C. McCarthy, I. McEwan, G. Orwell, N. Rich, N. Shute, M. Theroux, J. Verne. Based on their works or specific screenplays, important films were then made that built the foundations of modern Climate fiction, such as Blade Runner, Mad Max, Water World, The Day After Tomorrow, The Road, Interstellar, Wall-E or some episodes of more recent series such as Black Mirror, Utopia, Revolution.

## +4.0 °C. PROGETTAZIONE VERDE E CAMBIAMENTI CLIMATICI ESTREMI

### Abstract

L'ultimo report dell'Intergovernmental Panel on Climate Change evidenzia la necessità di contenere l'innalzamento delle temperature entro il +1,5 °C per evitare conseguenze catastrofiche e alterazioni



ambientali devastanti. E se tale obiettivo non fosse raggiunto? Quale scenario ci troveremo ad affrontare con un cambiamento climatico estremo dovuto ad un innalzamento della temperatura media di oltre 4 °C? Quali azioni potrebbero essere messe in atto? Il paper prende spunto da queste domande di ricerca e indaga il ruolo che il verde e le tecnologie verdi possono avere al fine di preservare le "esigenze di sopravvivenza" in un contesto ambientale distopico. Sulla base di una lettura critica di recenti ricerche e di casi studio emblematici, il lavoro, evidenzia le potenzialità ed i limiti del verde, codificando 4 approcci progettuali strategici innovativi, classificati in cluster omogenei, rispondenti alle "esigenze di sopravvivenza" ricordate da Y. Friedman nel suo saggio *L'Architettura della Sopravvivenza*.

**Keywords:** cambiamento climatico, verde, tecnologie e infrastrutture verdi, NBS, pessimismo climatico

## 1. Introduzione

«Vivere significa avere acqua e cibo [...] se proviamo a classificare le cose indispensabili per la nostra esistenza, in funzione del tempo durante il quale possiamo vivere senza, otterremo il seguente ordine: aria, protezione dal clima, acqua, cibo. Tutti gli altri bisogni vengono molto dopo» [1].

Le parole di Friedman appaiono estremamente attuali se rilette alla luce delle previsioni allarmanti recentemente pubblicate nell'ultimo report dell'Intergovernmental Panel on Climate Change [2], secondo il quale l'aumento della temperatura terrestre deve essere contenuto entro 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali. Solo rimanendo all'intero di questo limite, infatti, sarebbe possibile evitare, o quanto meno rendere sopportabili, le trasformazioni ambientali indotte dal surriscaldamento globale. Al contrario, un aumento superiore a 1,5 °C comporterebbe stravolgimenti climatici estremi con fortissime alterazioni dell'ecosistema Terra, quali, ad esempio, l'innalzamento dei mari, l'incremento di fenomeni estremi di piogge, tifoni, desertificazione delle aree mediterranee.

Con l'obiettivo di definire strategie, tattiche e azioni da adottare al fine di ridurre le emissioni di gas climalteranti (GHG), principali responsabili dell'effetto serra e del surriscaldamento globale, a partire dagli anni '90 sono stati sottoscritti dagli Stati Sovrani molteplici accordi (Accordo di Rio 1992, Accordo di Parigi 2015), protocolli (Protocollo di Kyoto 1998), normative specifiche (GPP – CAM). Anche la ricerca internazionale si è mossa in questa direzione per dare il proprio contributo come evidenziato dalle recenti call H2020, incentrate sulle tematiche dalla lotta al cambiamento climatico (CC) e alla riduzione delle emissioni di GHG.

E se l'obiettivo di contenere l'innalzamento delle temperature entro il +1,5 °C non fosse raggiunto? Quale scenario ci troveremo ad affrontare con un cambiamento climatico estremo dovuto ad un innalzamento della temperatura media di oltre 4 °C? Quali strategie e tecnologie potrebbero essere messe in gioco per garantire la sopravvivenza della maggior parte degli insediamenti urbani? In questo nuovo paesaggio, quale sarà il ruolo del verde e delle tecnologie verdi?

## 2. Obiettivi, originalità del contributo, metodologia

Il paper prende spunto da queste domande di ricerca e indaga il ruolo che il verde e le tecnologie verdi possono avere al fine di preservare le "esigenze di sopravvivenza" individuate da Friedman in uno scenario di mutamento ambientale estremo e pessimistico, ovvero con una crescita della temperatura media superiore a 1.5 °C. Sebbene diversi studi abbiano già analizzato il ruolo del "verde" all'interno del sistema urbano, indagandone le capacità rigenerative dal punto di vista ambientale, sociale ed economico, pochi di questi hanno affrontato il tema ampliando l'orizzonte temporale ed esigenziale, confrontandosi con un contesto ambientale distopico, fortemente alterato nei suoi caratteri essenziali. Il lavoro è stato sviluppato attraverso una review di recenti ricerche, selezionate sulle principali riviste

scientifiche di settore, e di casi studio emblematici, selezionati per la loro eccezionalità, per il loro approccio innovativo e qualità riconosciuta e testimoniata tramite premi ricevuti. I casi studio sono stati analizzati evidenziandone aspetti innovativi, dati statistici, effetti quali-quantitativi delle strategie adottate. Sulla base quanto lavoro di analisi, è stato possibile definire quattro approcci innovativi, classificati in cluster omogenei, rispondenti alle "esigenze di sopravvivenza", descritte negli scritti di Friedman.

Il paper, sintesi di una ricerca più estesa, sarà strutturato in sezioni. La sezione 3.1 descriverà il quadro esigenziale "amplificato" sulla base di previsioni climatiche pessimistiche, definendo scenari ambientali distopici ma futuribili. La sezione 3.2 offrirà una lettura critica di ricerche, sperimentazioni, tecnologie e progetti basati sull'utilizzo del verde, mettendo in evidenza gli aspetti più innovativi adottati. Nella sezione 4, sulla base di questa revisione, verranno analizzate potenzialità, limiti e possibili nuovi trend e assi di ricerca innovativi.

## 3. Cambiamenti climatici e Green-Tech

### 3.1 Un nuovo quadro esigenziale di sopravvivenza in un ecosistema distopico

Il recente report IPCC 2018 descrive le possibili conseguenze legate ad un aumento estremo delle temperature, prefigurando scenari caratterizzati da fenomeni quali l'innalzamento dei mari, l'incremento di tifoni, uragani e piogge torrenziali, l'intensificazione dei fenomeni di desertificazione nei climi mediterranei e di molte altre problematiche ambientali già esistenti quali ad esempio l'inquinamento dell'aria, dei suoli e delle falde, la riduzione della biodiversità. Tali fenomeni comporteranno una trasformazione radicale dell'ecosistema e gravi conseguenze per tutte le specie che lo abitano. Scenari distopici, indotti da un cambiamento climatico estremo e caratterizzati da paesaggi non più adatti ad ospitare la vita dell'uomo così come la conosciamo ora, sono descritti non solo da report scientifici più o meno recenti<sup>1</sup>, ma anche da artisti visionari, che nel corso dell'ultimo secolo, hanno costruito quel genere oggi conosciuto come *Climate fiction*<sup>2</sup>. Proprio la *Climate fiction* mostra un nuovo pianeta nel quale, ricordando le parole di Friedman, l'esigenza di aria respirabile, della protezione ambientale, di cibo e acqua, in un ecosistema così alterato, diventerebbero domande alla quali sarebbe sempre più difficili dare risposta, considerando le attuali possibilità offerte da territori antropizzati che, così per come sono concepiti ora, potrebbero non essere più adeguati e idonei.

### 3.2 Green-Tech

In un contesto ambientale estremo ed inospitale, il verde potrebbe diventare l'elemento centrale dal quale ripartire e grazie al quale attivare processi di trasformazione degli attuali insediamenti urbani con l'obiettivo di ridefinirne la struttura, il funzionamento e, più in generale, le possibilità di soddisfare le esigenze di sopravvivenza pocanzi definite. Verde che non può però essere inteso solo come componente biotica naturale e tradizionale ma deve essere inteso come elemento "amplificato" nella sua essenza [3], potenziato nelle sue capacità rigenerative, trasformato ed adeguato anche grazie all'utilizzo di tecnologie innovative. Verde che in questa sede definiamo come *Green-Tech*, ovvero come un sistema ibrido che combina l'utilizzo di elementi più tradizionali a tecnologie innovative capaci di far fronte alle nuove esigenze di sopravvivenza, quali la pulizia dell'aria (3.2.1), la lotta contro il surriscaldamento urbano (3.2.2) e fenomeni di urbanflooding (3.2.3), la produzione di risorse alimentari (3.2.4).

#### 3.2.1 Verde ed aria

L'inquinamento dell'aria, oggi una delle cause principali di decesso [4], è un fenomeno indotto dalle attività antropiche e colpisce soprattutto le grandi città e le metropoli. Le conseguenze negative dovute alla presenza di polveri sottili nell'aria, prodotte soprattutto dalla mobilità urbana e dai processi di produzione di energia, sono ulteriormente aggravate

dal surriscaldamento urbano e dal CC. Per far fronte a queste problematiche, alcune amministrazioni virtuose stanno sperimentando innovative strategie urbane che mirano da una parte a ridurre le emissioni, attraverso politiche specifiche sulla mobilità o sulla riduzione dei consumi di energia, dall'altra a favorire l'assorbimento delle sostane nocive attraverso processi di rinaturalizzazione urbana. Un primo esempio è rappresentato dall'esperienza del "bosco verticale", progettato dallo studio Boeri Architetti a Milano, in grado di assorbire 50 t di CO<sub>2</sub> l'anno e declinato a livello internazionale nella "Forest City" a in Liuzhou (China), una città di nuova fondazione per 30.000 abitanti, in grado ogni anno di assorbire circa 10.000 tonnellate di CO<sub>2</sub> e 57 tonnellate di polveri sottili, producendo circa 900 tonnellate di ossigeno. Un approccio simile è stato sviluppato anche dall'architetto Vincent Callebaut, che concepisce la capitale francese del 2050 come un grande ecosistema verde, nel quale la natura ridefinisce l'immagine di ponti, torri, spazi pubblici, aree produttive con l'obiettivo di costruire una smart city capace di ridurre le proprie emissioni del 75%. Immagini utopiche che trovano concrete realizzazioni nel recente Jade Eco Park, progettato da Philippe Rahm, Mosbachpaysagistes e Ricky Liu & Associates, realizzato a Taichung, Taiwan, e caratterizzato da innovativi dispositivi tecnologici capaci di manipolare le condizioni ambientali. Tra questi si possono ricordare alcuni green tech devices quali i "depolluting devices" ovvero tecnologie naturali o artificiali che riducono l'inquinamento dell'aria grazie alla capacità depurativa delle piante o di apposti sistemi tecnologici che agiscono come filtri urbani inseriti nel parco [5].

#### 3.2.2 Verde e clima

Il surriscaldamento globale è uno dei principali effetti dovuti alle emissioni di gas serra in atmosfera e sta contribuendo ad accentuare il fenomeno dell'isola di calore [6], rendendo le nostre città non solo ambienti difficili da vivere durante i periodi estivi, ma vere e proprie trappole per persone di fasce deboli, come evidenziano le molte morti riconducibili alle forti ondate di calore che hanno caratterizzato le ultime estati [7]. Molti studi sono stati condotti per cercare di trovare soluzioni adatte a ridurre gli effetti negativi di questo problema. Accanto a quegli studi che hanno evidenziato l'importanza dei materiali e della loro capacità di riflettere la radiazione solare [8-10], troviamo altri studi che hanno invece evidenziato il ruolo positivo della natura e dei processi di rinaturalizzazione [11-15]. I principi codificati da queste ricerche trovano applicazione in recenti sperimentazioni architettoniche che hanno posto al centro del processo costruttivo la natura ed il verde, come dimostrano alcuni progetti di spazi pubblici. A Zurigo, ad esempio, l'MFO Park introduce attraverso una grande pergola metallica, un volume di 25.000 m<sup>3</sup> di verde nel quartiere, mentre l'Oerliker Park introduce un grande viaio urbano con oltre nuovi 1.000 alberi piantati, destinati in prima istanza a definire il parco per poi, una volta cresciuti, essere ripiantati a seconda delle esigenze urbane. Progetto simile è stato sviluppato anche a Bordeaux dal paesaggista Desvigne, che ha previsto la realizzazione di importanti spazi verdi nei pressi del lungo Garonna, per una superficie di 220 ettari. Accanto al progetto del verde pubblico, un'altra declinazione è stata sperimentata da Patrik Blanc con le sue innovative facciate verdi verticali oggi replicate in tutto il mondo. Tali sistemi sono capaci di assorbire per ogni metro quadro circa 0,5 t di gas GHG all'anno producendo la quantità necessaria di ossigeno per una persona. Accanto ai vantaggi legati alla qualità dell'aria tali sistemi contribuiscono a ridurre l'effetto dell'isola di calore, riducendo la temperatura interna fino a 5°C e la temperatura superficiale fino a -30°C rispetto a rivestimenti tradizionali quali i mattoni, il metallo o i pannelli di cemento.

Il verde sta trovando una sua declinazione pragmatica anche in recenti strategie urbane codificate da lungimiranti amministrazioni, quali ad esempio Bratislava e Brema, che anche attraverso finanziamenti provenienti da fondi europei, stanno rivalutando i loro centri urbani [7], implementando

il verde negli spazi pubblici e sui tetti degli edifici esistenti, uniformandosi alle visioni di amministrazioni che già da tempo lavorano su queste tematiche come Lione, Barcellona, Copenaghen.

### 3.2.3 Verde e Urban flood

Precipitazioni estreme e fenomeni quali tifoni o uragani, eventi sempre più diffusi a causa del CC, sono una delle principali problematiche che stanno rendendo le nostre città sempre più fragili ed evidenziano la loro incapacità di adattarsi ad un contesto ambientale mutato. Per far fronte a questa situazione di rischio, molte amministrazioni lungimiranti stanno svolgendo attività di ricerca e sviluppando innovative strategie, spesso basate sull'utilizzo del verde. Una delle prime ricerche, che ha coinvolto diversi studi internazionali, è stata condotta a New York, all'interno dell'evento "RisingCurrent" organizzato al MOMA PS1 nel 2010, con l'obiettivo di individuare possibili approcci strategici innovativi per far fronte ai fenomeni di allagamento, utilizzando proprio la penisola di Manhattan come caso studio. Tra le strategie proposte, appare di particolare interesse quella definita "a new urban ground", sviluppata dal team composto da ARO e Dland, che propone un nuovo suolo verde capace di alterare la permeabilità urbana e di ridefinire il ciclo delle acque in maniera innovativa, favorendo processi di laminazione, recupero, infiltrazione e definendo un nuovo ecosistema pubblico e naturale capace al contempo di proteggere la città e di costruire nuovi spazi sociali [16]. L'idea di sviluppare un nuovo waterfront capace di coniugare spazi pubblici e servizi ecosistemici attraverso l'utilizzo del verde è alla base del progetto "Dryline" di BIG, vincitore di un concorso, oggi in fase di sviluppo e mostrato alla biennale di Venezia del 2018. Il progetto propone un grande nuovo muro vegetale che ridefinisce il margine del waterfront di Manhattan, accogliendo spazi pubblici, natura e servizi per gli abitanti con l'obiettivo di proteggere la città dall'innalzamento del mare e al contempo trasformare la città in "Humanhattan", ovvero una città a misura umana entro il 2050. Esperienze simili sono in corso in molte città del nord Europa, che stanno affrontando una pianificazione con uno sguardo fortemente proiettato verso un futuro caratterizzato da piogge estreme e dall'innalzamento dei livelli del mare. Copenaghen, ad esempio, sta sviluppando un progetto di riqualificazione di alcuni quartieri esistenti ponendo al centro del processo progettuale la gestione del ciclo delle acque e del verde. Il progetto del Skt. Kjelds District, sviluppato dallo studio Tredje Natur, ed il progetto del quartiere Nørrebro, sviluppato dallo studio SLA, sostituiscono parti di superfici asfaltate (fino ad oltre il 25%) con ampie superfici verdi e Natural Based Solutions (NBS) con l'obiettivo di favorire processi di infiltrazione e di laminazione, riducendo i rischi di allagamenti.

### 3.2.4 Verde e urban farming

Recenti sperimentazioni urbane mostrano come l'utilizzo di innovative tecnologie verdi possa essere un valido sistema per la produzione di cibo, diventando una reale alternativa al tradizionale sistema di agricoltura - allevamento che potrebbe risultare inadeguato a causa dai fenomeni indotti dal CC, quali l'innalzamento dei livelli dei mari, i processi di desertificazione, le precipitazioni estreme. Le aerofarms, ad esempio, sono grandi fattorie per la produzione di cibo che integrano tecnologie innovative quali l'idroponico e luci artificiali a LED [17]. Questi sistemi permettono di produrre cibo in luoghi chiusi, sfruttando sistemi tecnologici avanzati, intelligenti, a risparmio di risorse, quali suolo, acqua, energia, tempo. Accanto all'idroponico si sta diffondendo l'acquaponico, ovvero un sistema basato sui principi dell'economia circolare che permette di mettere a sistema in maniera simbiotica la produzione di vegetali con l'allevamento del pesce [18]. Questi approcci innovativi hanno trovato declinazione in diverse esperienze urbane. A Londra all'interno di un tunnel dismesso, ad esempio, l'azienda Growing-underground sta sperimentando la produzione di cibo attraverso sistemi idroponici e luci artificiali a led, riducendo i consumi di acque di oltre il

70% [19-20]. In molte città asiatiche tali sistemi stanno trovando applicazione sui tetti degli edifici esistenti, permettendo di produrre cibo localmente e riducendo, così, i costi ambientali dovuti al trasporto. Tale approccio è diventato anche un importante tema di ricerca architettonica, come evidenziato da recenti esperienze di alcuni studi internazionali, che stanno sviluppando edifici ibridi che uniscono la produzione di cibo al commercio dei prodotti (SOA), edifici destinati al vertical farming urbano (Ilimelgo), quartieri autosufficienti e sostenibili (Effect), edifici che utilizzano innovativi dispositivi di facciata che integrano sistemi di frangisole con pannelli che permettono la produzione di alghe da utilizzare per produrre energia o ad uso commestibile (BIQ House di Arup).

## 4. Possibilità verdi

Le buone pratiche e le ricerche scientifiche analizzate permettono di mettere in luce diversi approcci progettuali capaci di ripensare in maniera innovativa il verde al fine di far fronte a quelle nuove "esigenze di sopravvivenza" dovute ad un cambiamento climatico estremo. Con l'obiettivo di sottolineare le possibili sfumature dell'utilizzo del verde come "ingrediente" di progetto, l'insieme eterogeneo delle azioni progettuali individuate nei casi studio è stato riorganizzato in maniera critica in quattro approcci strategici omogeni, capaci ibridare l'utilizzo del verde in senso tradizionale con approcci basati sull'utilizzo di tecnologie innovative.

In particolare, i casi studio hanno evidenziato (Tab. 1) come il verde possa diventare parte costitutiva dell'involucro stesso dell'edificio o guidare i processi di rigenerazione degli spazi pubblici contribuendo al miglioramento della qualità dell'aria e alla lotta al surriscaldamento urbano, favorendo da una parte l'incremento dell'ombreggiamento, dall'altro principi di evapotraspirazione e riduzione della temperatura dell'aria. Il progetto del verde offre anche ampie possibilità per quanto riguarda la gestione del ciclo dell'acqua, integrando servizi ecosistemici all'intero dello spazio pubblico, che viene ripensato come luogo di ibridazione sociale ed ambientale. Infine, il verde diventa elemento strutturante per ripensare l'autosufficienza alimentare delle città. Grazie ad innovative tecnologie, è infatti possibile ridefinire il rapporto produttivo tra sistema urbano e campagna, introducendo la produzione agricola nel cuore delle stesse città, superando così la dicotomia che da sempre ha caratterizzato il rapporto città-campagna e che è stata ben rappresentata nel quadro del buon governo di Lorenzetti.

Concludendo, i casi studio riportati evidenziano come il progetto del verde sia un elemento fondamentale per lo sviluppo futuro delle nostre città e per la loro sopravvivenza. Progetto del verde che deve diventare sempre di più tema di ricerca e di studio per favorire processi di innovazione tecnologica capaci di "amplificare" le esternalità positive individuate dal presente lavoro e favorire processi di transizione urbana capaci di far fronte a quel quadro "esigenziale di sopravvivenza" descritto da Friedman [1].