

# DESIGNING THE BIOTIC ENVIRONMENT WITH A VIEW TO RESTORING THE BALANCE OF THE URBAN MICROCLIMATE

## Abstract

The article defines the types and different configurations that vegetable installations can take in urban centers, whether they are related to public space or related and integrated to specific building bodies, after having elaborated an original type-morphological classification illustrates the results of the process evaluative, in qualitative and quantitative terms, of the effects and incidences of the mentioned interactions between the biotic-vegetational elements (depending precisely on the specific configurations and types of plants identified) and the abiotic factors of microclimatic level, also attempting to trace possible research directions and strategic-planning approach functional to the optimization objectives of that particular climatic context definable as 'urban microclimate'. Trough particular approaches and strategies, even an 'intangible context' such as an urban microclimate can be designed, mitigated, regulated and its balance restored. This is a feasible goal that can be achieved and that can no longer be delayed.

## Keywords

Urban microclimate, chemical abiotic factors, physical abiotic factors, urban green, environmental control

## Introduction

It is well-known that some of the main abiotic factors that characterise the urban microclimate – whether they be *physical* (such as temperature,

air humidity, the quantity of sun exposure at ground level and on buildings, ventilation patterns) or *chemical* (such as the pollutants found in the urban atmosphere: macro- and micro-polluting gases, particulates, secondary pollutants) – interact to a significant degree with urban biotic factors, which noticeably influence them. In the research conducted by the authors of this article into the fundamental biotic factor to which it refers – i.e. urban plant installations, both on the scale of urban space (city parks, green decor, public gardens with facilities such as park benches, etc.) and when incorporated into buildings (green roofs, vertical gardens, hanging gardens) – significant physical and chemical forms of interaction with abiotic elements – particularly at a microclimate level – were observed and assessed, achieving particular conditions of wholesomeness and environmental comfort both as regards urban spaces and within the buildings that interact with those spaces. A biotic factor such as urban vegetation can carry out particular functions that control environmental conditions, regulating the effect on temperature (mitigating urban heat islands), on hygrometric conditions and on ventilation at a local level; as well as regulating noise pollution and improving air quality by counteracting the polluting factors and agents in the atmosphere produced by the various sources of pollution (isolated, multiple, linear or aerial) found in urban areas. By adopting particular approaches and strategies that can filter technical/planning work and

processes thanks to a suitable level of awareness of the chemical and physical factors and mechanisms at play, even an 'intangible context' such as an urban microclimate can be designed, mitigated, regulated and its balance restored. This is a feasible goal that can be achieved and that can no longer be delayed. Thanks to their complex shape, constitution and 'metabolic' characteristics, linked to the production of heat, gas and pollutants, urban areas require the constant improvement of the technical and planning approaches that can develop them, so as to guarantee high standards where environmental healthiness, comfort and well-being – which are largely influenced by specific microclimate mechanisms linked to the interaction between urban biotic and abiotic factors – become a central and essential issue for two main target audiences: designers, who will increasingly develop more well-informed projects, and the public authorities that will have to guide and assess such projects.

## The interaction between the biotic factor of 'vegetation' and abiotic factors found in the urban environment

In the urban environment, the biotic factor of 'vegetation' can basically be divided into three macro-categories:

- Urban greenery
- Vegetation incorporated into buildings
- Spontaneous urban flora

All the plant installation types listed above can influence urban abiotic factors, both physical (temperature, sun exposure, ventilation, air humidity) and chemical (pollutants), mainly influencing their quantity. Such influence plays a vital role in determining urban microclimate characteristics and, as a result, the healthiness and liveability of urban environments, both as regards open spaces and interiors. In turn, abiotic urban factors produce feedback affecting biotic factors like urban vegetation, favouring their growth or, in some cases, harming them or creating conditions of decay (the latter particularly concern the feedback produced by chemical abiotic elements, i.e. the pollutants found in the urban atmosphere and/or absorbed by the ground).

In such a phenomenological scenario, it is obvious how we can plan and redefine, in terms of regained balance, mitigation and regulation, even an 'intangible context' such as that of an 'urban microclimate'. This can be done by adopting the appropriate methodology and informed approach to adjust the qualitative and

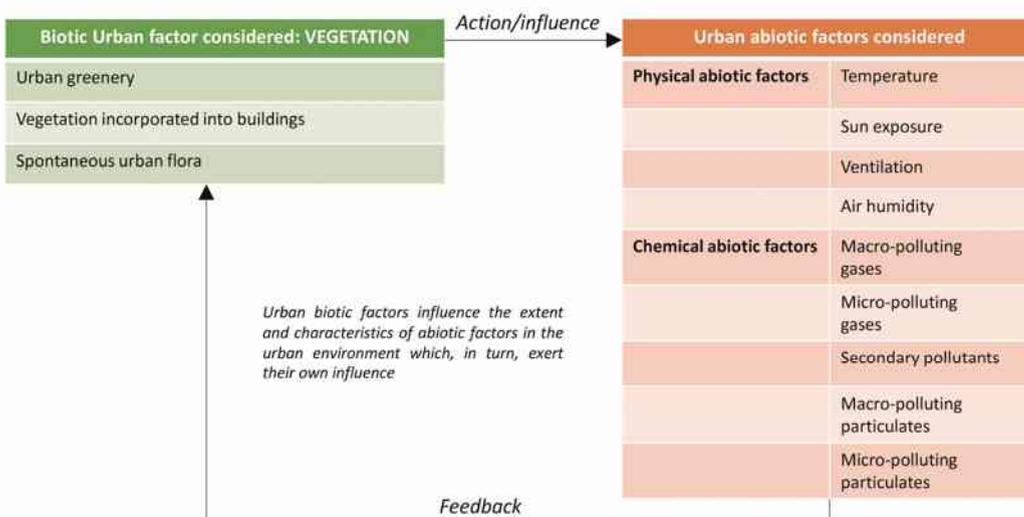


Fig. 1 - Influence and feedback at play between the biotic factor of 'vegetation' and abiotic urban factors

quantitative characteristics of the biotic factor of 'vegetation' in urban areas, at a project design level that is linked to urban planning and building design on the one hand, as well as at a technical and construction level (which combines parameters regarding plant installation types, plant density, technical planting systems, etc.) on the other. All this is involved if we consider 'urban microclimate' to mean those particular climate circumstances whose definition and adaption as regards their balance and peculiar characteristics are significantly affected by man-made development at a local level. Regulating the urban microclimate means a number of things: it means managing to regulate the level of sun exposure and the intensity of radiation, both at ground level and as regards buildings (levels that have a significant role in determining the outside temperature, as the latter is a direct result of the re-radiation of both natural and artificial outdoor surfaces as well as the ground in particular); it means managing to create particular conditions of ventilation as regards a complex phenomenological and aerodynamic entity that can be mitigated or even implemented by the effect of wind combined with a particular urban layout and therefore with the presence of particular types of vegetation (lines or clusters of trees, for example, can create areas of shade and breezes or encourage particular effects whereby air flow in urban spaces is diverted, slowed down or accelerated); it means managing to mitigate the omnipresent phenomenon of air pollution that is typical of most urban areas because the polluting sources are intrinsic to urban areas, such as *linear* sources (roads), *isolated* sources (the smokestacks of industrial factories and buildings), *aerial* sources (the combination of a number of small sources, such as the many chimneys found in urban areas), etc. In order to achieve these goals, there are a number of different strategic options from which to choose: to plan the urban layout in an informed way, using particular criteria for organising and arranging buildings; the use of materials and technologies that can influence the response of the built environment to urban abiotic factors (such as street furniture made using photocatalyst materials to control air pollution; reflective surfaces to control temperatures, etc.). Nevertheless, the option of designing and constructing buildings and urban plant installations of various kinds is an essential and irrevocable possibility, particularly considering the importance of the 'ecosystem service'<sup>1</sup> that vegetation provides, a service that offers people specific benefits that can be measured and quantified.

**Using the layout and characteristics of vegetation in urban areas as parameters for controlling environmental conditions and factors**

In urban areas, vegetation can therefore be planned and specifically designed to control the various different urban abiotic factors, both of a physical and chemical nature. It is necessary to work on the type of installation and planting area in terms of its position (as regards the

| PLANT INSTALLATIONS IN THE URBAN ENVIRONMENT  |  |
|---|--|
| <p><b>On the scale of urban spaces</b></p>  <p>City park in the Clichy-Batignolles eco-district, Paris</p>      | <p><b>City parks</b><br/>Large parks and gardens serving recreational, environmental and cultural purposes</p> <p><b>Urban forests</b><br/>Areas that, due to their location and size, are suitable for hosting high-density tree installations</p> <p><b>Green décor</b><br/>Green areas created for aesthetic/functional purposes (rest areas, tree-lined avenues, etc.)</p> <p><b>Equipped public gardens</b><br/>Neighbourhood parks and gardens designed for public use</p> <p><b>Urban allotments</b><br/>Municipally-owned green areas allotted to residents for growing vegetables</p> <p><b>Fallow land</b><br/>Green areas featuring spontaneous vegetation that are not monitored or maintained regularly</p> |
| <p><b>On the scale of urban spaces</b></p>  <p>Juniper Networks Headquarters Campus Sunnyvale (California)</p> | <p><b>Green roofs, hanging gardens</b><br/>Roof gardens and hanging gardens, both extensive (growing layers up to 15 cm) and intensive (growing layers from 20 to 100 cm)</p> <p><b>Vertical forests</b><br/>Green walls and façades suitable for planting and growing plant species ('green façades' and 'living walls')</p> <p><b>Private green décor</b><br/>(Plant installations in private villas or condominiums)</p>  |

Fig. 2 - A table classifying the types of plant installations in urban environments

buildings around it), the choice of plant species and the organisation and arrangement of plant features and types as well as their density and size. The benchmark types of urban plant installations can be succinctly grouped as shown in the table at Figure 2, where a preliminary yet essential distinction is made between plant installations on an urban scale and plant installations on buildings and/or estates. By adopting a suitable, informed approach to designing such installations, we can regulate a number of environmental factors, both as regards open spaces and interiors:

- The urban temperature of open spaces and, as a result, the regulation of the  $\Delta T$  between outdoor and indoor temperatures (influencing the mechanisms that regulate the indoor temperature of buildings);
- The mitigation of unusual thermal peaks (urban heat islands);
- Local wind conditions (associated with environmental well-being of a thermal-hygro-metric nature; as well as the convective heat transfer of buildings);
- Air humidity in open spaces;
- Direct sun exposure on building surfaces (which contributes in part to indoor heat load);
- Comfortable winter/summer interior temperatures;
- Sound comfort (the mitigation of noise pollution) in indoor and outdoor spaces;

- The air quality of the urban environment (improving air quality where polluting agents are present; antiseptic properties);
- Maintaining the urban area's hydrological balance.

When considering such a scenario, it becomes clear how the design of plant installations and areas in urban environments should not merely follow criteria that simply focus on particular functions (green décor, public gardens with facilities such as park benches, etc.): they should also take the opportunity to improve the microclimate and wholesomeness of the urban environment by adopting particular design criteria as well as criteria of a technical and operational nature (location-based choices regarding the selection of plant species and types, the layout and type of plant installation, etc.). To this end, the research that guided the concepts illustrated (subject to developments that are still underway) is an attempt to identify design and implementation methods for the various types of urban plant installations so as to effectively and incisively ensure the regulation of particular environmental factors chosen from those listed above, whilst ensuring that such a choice must involve an analysis of the particular environmental conditions involved (for example, an environment heavily polluted by macro- and micro-polluting gases; environmental conditions that are particularly serious during the summer season, etc.).

### The link between types of plant installation and the regulation of environmental factors

Each type of plant installation shown (see the table at Figure 2) can regulate and mitigate various different environmental factors and conditions to a greater or lesser degree. Generally speaking, we can identify a framework of relationships (Figure 3) that can offer guidance regarding the level of environmental regulation that a particular type of plant installation can provide, though the particular level of regulation depends on the technical and design details that characterise an installation.

The framework of relationships shows that, apart from the type of effect on a particular context (in terms of urban space or in terms of buildings and estates), some types of plant installation are more capable of regulating and mitigating certain types of abiotic factors. It is worth noting how so-called 'urban reforestation' measures have a greater efficacy at an urban level in that they maximise the 'ecosystem service' produced by vegetation through the creation of *neo-ecosystems* that can regulate and maintain themselves in the absence of external action (more recently, urban reforestation work has been implemented in a number of metropolitan areas, such as New York, Chicago, Santiago, Chile, and Beijing). As well as mitigating heat islands, these projects recorded a reduction of PM10 and the removal of polluting particulates of over 10% in certain circumstances, making a contribution that, while not solving the problem *per se*, is nevertheless a notable result that cannot be ignored.

As part of this research, specific 'functional' tables have been drawn up for each type of installation so as to provide a more detailed description of the regulating effects on the environment that particular types of plant installation offer. In Figures 4 and 5 below, there are two examples of condensed tables concerning, firstly, plant installations on an urban scale and, secondly, plant installations on a building and estate level.

### Conclusions

The research carried out highlights the important contribution that plant installations in urban areas can make when regulating the various different abiotic factors that exist and urban environmental conditions in general. The conclusions of this research already provide us with an overview, even if succinct and mainly qualitative in nature, of how various types of urban plant installations relate to specific goals and actions for environmental regulation. Nevertheless, such results refer to what are mainly, as mentioned earlier, qualitative assessments that cannot give us a precise idea of the effectiveness of regulatory actions, even if they resemble the picture painted by actual quantitative measurements (figures regarding the percentage of reduction of pollutants, figures concerning the actual mitigation of effects associated with ventilation and sun exposure, etc.). In such circumstances, it would be beneficial and very useful to monitor microclimate environmental parameters

| THE INFLUENCE OF PLANT INSTALLATION TYPES ON URBAN ABIOTIC FACTORS   | PHYSICAL ABIOTIC FACTORS            |                                       |                                     |           | CHEMICAL ABIOTIC FACTORS   |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--|
|  | Temperature                         | Sun exposure                          | Ventilation                         | Humidity  | Macro-polluting gases, micro-polluting gases, macro-polluting particulates, micro-polluting particulates, secondary pollutants |
| <b>A+ very high</b><br><b>A high</b><br><b>M medium</b><br><b>B low</b><br> |                                     |                                       |                                     |           |  |
| <b>City parks</b>  | <b>A</b><br>urban lev.              | <b>A</b><br>at ground level           | <b>A</b><br>urban lev.              | <b>A</b>  | <b>A/M</b><br>Depending on size  |
| <b>Urban forests</b>   | <b>A+</b><br>urban lev.             | <b>A+</b><br>at ground level          | <b>A+</b><br>urban lev.             | <b>A+</b> | <b>A</b>   |
| <b>Green décor</b>   | <b>M</b><br>urban lev.<br>buildings | <b>M</b><br>at ground level           | <b>M</b><br>urban lev.<br>buildings | <b>B</b>  | <b>B</b>   |
| <b>Equipped public gardens</b>   | <b>M</b><br>urban lev.              | <b>M</b><br>at ground level           | <b>M</b>                            | <b>M</b>  | <b>B</b>   |
| <b>Urban allotments</b>  | <b>M</b><br>urban lev.              | <b>B</b><br>at ground level           | -                                   | <b>M</b>  | <b>M</b>   |
| <b>Fallow land</b>   | <b>B</b><br>urban lev.              | <b>B</b><br>at ground level           | <b>B</b>                            | <b>B</b>  | <b>B</b>   |
| <b>Green roofs, hanging gardens</b>  | <b>M</b><br>urban lev.<br>buildings | <b>M</b><br>on buildings              | -                                   | <b>B</b>  | <b>M</b>   |
| <b>Vertical forests</b>  | <b>M</b><br>on buildings            | <b>A+</b><br>on buildings             | <b>A</b><br>urban lev.<br>buildings | <b>B</b>  | <b>M</b>   |
| <b>Private green décor</b>   | <b>M</b><br>on buildings            | <b>M</b><br>at ground level/buildings | <b>M</b><br>buildings               | <b>B</b>  | <b>M</b>   |

Fig. 3 - The framework of relationships between plant installation types and abiotic urban factors. The framework highlights the level of influence that a particular plant installation can have on the various different abiotic factors in an urban environment

| SPECIFIC REGULATORY FUNCTIONS OF 'URBAN REFORESTATION' PROJECTS  |   |
|--|---|
| Regulatory functions for outdoor spaces (urban environment)  | Regulatory functions for indoor spaces (housing)  |
| Mitigation of the effects of urban heat islands  | Reduction of $\Delta T$ between outside temperature and the 'desired' indoor temperature, resulting in energy savings on summer cooling |
| Improved air quality; control and absorption of pollutants, with major effects on the absorption of CO <sub>2</sub> , PM10, etc. | Indirect consequences on aspects of indoor air quality in terms of the absorption of external pollutants                                |
| Water regulation   |   |
| Noise absorption and improved acoustic conditions in the urban environment of neighbouring areas                                 |   |
| Protection from any undesired wind patterns and air flow in urban areas located downwind of the 'forested' area                  |   |

Fig. 4 - The specific regulatory functions of 'urban reforestation' projects

following project completion. Many large-scale plant installation projects have now been carried out in urban environments, actions encouraged by a growing cultural and scientific interest in this topic. Research centres and institutes (which have all the necessary instrumentation) could clear the way for interesting lines of research by monitoring the environmental parameters near, and in, the areas where installations have been created, in an attempt to provide detailed quantitative data regarding environmental regulation, whilst taking into account the physiological

differences due to the many factors at play, which could influence the actual degree of efficacy.

### REFERENCES

- [1] Armstrong, R. (2012), *Living Architecture: How Synthetic Biology Can Remake Our Cities and Reshape Our Lives*, TED Books.
- [2] Bit, E. (2014), *Come Costruire la Città Verde*, Sistemi Editoriali, Naples.
- [3] Blanc, P. (2008), *Il Bello di Essere Pianta*, Bollati Boringhieri, Turin.

- [4] Buffoni, A. (2016), 'Inquinamento dell'aria e verde urbano', conference proceedings, Ex Fornace Alzaia Editrice, Naviglio Pavese.
- [5] D'Olimpio, D. (2008), *La Progettazione del Microclima Urbano*, Edizioni Kappa, Rome.
- [6] Dunnet, N., Kingsbury, N. (2004), *Planting Green Roofs and Living Walls*, Timber Press, Portland, Oregon, USA.
- [7] Francese, D., Passaro, A. (2017), *Costruire nell'Area Mediterranea*, Pasquale D'Arco Editore.
- [8] Grosso, M. (2011), *Il Raffrescamento Passivo degli Edifici*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.
- [9] Hausladen, G., Liedl, P., De Saldanha, M. (2014), *Building to Suit the Climate*, Birkhauser Verlag, Basel, Munich.
- [10] Yang, J., McBride, J., Zhou, J., Sun, Z. (2005), 'The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction', *Urban Forestry and Urban Greening* 3, pp. 65-78, Elsevier.
- [11] Manes, F., Blasi, C., Salvatori, E., Capotorti, G., Galante, G., Feoli, E., Incerti, G. (2012), 'Natural vegetation and ecosystem services related to air quality improvement: tropospheric ozone removal by evergreen and deciduous forests in Latium (Italy)'. *Annali di Botanica* 2, pp. 79-86.
- [12] Perosino, G.C., Zaccara, P. (2009), *Piante Autoctone per il Verde Urbano*, CREST Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio, Turin.
- [13] Tatano, V. (2008), *Verde: Naturalizzare in Verticale*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.
- [14] Tucci, F. (2018), *Costruire e Abitare Green: Approcci, Strategie, Sperimentazioni per una Progettazione Tecnologica Ambientale | Green Building and Dwelling: Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design*, Altralinea Editrice, Florence.
- [15] Fiori, M., Poli, T., *Coperture a Verde: Esempio di Progettazione*, Maggioli Editore, Rimini, 2008.
- [16] Andri, S., Sauli, G., 'Verde Pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico', ISPRA, *Manuali e Linee Guida* 78.3/2012, Rome, 2012.
- [17] Grancharov, R., 'Green Roofs, History and the Present'; Department Technology of Architecture (Building Construction), Faculty of Architecture, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy (UACEG), Sofia, Bulgaria; Global Virtual Conference Workshop, April 8-12, 2013.

## NOTES

1. Ecosystem services are the 'benefits people obtain from ecosystems' (definition borrowed from the *Millennium Ecosystem Assessment* research project, MEA; 2005)

## LA PROGETTAZIONE DELL'AMBIENTE BIOTICO PER UN RIEQUILIBRIO DEL MICROCLIMA URBANO

### Abstract

L'articolo, definite le tipologie e le differenti configurazioni che gli impianti vegetali possono assumere nei centri urbani, siano queste relazionate allo spazio pubblico che riferite e integrate agli specifici organismi edilizi, dopo averne elaborato una classificazione tipo-morfologica originale illustra i risultati del processo valutativo, in termini qualitativi, degli effetti e delle incidenze delle suddette interazioni tra gli elementi biotico-vegetazionali (in funzione per l'appunto delle specifiche configurazioni e tipologie di impianto individuate) e i fattori abiotici di livello microclimatico, tentando altresì di tracciare possibili direzioni di ricerca e di approccio strategico-progettuale funzionali agli obiettivi di ottimizzazione di quel particolare

| SPECIFIC REGULATORY FUNCTIONS OF GREEN ROOF PLANT INSTALLATIONS   |  |
|---|--|
| Regulatory functions for outdoor spaces (urban environment)   | Regulatory functions for indoor spaces (housing)   |
| Mitigation of the effects of urban heat islands (if done in a widespread and consistent fashion in the urban context) | Improved energy savings and efficiency during the winter   |
| Improved air quality; control and absorption of pollutants  | Improved summertime energy use of buildings and containment of temperatures inside houses        |
| Water regulation and the improvement of rainwater drainage  | Protection from noise pollution and the improvement of an environment's acoustic characteristics |
| Noise absorption and the improvement of the urban environment's acoustic conditions                                   | Protection from electromagnetic pollution  |

Fig.5 – The specific regulatory functions of 'green roof' plant installations

contesto climatico definibile come 'microclima urbano'. Attraverso specifici approcci e strategie di intervento, anche un 'contesto immateriale' come il microclima urbano può essere progettato, riequilibrato, mitigato e controllato. Ciò costituisce un obiettivo raggiungibile, concretamente attuabile e non più differibile.

### Parole chiave

Microclima urbano, fattori abiotici chimici, fattori abiotici fisici, verde urbano, controllo ambientale

### Premessa

E' noto che alcuni dei principali fattori abiotici che caratterizzano il microclima urbano, siano essi di ordine fisico, come la temperatura, l'umidità dell'aria, i livelli di soleggiamento al suolo e in rapporto all'edificio, i flussi di ventilazione, oppure di ordine chimico, come gli inquinanti presenti nelle atmosfere urbane (sostanze gassose macroinquinanti e microinquinanti, sostanze sospese, inquinanti secondari), hanno rilevanti interazioni con i fattori biotici urbani, dai quali risultano sensibilmente influenzati. Nella ricerca (condotta dagli autori), rispetto al fondamentale fattore biotico a cui ci si riferisce, rappresentato dagli impianti vegetazionali urbani, siano essi riferiti al livello dello spazio urbano (parchi urbani, verde d'arredo, verde attrezzato, ecc.) che integrati agli edifici (green roof, verde verticale, giardini pensili), sono osservate e valutate le importanti interazioni fisico-chimiche che esso stabilisce con i fattori abiotici - soprattutto di livello microclimatico - realizzando specifiche condizioni di salubrità e di comfort ambientale sia in rapporto agli spazi urbani che all'interno degli edifici che con quegli spazi si interfacciano.

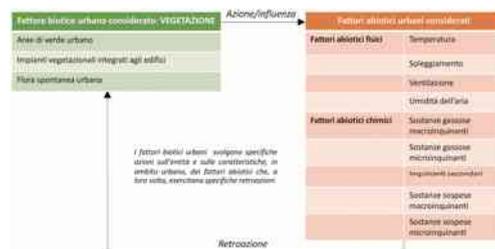


Fig. 1 – Interazioni e retroazioni tra il fattore biotico "vegetazione" e i fattori abiotici urbani

Il fattore biotico costituito dalla vegetazione urbana può esercitare specifiche azioni di controllo delle condizioni ambientali, con regolazione degli effetti sulle temperature (mitigazione dell'isola di calore urbana), sulle condizioni igrometriche, sulla ventosità locale; nonché azioni di controllo dell'inquinamento acustico e di miglioramento della qualità dell'aria, attraverso il contrasto degli agenti e dei fattori di inquinamento atmosferico prodotti dalle diverse tipologie di sorgenti inquinanti (isolate, multiple, lineari, areali) presenti nelle aree urbane. Mediante specifici approcci e strategie di intervento, in grado di filtrare l'azione e il processo tecnico-

progettuale attraverso un'appropriata consapevolezza dei fattori e delle dinamiche chimico-fisiche in gioco, anche un "contesto immateriale" come il microclima urbano può essere progettato, riequilibrato, mitigato, controllato. Ciò costituisce un obiettivo raggiungibile, concretamente attuabile e non più differibile: Gli agglomerati urbani, in relazione alle loro complesse caratteristiche morfologico-costitutive e 'metaboliche', nonché legate alla produzione di calore, gas e sostanze inquinanti, richiedono una costante ottimizzazione delle modalità di approccio tecnico-progettuale funzionali alla loro trasformazione, al fine di garantire uno standard di qualità in cui la salubrità dell'ambiente, il comfort e il benessere ambientale, che in larga misura risultano subordinati alla specificità delle dinamiche microclimatiche legate alla interazione tra fattori biotici e abiotici urbani, costituiscono una tematica centrale e sostanziale per i due principali target di interesse a cui si rivolge: sia per i progettisti, che elaboreranno in modo sempre più consapevole gli interventi, che per le pubbliche amministrazioni che tali interventi dovranno indirizzare e valutare.

| IMPIANTI VEGETAZIONALI IN AMBITO URBANO  |  |
|--|--|
| <p><b>Alla scala dello spazio urbano</b></p> <p><b>Parchi urbani</b><br/>Parchi e giardini di grandi dimensioni con funzioni ricreative, ambientali e culturali</p> <p><b>Foreste urbane</b><br/>Aree che per ubicazione ed estensione risultano idonee ad ospitare impianti arborei ad elevata densità vegetazionale</p> <p><b>Verde d'arredo</b><br/>Aree verdi realizzate per fini estetici/funzionali (aree di sosta, viali alberati, ecc.)</p> <p><b>Verde attrezzato</b><br/>Parchi e giardini di quartiere destinate alla fruizione pubblica.</p> <p><b>Orti urbani</b><br/>Aree verdi di proprietà comunale adibite alla coltivazione per uso domestico</p> <p><b>Verde incolto</b><br/>Aree verdi con vegetazione spontanea non soggetta a controllo e a manutenzione programmata</p> | <p><b>Alla scala dell'edificio e del comparto edilizio</b></p> <p><b>Green roof, verde pensile</b><br/>Tetti e coperture verdi con sistemi di verde pensile estensivo (strati colturali fino a 15 cm) o intensivo (strati colturali da 20 a 100 cm)</p> <p><b>Verde verticale</b><br/>Pareti verdi e fronti edificati idonei alla messa a dimora, crescita e permanenza di specie vegetali ("green facade"), muri verdi ("living wall")</p> <p><b>Verde d'arredo privato</b><br/>(impianti vegetali relazionati a ville private o condomini)</p> |

Fig. 2 – Tabella di classificazione delle tipologie di impianti vegetazionali in ambito urbano

### Interazioni tra il fattore biotico "vegetazione" e i fattori abiotici in ambito urbano

Il fattore biotico "vegetazione", in ambito urbano, può essere sostanzialmente classificato in tre macro-categorie:

- Verde urbano
- Impianti vegetazionali integrati agli edifici
- Flora spontanea urbana

Tutte le "tipologie vegetali" sopra elencate, sono in grado di esercitare specifiche azioni sui fattori abiotici urbani, siano essi di tipo fisico (temperatura, soleggiamento, ventilazione, umidità dell'aria) che di tipo chimico (sostanze inquinanti), influenzandone sostanzialmente il livello qualitativo. Tale influenza riveste un ruolo fondamentale nella determinazione

delle caratteristiche microclimatiche urbane e, di conseguenza, sulle condizioni di salubrità e vivibilità degli ambienti urbani, sia in relazione agli spazi aperti che in rapporto a quelli confinati. Di contro, i fattori abiotici urbani comportano una retroazione su quelli biotici, e quindi anche sulla vegetazione urbana, favorendone lo sviluppo oppure, in taluni casi, determinandone ammaloramenti e condizioni di degrado (situazioni, queste ultime, riferite in particolare alla retroazione dovuta ai fattori abiotici chimici e quindi alle sostanze inquinanti presenti nelle atmosfere urbane e/o assorbite dal suolo). In tale scenario fenomenologico risulta evidente come, intervenendo con appropriate metodologie e consapevolezza sulle caratteristiche quali-quantitative del fattore biotico "vegetazione" in ambito urbano, in termini progettuali e correlati al livello della pianificazione urbana e della progettazione alla scala dell'edificio da un lato, nonché allo specifico livello tecnico-realizzativo (nel quale convergono i parametri legati alla tipologia, alla densità vegetazionale, alle modalità tecniche di impianto, ecc.) dall'altro, possa essere possibile progettare e ridefinire, in termini di riequilibrio, mitigazione e controllo, anche un "contesto immateriale" come quello costituito dal "microclima urbano", inteso come quel particolare regime climatico in cui nella definizione e nella variazione degli equilibri e dei suoi caratteri peculiari contribuisce in misura determinante, localmente, l'azione di trasformazione antropica. Controllare il microclima urbano significa riuscire a controllare i livelli di soleggiamento e intensità radiativa, sia al suolo che in rapporto agli edifici (livelli che sono fondamentali nella determinazione della temperatura esterna, in relazione al fatto che quest'ultima è una diretta funzione del re-irraggiamento delle superfici esterne, artificiali e naturali, nonché del suolo in particolare); riuscire a istituire particolari condizioni di ventilazione in rapporto ad una complessa realtà fenomenologica-aerodinamica che può essere mitigata o anche implementata dagli effetti di vento correlati alla morfologia urbana e quindi anche alla presenza e alla tipologia delle aree vegetazionali (filari, raggruppamenti arborei, ecc., possono determinare zone di ombra di vento, oppure favorire particolari effetti di deviazione, smorzamento e accelerazione dei flussi eolici negli spazi urbani); riuscire a mitigare gli onnipresenti fenomeni di inquinamento atmosferico che caratterizzano la maggior parte dei contesti urbani in quanto correlati a quelle tipologie di sorgenti inquinanti proprie delle strutture urbane, quali sorgenti lineari (arterie stradali), isolate (ciminiera di edifici e impianti industriali), areali (insieme numerosi di sorgenti di piccole dimensioni, quali ad esempio la moltitudine dei camini che caratterizza un agglomerato urbano), ecc. Per tali obiettivi, differenti sono le opzioni strategiche percorribili: progettare in maniera consapevole la morfologia urbana attraverso specifici criteri di organizzazione e disposizione degli elementi costruiti, utilizzare materiali e tecnologie in grado di influenzare la risposta dell'ambiente costruito nei confronti dell'azione dei fattori abiotici urbani (es. materiali di arredo urbano fotocatalitici per il controllo dell'inquinamento atmosferico; materiali, riflettenti per il controllo delle temperature, ecc.), ma l'opzione della progettazione e della realizzazione di strutture e impianti vegetazionali urbani, di varia natura e tipologia, costituisce una possibilità irrinunciabile e fondamentale, soprattutto in considerazione dell'importante "Servizio Ecosistemico" svolto dalla vegetazione, quale funzione in grado di produrre specifici benefici per l'uomo, misurabili e quantificabili.

**Morfologia e caratteristiche della vegetazione in ambito urbano quali parametri di controllo dei fattori e delle condizioni ambientali**  
La vegetazione, nei contesti urbani, può essere quindi pianificata e specificamente progettata per le finalità di controllo dei differenti fattori abiotici urbani, di

ordine fisico e di ordine chimico. Occorre intervenire sulle diverse tipologie degli impianti e delle aree vegetazionali, in termini di localizzazione (in rapporto all'edificato), di scelta delle specie vegetali, di organizzazione e disposizione, nonché di densità e dimensioni degli elementi e delle essenze vegetali. Le tipologie di riferimento, relativamente agli impianti vegetazionali urbani, possono essere sinteticamente raggruppate come nella tabella in fig. 2, laddove si pone una preliminare ma fondamentale distinzione tra impianti vegetazionali alla scala del comparto urbano e impianti vegetazionali alla scala dell'edificio e/o del comparto edilizio. Attraverso una opportuna e consapevole progettazione di tali tipologie di impianto risulta possibile il controllo di molteplici fattori ambientali, sia in riferimento agli spazi aperti che in rapporto a quelli confinati:

- Temperatura urbana negli spazi aperti e, di conseguenza, regolazione del  $\Delta T$  tra la temperatura outdoor e indoor (con influenza sui regimi di temperatura interna agli edifici);
- Mitigazione dell'anomali termica positiva (isola di calore urbana);
- Condizioni di ventosità locali (associabili al benessere ambientale, di natura termometrica; nonché alle dispersioni termiche convettive degli organismi edilizi);
- Umidità dell'aria negli spazi aperti;
- Irraggiamento solare diretto in rapporto alle superfici edilizie (da cui derivano parte dei carichi termici interni)
- Comfort termico invernale/estivo degli spazi indoor;
- Comfort acustico (mitigazione dell'inquinamento acustico) in rapporto agli spazi outdoor e indoor;
- Qualità dell'aria dell'ambiente urbano (miglioramento della qualità dell'aria
- rispetto la presenza degli agenti inquinanti; azione antisettica);
- Mantenimento dell'equilibrio idrologico urbano

| CONTROLO E AZIONE DELLA TIPOLOGIA DI IMPIANTO VEGETALE SUI FATTORI ABIOTICI URBANI           | FATTORI ABIOTICI FISICI |                  |                 |         | FATTORI ABIOTICI CHIMICI   |
|--|-------------------------|------------------|-----------------|---------|--|
|  | Temperatura             | Soleggiamento    | Ventilazione    | Umidità |  |
| A+ molto alto<br>A alto<br>M medio<br>B basso<br><br>Azione in rapporto agli spazi abitativi |                         |                  |                 |         | Sostanze gassose microinquinanti, sostanze gassose microinquinanti, sostanze sospese macroinquinanti, sostanze sospese microinquinanti, inquinanti secondari |
| Parchi urbani  | A<br>Iv.urbano          | A<br>Al suolo    | A<br>Iv.urbano  | A       | A/M<br>In funzione dell'estensione   |
| Foreste urbane   | A+<br>Iv.urbano         | A+<br>Al suolo   | A+<br>Iv.urbano | A+      | A  |
| Verde d'arredo   | M<br>Iv.urbano          | M<br>Al suolo    | M<br>Iv.urbano  | B       | B  |
| Verde attrezzato   | M<br>Iv.urbano          | M<br>Al suolo    | M               | M       | B  |
| Orti urbani  | M<br>Iv.urbano          | B<br>Al suolo    | -               | M       | M  |
| Verde incolto  | B<br>Iv.urbano          | B                | B               | B       | B  |
| Green roof, verde pensile  | M<br>Iv.urbano          | M<br>Su edifici  | -               | B       | M  |
| Verde verticale  | M<br>Su edifici         | A+<br>Su edifici | A<br>Iv.urbano  | B       | M  |
| Verde d'arredo privato   | M<br>Su edifici         | M<br>Su edifici  | M<br>Su edifici | B       | M  |

Fig. 3 – Matrice di relazione tra tipologia di impianto vegetale e fattori abiotici urbani. La matrice evidenzia l'efficacia dell'azione e del controllo che la specifica tipologia di impianto vegetale può determinare sui differenti fattori abiotici in ambiente urbano

In relazione a tale scenario risulta evidente come la progettazione degli impianti e delle aree vegetali negli ambienti urbani, non debba seguire criteri esclusivamente e meramente asserviti alle specificità funzionali (verde d'arredo, attrezzato, ecc.), ma come sia anche auspicabile il "cogliere l'occasione" per incidere in maniera positiva e migliorativa sulle caratteristiche microclimatiche e di salubrità dell'ambiente urbano, attraverso specifici criteri di progettazione, nonché tecnico-realizzativi (scelte localizzative, relative alla selezione delle essenze e delle specie vegetali, alle specifiche caratteristiche tipomorfologiche dell'impianto vegetale, ecc.). A tal fine, la

linea di ricerca all'interno della quale si collocano i concetti illustrati (passibile di sviluppi e a tutt'oggi in corso), esprime il tentativo di individuare possibili modalità di intervento e progettazione, in riferimento alle diverse tipologie di impianto vegetale urbano, in grado di attuare con efficacia ed incisività dell'azione, il controllo di specifici fattori ambientali selezionati tra quelli sopraelencati, laddove la selezione non può prescindere dall'analisi delle condizioni ambientali di riferimento (es. contesto ambientale fortemente inquinato da sostanze gassose macro e microinquinanti; condizioni ambientali particolarmente gravose in periodo estivo; ecc.).

| FUNZIONALITÀ SPECIFICHE PER GLI INTERVENTI DI "RIFORESTAZIONE URBANA"  |  |
|--|--|
| Funzionalità in relazione agli spazi outdoor (ambiente urbano)   | Funzionalità in relazione agli spazi indoor (ambiente abitativo)   |
| Mitigazione degli effetti dell'isola di calore urbana  | Diminuzione del $\Delta T$ tra la temperatura esterna e la "destinataria" indoor, con conseguenti risparmi energetici sulla climatizzazione estiva |
| Miglioramento della qualità dell'aria: controllo ed assorbimento degli agenti inquinanti, con effetti rilevanti sull'assorbimento di CO <sub>2</sub> , di PM10, ecc. | Conseguente riduzione nei livelli della qualità dell'aria indoor in relazione all'assorbimento degli inquinanti esterni                            |
| Ragionevole idrica   |  |
| Assorbimento acustico e miglioramento delle condizioni acustiche dell'ambiente urbano nelle zone urbane  |  |
| Trasmissione di eventuali vapori caldi e flussi di umidità indichibili in rapporto alla zona urbana circostante sottostante l'area "forestale"                       |  |

Fig. 4 – Specifiche funzionalità di controllo ambientale per gli interventi di "riforestazione urbana"

| FUNZIONALITÀ SPECIFICHE PER GLI IMPIANTI VEGETALI DI "GREEN ROOF"   |  |
|---|--|
| Funzionalità in relazione agli spazi outdoor (ambiente urbano)  | Funzionalità in relazione agli spazi indoor (ambiente abitativo)   |
| Mitigazione degli effetti dell'isola di calore urbana (se opportunamente e non opportunamente realizzati nel contesto urbano) | Miglioramento del contenimento e del risparmio energetico in periodo invernale   |
| Miglioramento della qualità dell'aria: controllo ed assorbimento degli agenti inquinanti                                      | Miglioramento del comportamento energetico estivo degli edifici o contenimento della temperatura interna degli spazi abitati |
| Ragionevole idrica  |  |
| Assorbimento acustico e miglioramento delle condizioni acustiche dell'ambiente urbano   | Protezione dell'inquinamento acustico e miglioramento delle caratteristiche acustiche degli ambienti                         |
| Assorbimento sonoro o miglioramento delle condizioni acustiche dell'ambiente urbano   | Protezione dall'inquinamento elettromagnetico  |

Fig. 5 – Specifiche funzionalità di controllo ambientale per gli impianti vegetali di "green roof"

**La correlazione tra specificità dell'impianto vegetazionale e controllo dei fattori ambientali**

Ciascuna delle tipologie di impianto illustrate (tabella in fig.2) è caratterizzata dalla possibilità di controllare e mitigare, con efficacia più o meno sensibile, differenti fattori e condizioni ambientali. In linea di principio, può essere definita una matrice di relazione (fig. 3) in grado di fornire un orientamento sull'entità del controllo ambientale che una specifica tipologia di impianto vegetazionale può determinare, fermo restando che il livello specifico dell'azione di controllo è generato dalle specificità tecnico-progettuali dell'impianto.

Dalla matrice di relazione si evince, oltre che lo specifico contesto di incidenza dell'azione (a livello dello spazio urbano oppure a livello degli edifici e dei comparti edilizi) come alcune tipologie di impianto risultino maggiormente funzionali al controllo e alla mitigazione di particolari fattori abiotici. Da notare come, a livello urbano, gli interventi cosiddetti di "riforestazione urbana" raggiungano i valori di efficacia più elevati in quanto in grado di massimizzare il "servizio ecosistemico" prodotto dalla vegetazione attraverso la creazione di neoeosistemi in grado di auto-gestirsi e auto-mantenersi in assenza di specifiche azioni esterne (in tempi recenti, gli interventi di riforestazione urbana hanno avuto concreta attuazione in numerose aree metropolitane, da New York, a Chicago, Santiago del Cile, Pechino, ecc.). Nelle esperienze realizzate, oltre l'azione di mitigazione dell'isola di calore, le aree interessate hanno fatto registrare livelli di abbattimento del PM10 e di rimozione del particolato inquinante caratterizzate da percentuali anche superiori al 10%, determinando pertanto un contributo che, sebbene non risolutivo della problematica, risulta comunque apprezzabile e non trascurabile. Per una più specifica descrizione degli effetti e delle azioni di controllo ambientale che le specifiche tipologie di impianto vegetazionale possono consentire, nell'ambito della ricerca in oggetto sono state definite

specifiche tabelle di "funzionalità" per ciascuna tipologia di impianto. Di seguito nelle figg. 4 e 5, sono riportati due esempi di tabelle di sintesi relative, una, agli impianti vegetazionali alla scala urbana, l'altra, alla scala dell'edificio e del comparto edilizio.

### **Conclusioni**

Dalla ricerca elaborata risulta evidente l'importante contributo che gli impianti vegetazionali nei contesti urbani possono fornire ai fini del controllo dei differenti fattori abiotici e delle condizioni ambientali urbane più in generale. Le conclusioni della ricerca già consentono di restituire un quadro, seppure sintetico e di natura essenzialmente qualitativa, circa la rispondenza delle varie tipologie di impianto vegetale urbano a specifici obiettivi ed azioni di controllo ambientale. Tuttavia i risultati ottenibili in tal senso,

fanno per l'appunto riferimento a valutazioni essenzialmente qualitative che, anche se non discostano dalla realtà espressa dagli effettivi valori quantitativi (valori relativi alle specifiche percentuali di abbattimento degli inquinanti, valori relativi alla effettiva mitigazione degli effetti correlati alla ventilazione e al soleggiamento, ecc.) non sono in grado di restituire con accurata precisione l'incidenza effettiva dell'azione di controllo. In tale quadro sarebbero auspicabili e di rilevante utilità, azioni di monitoraggio dei parametri ambientali di natura microclimatica definiti in condizioni di post-intervento. Oramai molteplici e importanti sono le realizzazioni relative agli impianti vegetazionali negli ambienti urbani, azioni promosse da un crescente interesse culturale e scientifico verso la tematica: Istituti e centri di ricerca (in grado di disporre e predisporre

strumentazioni idonee), potrebbero aprire interessanti direzioni di ricerca monitorando i parametri ambientali in prossimità e nelle zone di intervento, tentando di restituire la specificità del dato quantitativo dell'azione di controllo ambientale, seppure nella sua fisiologica variabilità conseguente alla molteplicità dei fattori in gioco ed in grado di intervenire sull'effettivo livello dell'azione.

### **NOTE**

1. I servizi ecosistemici, ("ecosystem services"), sono rappresentati dai "benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano" (definizione tratta dal progetto di ricerca Millennium Ecosystem Assessment - MEA; 2005)