

# SMC

SUSTAINABLE MEDITERRANEAN CONSTRUCTION  
LAND CULTURE, RESEARCH AND TECHNOLOGY



FOCUS ON

## SDG 2030 HEALTH CLEAN WATER RESOURCES

N. THIRTEEN  
2021

LUCIANO EDITORE

## SMC MAGAZINE N. THIRTEEN/2021

- 005\_ VIEW\_ECOLOGICAL TRANSITION: LANDSCAPE ECOLOGY AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS  
*Dora Francese*
- 023\_ BOARDS AND INFORMATION
- FOCUS ON AGENDA 2030. SUSTAINABLE CONSTRUCTIONS OF HUMAN HABITAT
- 027\_ PLURALITY OF THEMES AND POTENTIALS IN THE LANDSCAPE. For a new research methodology  
*Pasquale Persico, Roberto Vanacore, Felice De Silva*
- 032\_ A COMPARATIVE STUDY OF OUTDOORS THERMAL COMFORT IN THE MEDITERRANEAN CLIMATE  
*Kahina Labdaoui, Said Mazouz, Shady Attiac, Jacques Teller*
- 038\_ COASTAL CULTURAL HERITAGE AND SUSTAINABILITY. Cultural issues and development scenarios of the archaeological site of Herculaneum  
*Bianca Gioia Marino, Raffale Amore*
- 048\_ SUSTAINABLE DESIGN WITH ARCHITECTURAL MEMBRANES. Analytical report on three academic workshops  
*Paulo Mendonça*
- 056\_ HIGH ISOLATION HOSPITAL CLUSTERS. A model for managing health emergencies in pandemic times  
*Eugenio Arbizzani*
- 063\_ EVOLUTION OF THE RELATIONSHIP OF TROGLODYTIC DWELLINGS TO THE EARTH. (From excavation to vegetated envelope)  
*Houda Driss*
- 068\_ CULTURAL HERITAGE AS A PUBLIC GOOD: SUSTAINABLE USE OF A SYMBOLIC SITE IN NAPLES. Returning the castle to the citizens  
*Claudia Lombardi, Maria Maio, Marina Fumo*
- 073\_ 3D PRINT E CIRCULAR ECONOMY. Innovation and sustainability for the construction sector  
*Giuseppe Vaccaro, Luca Buoninconti*
- 083\_ COLONIAL HERITAGE. An alternative for a better thermal comfort  
*Athar Chabchoub, Safa Achour Younsi, Fakher Kharrat*
- 088\_ KNOWING THE INVISIBLE DIMENSIONS OF WATER THROUGH AUGMENTED INTERACTIONS AND PERCEPTIONS  
*Camelia Chivăran*
- 094\_ LIVING CITIES. A dialogue between environment and construction  
*Gigliola D'Angelo, PilarCristina Izquierdo Gracia*
- 099\_ BEHAVIOR IMPROVEMENT OF EARTH-BASED MATERIAL  
*Saad Bensallam, Jihane Ahattab, Khalid Rkha Chaham, Mounsi Ibnoussina, Marouane Bajbouji, Hicham Jakjoud*
- 106\_ HUMAN-CENTRED DESIGN: PARTICIPATED ENERGY RETROFIT FOR EDUCATIONAL BUILDINGS  
*Antonella Violano, Imad Ibrik, Monica Cannaviello*
- 117\_ DIGITAL STRATEGIES FOR THE MANAGEMENT AND THE EXTENDED FRUITION OF PUBLIC GREEN AREAS  
*Giuseppe Antuono, Lia Maria Papa*
- 123\_ BALANCING ADAPTATION AND MITIGATION STRATEGIES THROUGH AN INTEGRATED APPROACH. Climate responses in the human habitat  
*Anna Codemo, Sara Favargiotti, Rossano Albatichi*
- 130\_ METHODOLOGICAL FEATURES AND GUIDELINES FOR THE REFURBISHMENT OF MEDITERRANEAN HOTELS. The case study of Halkidiki peninsula  
*Angelo Bertolazzi, Frida Bazzocchi, Androniki Foutsitzoglou, Elisa D'Agnolo, Giorgio Croatto, Rossana Paparella, Umberto Turrini*
- 136\_ GREEN CITIES BETWEEN ADAPTIVE DESIGN AND CIRCULARITY OF RESOURCES  
*Fabrizio Tucci, Valeria Cecafosso*
- 148\_ APPLICABILITY OF WINDCATCHER TECHNOLOGY IN MEDITERRANEAN REGION. A case study in Messina, Sicily  
*Ruggero Todesco*
- 153\_ SUSTAINABLE STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT OF UNESCO SITES: THE MEDINA OF MARRAKECH  
*Sofia Gomih, Emanuele Leporelli, Massimiliano Martino, Giovanni Santi*
- 160\_ THE SCHOOLYARD: A RESOURCE FOR HEALTH AND EDUCATIONAL INNOVATION  
*Valentina Dessì, Maria Fianchini*
- 166\_ IN THE ORIGINS BETWEEN MEMORY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. The productive space of the drawing  
*Adriana Rossi, Santiago Lillo Giner*

- 173\_ SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL 11. Heritage as resource in lockdown  
*Marianna Rotilio*
- 179\_ RESTORATION OF KIMIS TIS THEOTOKOY MONASTERY. Requalification and "new normality"  
*Emanuele La Mantia*
- 186\_ ADDITIVE TECHNOLOGY: A CONTRIBUTION TO THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY  
*Ilaria Oberti, Francesca Plantamura*
- 191\_ VERTICAL HABITAT: WATER, GREENERY AND SUSTAINABILITY IN ITALIAN SKYSCRAPERS  
*Simona Talenti, Annarita Teodosio*

REVIEWS

- 200\_ RIABITARE LA CITTÀ. RIGENERAZIONE URBANA DELL'EX FIERA DI ROMA  
*Ivonne Marabotto*

# GREEN CITIES BETWEEN ADAPTIVE DESIGN AND CIRCULARITY OF RESOURCES

## Abstract

This report examines an urban regeneration in a peripheral neighbourhood of Rome for which the *green city approach* was chosen: a strategic framework platform for intervention that systematizes high environmental quality, efficiency, and circularity of resources, climate change mitigation in a well-being based framework upon on social inclusion city's long-term development. The Torvecchia neighbourhood is "confined" between an urban area, Primavalle, which is not free from various problems, and the rural one of Valle dei Fontanili, with a strong presence of albeit decayed nature lying outside the study area. The neighbourhood, like many peripheral areas, is looking for a definition to escape marginalization and underdevelopment. From the methodological perspective, the project module has a generalizable value and an implementation in progress.



Fig.1 - The IACP neighbourhood of Torvecchia in Rome that is the object of the experimentation

**Keywords:** Adaptive Design, Green Building Approach, Resource Circularity, Bioclimatic Technologies, Climate-Responsive Design

## Introduction

In a continuously changing framework marked by instability and uncertainty, the environmental sustainability issues are constantly evolving, from resilience and adaptation to climate change, decarbonization and global warming mitigation from the need to offer answers to the exhaustibility resources to



Fig.2 - Torvecchia neighbourhood images

protect the quality of natural and environmental capital – issues for which the city can increasingly play the role of engine of development.

Improving the ecological quality, sustainability, and resilience of cities is decisive for citizens well-being, for growing social inclusion, and for promoting local development and new employment – all correlated aspects and necessary conditions for the operation's success.

The city in fact has a huge impact on the environment, and circularity is one of the solutions that can minimize this impact, and one of greatest issues in sustainable development. The circular economy tends to regenerate itself by re-designing processes, products, and services in order to reuse materials in subsequent production cycles, reducing waste and the use of raw materials as much as possible, as well as the related energy consumption and carbon dioxide emissions, for a development not anchored to economic parameters alone, but also attentive to factors of qualitative growth that are linked to social and environmental aspects. Improving the life quality cannot go beyond the load capacity of the support ecosystems it depends on; development must be based on the natural, renewable flows of energy and resources between the economy and the environment, because the faster the resources consumption is, the less time is available for society's survival.

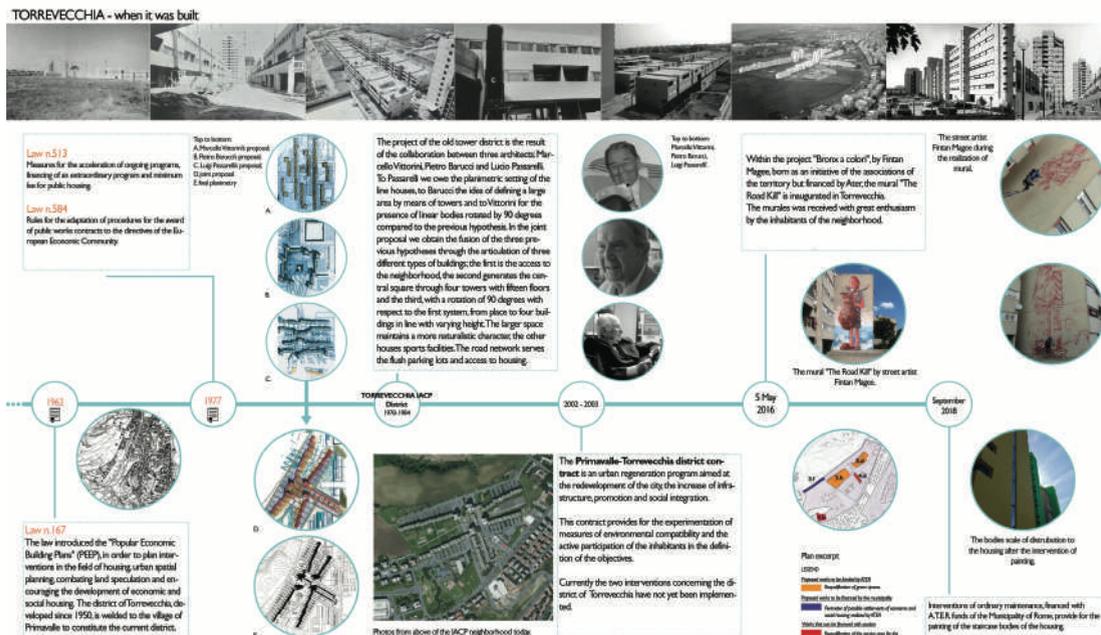


Fig. 3 – The neighbourhood from 1962 to today

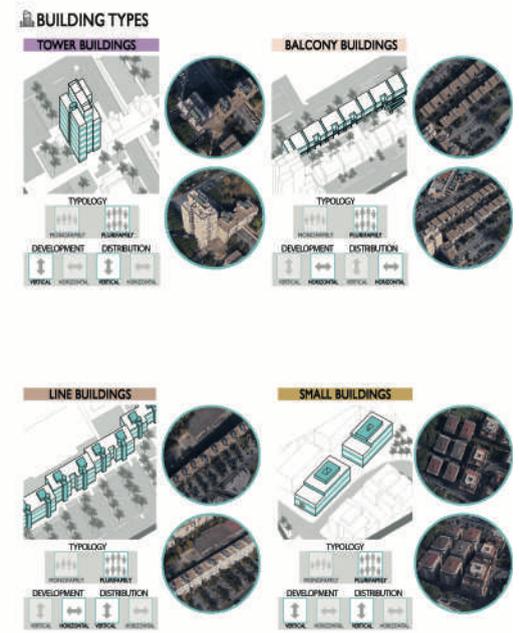


Fig. 4 - Three-dimensional diagram of building typologies

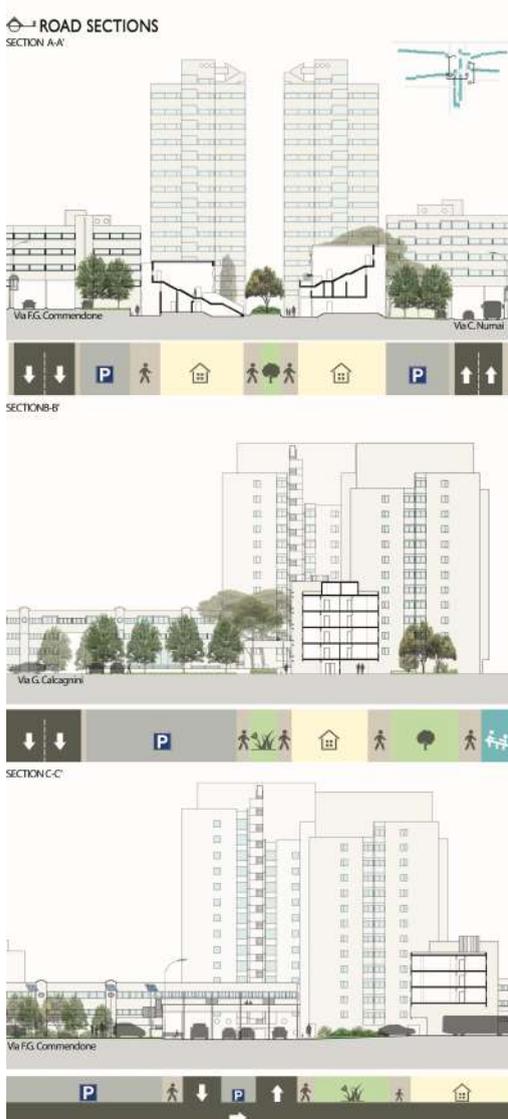


Fig. 5 - Sample sections of public space with the description of the type of use and materials

the "physical" but the performative sense). The "green city approach" is based on high environmental quality, on the efficiency and circularity of resources, and on mitigation of the causes of climate change – a non-theoretical response but one already applied in Europe and the world; experiences of it are known with a multi-sectoral approach integrated with planning, with organizational models, and with significant results in terms of growth and green requalification.

This approach emerges from the international policy documents Global Green New Deal of UNEP in 2008 and Towards Green Growth of the OECD in 2010, foundations of the circularity processes concept and of Green Economy [10] [17] and is adopted by the European Commission for the European Green Capital Award as the award criterion to European cities that have contributed to defining the policies and measures for green cities.

Its key principles are based on method and design approaches typical of green and circular economies and their innovation charge lies in the problems setting and vision and in the interaction between Green Economy, Green City and Adaptive and Resilient Design. The reference principles are characterized by the self-reliant approach (reflexivity, self-organization and inclusiveness), error-friendliness approach (robustness, flexibility and adaptability), dynamic-responsive approach (integration, connectivity and reactivity)

In Italy, significant contributions came with a 2016-2019 ministerial scientific research programme on adaptive design and technological innovations for climate change, and with the Manifesto "La Città Futura," proposed by a group of Italian and international experts in 2017. Moreover, last year the theme was adopted by the international Green City Network promoted by the Foundation for Sustainable Development.

This approach was adopted for the requalification of a peripheral neighbourhood of the Capital, the former IACP (now ATER) neighbourhood of Torrevicchia. Renzo Piano, who has dedicated his commitment as Republic Senator to this issue, maintains: "The peripheries have to become cities." The project thus takes up the challenge of its application also to a setting marked by objective problems, and confirms the importance of a restoration that can only start from proper management and respect for the natural environment, in the full awareness that the proposed solutions may provide support with respect to the demand to overcome the marginality condition. And this support goes beyond physical recovery, environmental restoration, and improving road accessibility, integrated with valorizing cultural heritage, economic revitalization, improving the infrastructure, and reinforcing services to citizens.

### Purpose and objectives of the experimentation

The research, financed by two public bodies, has the objective of producing a scientific model for the design development of the requalification actions of a pilot neighbourhood to be established in a large Italian city, in order to increase its ecosystemic quality, climate mitigation, and bioclimatic/environmental performance on interventions occasion to regenerate the public housing stock from the Green City Approach perspective.

The experimentation proposes ensuring the full use of natural bioclimatic factors, optimizing their positive consequences on environmental comfort and on sustainability, through design simulations aimed at testing the improvements that are introduced, and at assessing their actual benefits.

The study area is the Torrevicchia neighbourhood, on the western periphery of Rome, next to the Primavalle neighbourhood,

inaugurated in 1939 and completed in the 1950s, built to accommodate the population of historic city center following the medieval fabric demolition of the city to create the new urban configuration of Rome. The Torrevicchia project was entrusted to the architects Pietro Barucci, Lucio Passarelli and Marcello Vittorini in 1978 and completed in 1984. Its 3,600 residents live in 1,074 dwellings in a district less than 25 hectares in area. The neighbourhood was developed with the financing under Law no. 584/1977 (Urgent measures for acceleration of the programmes underway in public residential building). Designed in 1978, it was completed in 1984. The study area is the Torrevicchia neighbourhood, on the western periphery of Rome, next to the Primavalle neighbourhood. Its 3,600 residents live in 1,074 dwellings in a district less than 25 hectares in area. The neighbourhood was developed with the financing under Law no. 584/1977 (Urgent measures for acceleration of the programmes underway in public residential building). Designed in 1978, it was completed in 1984.

In terms of urban planning, the composition hinges on a central piazza defined by four tower buildings towers (15 stories tall), delimited by a group of offices, a bar, and a small social centre. The piazza is connected to Via di Torrevicchia by a pedestrian path, around which are two buildings running in a straight line (3 stories tall) with two residential levels and one of shops. In one building, the stairways run along the hanging path, while on the other they reach ground level. From the piazza, four buildings run perpendicularly to the low houses, varying from 4 to 7 stories tall. Thanks to a progressive series of setbacks, these buildings open wide towards the ends, thus freeing up within them two green spaces devoted respectively to public gardens and to greenery and sports facilities. Outside these arms are the public car parks. The architectural solutions adopted in the various buildings are simple and homogeneous, with prefabricated concrete panels and strip windows with red metal fixtures. The entire area is surrounded by a series of services like schools, gyms, offices, and commercial activities, while in the other direction are large expanses of farmland; still visible is the uncovered stretch of Fosso dei Fontanili, the canal once fed by natural sources, and now reduced to a drainage ditch. Until the 1960s, the zone was essentially part of the *agro romano*, with small shacks scattered here and there, and signs of its farming past are evident to this day. At the start of the subsequent decade, the area was affected by strong urbanization that brushed up against Primavalle. Although endowed with many non-urbanized areas, it has no public parks; the two public parks nearby (Riserva naturale dell'Insugherata and Parco regionale urbano del Pineto) are quite distant from the inhabited area.

The Torrevicchia area is highly congested in terms of mobility, which must be reorganized on a local level and in terms of connections with the major arteries. Currently in fact, there are only two access nodes to the city – Piazza Irnerio and Via Cortina d'Ampezzo, and the only junction with the ring road (GRA) is the Via Boccea entrance. For public rail transport, there is Line FM3, with the San Filippo Neri and

#### KEYPLAN TREE ESSENCES



#### LEGEND

##### EVERGREEN ESSENCES

	SPRING	SUMMER	AUTUMN	WINTER
3. <i>Citrus medica</i>				
6. <i>Cupressus</i>				
8. <i>Eucalyptus</i>				
10. <i>Magnolia</i>				
11. <i>Nerium oleander</i>				
12. <i>Olea europaea</i>				
16. <i>Pinus</i>				
17. <i>Pittosporum</i>				
19. <i>Washingtonia</i>				

##### DECIDUOUS ESSENCES

	SPRING	SUMMER	AUTUMN	WINTER
20. <i>Acacia</i>				
21. <i>Acer campestre</i>				
22. <i>Aesculus hippocastanum</i>				
24. <i>Albizia julibrissin</i>				
25. <i>Carpinus betulus</i>				
35. <i>Ligustrum</i>				
36. <i>Styrax officinalis</i>				
39. <i>Morus</i>				
43. <i>Populus</i>				
47. <i>Quercus ilex</i>				

Fig. 6 – Plan of tree species

Monte Mario stops, and the Metro A with the Battistini stop, all difficult to access with limited parking and weak intermodality.

In the neighbourhood, many green areas are uncultivated both inside and at the margins of the urban fabric; shaded areas are absent, and sunlight on open spaces is excessive, with consequent heat island phenomena, limiting these areas' usability; conversely, deciduous tree species are present along the road axes with high vehicular traffic, with the consequent emission of pollutants and fine dust, while shielding from cold winter winds is lacking; neighbourhood cycling and pedestrian as well as wider-radius paths are wholly absent. Public spaces are inadequately lit to the point of appearing unsafe, and petty crime phenomena are also a presence.

The buildings are obsolete and decayed due to the lack of maintenance interventions; inside the dwellings, temperatures are too hot in the summer and too cold in the winter. In thermohygrometric terms, these are real estate units with negative well-being impacting the health of those who live there. The building fabric is also marked by roofing in dark colours and

with material characteristics that do not favour the building of an adequate microclimate.

The project thus calls for the bioclimatic adjustment of open public spaces, attributing specific functions to them, and the valorization of the green that is present, by increasing the tree species to combat heat islands, offer shade, and prevent the phenomena connected to extreme rains and downpours with augmented permeable areas and a reorganization of plants in accordance with a design in keeping with improving comfort and strengthening mobility in a sustainable way. The buildings retrofitting will instead involve morphological, functional, and technological aspects of the buildings themselves and of their exterior spaces. An objective of the experimentation is to provide usability to public spaces, and liveability to dwellings, impacting the comfort factors by raising environmental well-being and strengthening capacities for resilience and adaptation to the effects of climate change, with reduced energy consumption and CO2 emissions, thus helping determine favourable conditions for social and economic

development for the neighbourhood's inhabitants.

Another, no less important objective is to nourish a debate and dialogue within the scientific community, aimed at increasing technological and scientific knowledge on the issue of models for ecosystemic and environmental requalification intervention, and towards this end, two congruent lines of strategic guidance emerge:

- assessment of the improved environmental comfort of the spaces, through comparison between the starting situation and the situation arrived at after adopting the design actions;
- implementation of a structured database of all the elements of knowledge of the current state and of the assessments forecasting the project's results;

these lines will allow the experiences to be capitalized on and indications to be drawn from them for other projects and experimentations, with gradual updating; they will also make it possible to study the phenomenon of environmental requalification through the temporal developments of the methodology and the technological innovations as they are introduced, relating them to the produced outcomes.

### Adopted methodology

The methodological approach is based upon

comparison with documents [7][8] from international and European bodies [2] [11], and on guidelines and strategies put in place by the States General of the Green Economy and by the Green City Network in Italy [6] [13]. It is based on the following steps:

- construction of a framework of reference and identification of the technological systems that are the experimentation object;
- definition of intervention scenarios and development of alternative analyses with innovative instruments;
- selection of the solutions most appropriate in relation to the dynamic simulation results;
- formulation of the intervention model adaptive to different settings.

The experimentation developed in the following phases.

Phase 1: Examination of the current state of the area and context of reference, organized in the following points:

- 1.1 Study of climate data and of the leading environmental factors, based on official data and Big Data for the characterization of the environmental system.
- 1.2 Construction of the model of dynamic simulations with four variables, one of which is the time for analysis of the variations in days and key times, and acquisition of the corresponding data.
- 1.3 Development of dynamic simulations of microclimatic and environmental

behaviour, double ring, relating to the urban area that is the object of the intervention, and to another segment around it, in order to measure the produced effects more reliably. The processing is done with Envi-met software on the *ante operam* conditions of natural ventilation, hygrometry, sunlight, natural lighting, and the thermal conditions of Air Temperature (AT), Physiological Equivalent Temperature (PET), and Mean Radiant Temperature (MRT).

- 1.4 Measurements with diagnostic tools and/or sensors (heat flow meter, thermographic camera, control unit) of the environmental parameters, in order to systematize the simulations and form the definitive analytical framework of microclimate behaviour.
- 1.5 Development of discomfort parameters and measurement of degree of dissatisfaction, using the PMV (Predicted Mean Vote) and PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) indices.
- 1.6 Identification of the key points representing the environmental bioclimatic behaviour of the entire area, and detailed study of findings.
- 1.7 Assessment of the bioclimatic-environmental analytic results on the *ante operam* state on a yearly basis, taking account of the best possible calibration of

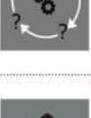
BASELINE MACRO-QUESTIONS	GUIDELINES	STRATEGIES	MEASURES / CATEGORIES OF ACTIONS MOST COMMON IN CASE STUDY PRACTICES
 GLOBAL WARMING AND ENVIRONMENTAL/ CLIMATE CHANGE IN GENERAL	1. ADDRESSING THE CLIMATE CHALLENGE WITH MEASURES OF ADAPTATION AND MITIGATION FOCUSED ON BIOCLIMATIC AND ENERGY-RELATED UPGRADING	1.1.  ADAPTATION AND AUGMENTATION OF THE CAPABILITIES OF RESILIENCE TO ENVIRONMENTAL CHANGES 1.2.  MITIGATION OF THE CAUSES OF CLIMATE CHANGE	<b>M1.1.1</b> Formulation of plans and/or programs for developing resilience and capacity of adaptation to climate change <b>M1.1.2</b> Adaptation to urban heat islands <b>M1.1.3</b> Increased resilience to heat stress <b>M1.1.4</b> Increased resilience and adaptation to drought <b>M1.1.5</b> Adaptation to intense precipitation, storms, pluvial flooding <b>M1.1.6</b> Adaptation to rising seas along anthropic coastal systems <b>M1.2.1</b> Acceleration of deep-energy renovation processes geared towards lowering greenhouse-gas emissions <b>M1.2.2</b> Enactment of performance-based methods of planning designed to lower emissions <b>M1.2.3</b> Optimisation of the relationship between greenery (in its various scales) and elimination of CO2 <b>M1.2.4</b> Optimisation of the relationship between sustainable urban mobility and decreased greenhouse-gas emissions <b>M1.2.5</b> Actuation of green building plus evaluation of the economic, environmental and social benefit of their reduction
 GRADUAL WORSENING OF NEGLECT AND LAND CONSUMPTION AND IN CITIES	2. PROMOTING URBAN REGENERATION AND UPGRADING OF EXISTING BUILDING STOCK	2.1.  PROMOTION OF PROCESSES OF URBAN REGENERATION AND SAFEGUARDING OF LAND 2.2.  PROMOTION OF UPGRADING, RECOVERY AND MAINTENANCE OF EXISTING BUILDING STOCK	<b>M2.1.1</b> Regeneration to limit the consumption of land <b>M2.1.2</b> Denaturation of the urban fabrics being transformed, with work on urban "gaps" and "non-sites" <b>M2.1.3</b> "Hybridisation" of mono-functional areas through the introduction of a mix of functions, activities and uses <b>M2.1.4</b> Regeneration of urban spaces, residential and otherwise, that have deteriorated or been taken out of use, through physical transformation or a change in their designated use <b>M2.1.5</b> Regeneration of urban infrastructures that have deteriorated or been taken out of use, through physical transformation or a change in their designated use <b>M2.1.6</b> Prevention of hydrogeological risks through improvement of surface permeability, urban drainage grids, flood outlets etc. <b>M2.2.1</b> Planning of the most widespread and continuous upgrading possible of public and private building stock <b>M2.2.2</b> Planning of maintenance of existing building stock to increase its durability and quality <b>M2.2.3</b> Presentation of seismic risks for building stock, including for example, facilitation of procedures and authorizations <b>M2.2.4</b> Upgrading and reuse of building stock to respond to new housing needs, first and foremost for social housing <b>M2.2.5</b> Upgrading and reuse of building stock to meet new needs for services and economic activities
 OVERALL UNSUSTAINABILITY OF THE PROCESSES UNDERWAY IN CITIES	3. ENHANCING PUBLIC SPACES THROUGH INNOVATIVE PROJECTS TO BE USED AS A MODEL FOR DISSEMINATING AN APPROACH BASED ON LIFE-CYCLE AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY WITHIN DECISION-MAKING PROCESSES	3.1.  SYSTEMATIC IMPLEMENTATION OF THE EVALUATION OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND THE LIFE-CYCLE APPROACH IN DECISION-MAKING PROCESSES 3.2.  PROMOTION OF INNOVATIVE PROJECTS AND INITIATIVES FOR THE UPGRADING OF PUBLIC SPACES AS DRIVERS OF SUSTAINABILITY	<b>M3.1.1</b> Development of local policy/regulatory tools designed to provide incentives for environmental evaluation and life-cycle assessment <b>M3.1.2</b> Development of planning tools for estimating, evaluating and environmentally certifying processes of transformation before they occur <b>M3.1.3</b> Development of tools for the environmental monitoring of processes of transformation after the fact <b>M3.1.4</b> Development of appropriate benchmarks, targets and databases focused on the specific needs of the local territory <b>M3.1.5</b> Enactment and local application of circular programs of production-use-production organisation <b>M3.2.1</b> Policy-regulatory application of Green Public Procurement to processes for the upgrading of public spaces <b>M3.2.2</b> Application of advanced ecological criteria and minimal environmental criteria to all types of initiatives involving public spaces <b>M3.2.3</b> Promotion of initiatives for local territories (Smart Cities and Smart Buildings to Smart Cities) and vice versa, with virtuous processes of feedback <b>M3.2.4</b> Incentives and facilitated terms for application of the rules and corrective measures of the Codes of Public Contracts
 IMPOVERISHMENT OF BIOPHYSICAL RESOURCES, GREENERY AND INCREASE IN POLLUTION	4. MAKING THE SAFEGUARDING OF NATURAL CAPITAL AND OF THE ECOLOGICAL QUALITY OF URBAN SYSTEMS THE KEYS TO REVIVING ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING	4.1.  PROMOTION OF NATURAL CAPITAL, AIR QUALITY AND ECOSYSTEMIC SERVICES 4.2.  INCREASING THE ECOLOGICAL QUALITY OF SYSTEMS OF MOBILITY	<b>M4.1.1</b> Promotion/optimisation of green infrastructures, as well as their multifunctional and multipurpose capabilities <b>M4.1.2</b> Promotion/optimisation of ecological corridors and green belts based on the characteristics of the context and biodiversity <b>M4.1.3</b> Promotion/upgrading of parks and gardens, tree areas and green envelopes, based on the characteristics of the context <b>M4.1.4</b> Promotion/upgrading of urban gardens and short-chain production systems, based on the characteristics of the context <b>M4.1.5</b> Planning of maintenance and management of greenery <b>M4.1.6</b> Reduction of emissions polluting the air, as part of the management and reorganisation of the activities of the urban system <b>M4.1.7</b> Initiatives for the absorption of polluting substances found in the atmosphere as part of the territory-city-building system <b>M4.2.1</b> Promotion of the use of public transport <b>M4.2.2</b> Increase in networks of bicycle routes and pedestrian paths using either existing linear infrastructures or new ones <b>M4.2.3</b> Segregation of parking areas for private vehicles in public spaces <b>M4.2.4</b> Promotion of mobility sharing through advanced technology, including ITC and ITS systems <b>M4.2.5</b> Incentives for the use of electric, hybrid and bio-methane motor vehicles <b>M4.2.6</b>
 IMPOVERISHMENT OF THE QUALITY, IDENTITY AND BEAUTY OF URBAN LIVING SPACE	5. SAFEGUARDING AND INCREASING THE CULTURAL CAPITAL AND THE QUALITY AND IDENTITY OF TERRITORIES, LANDSCAPES, CITIES AND MINOR TOWNS	5.1.  OPTIMISATION OF CULTURAL CAPITAL 5.2.  SAFEGUARDING, OPTIMISATION AND AUGMENTATION OF THE QUALITY AND IDENTITY OF TERRITORIES, LANDSCAPES, CITIES AND MINOR TOWNS	<b>M5.1.1</b> Recognition, safeguarding and optimisation of cultural assets <b>M5.1.2</b> Optimisation of the anthropic-cultural ecosystems of internal areas <b>M5.1.3</b> Promotion of a cultural economy <b>M5.2.1</b> Recognition, safeguarding and optimisation of the identities of places <b>M5.2.2</b> Definition of criteria and standards for increasing the architectural and urban-planning quality of the built environment <b>M5.2.3</b> Promotion of a certain level of uniformity and equality in the distribution of quality within the urban environment
 INEFFICIENT USE OF RESOURCES AND NON-CIRCULARITY OF CONSTRUCTION AND REGENERATION PROCESSES	6. OPTIMISING TECHNOLOGICAL CAPITAL TO INCREASE THE QUALITY, EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF THE USE OF RESOURCES	6.1.  PROMOTION OF ENERGY AND BIOCLIMATIC EFFICIENCY AND THAT OF RENEWABLE SOURCES 6.2.  INCREASING THE ECOLOGICAL QUALITY OF TECHNOLOGICAL CAPITAL AND THE EFFECTIVENESS OF THE CIRCULAR USE OF RESOURCES	<b>M6.1.1</b> Increased energy efficiency and reduced consumption by buildings and building agglomerations, both public and private <b>M6.1.2</b> Use of passive bioclimatic solutions involving natural ventilation, cooling, heating and lighting <b>M6.1.3</b> Implementation of smart automated systems of home and building management in support of energy performance <b>M6.1.4</b> Implementation of methods of planning based on processes for the simulation and modelling of environmental characteristics <b>M6.1.5</b> Use of technologies for the production of energy from renewable sources, including the sun, wind, geothermal energy, biomass, hydrogen etc. <b>M6.1.6</b> Use of Smart Grids or Dynamic Smart Grids for widespread, highly adaptable distribution of the energy produced from renewable sources <b>M6.1.7</b> Use in planning and design of materials that are eco-compatible, nature-based, recycling-based and that offer high performance environmentally <b>M6.2.1</b> Prevention and reduction of the production of scrap and waste generated by Dwelling and Building processes <b>M6.2.2</b> Separation of production-use processes <b>M6.2.3</b> Differentiated collection and recycling of waste generated by processes of Dwelling <b>M6.2.4</b> Differentiated collection and recycling of scrap materials from construction and demolition activities <b>M6.2.5</b> Collection and reuse of grey-water and rainwater resources in buildings and open spaces <b>M6.2.6</b> Creation of water consumption and promotion of its effective and efficient use in buildings and open spaces <b>M6.2.7</b> Use of purification networks ensuring high quality of purified effluents and treatment-recovery of the muds generated <b>M6.2.8</b>
 SOCIAL DECAY, INJUSTICE, IMPOVERISHMENT, INSECURITY AND DISCRIMINATION IN CITIES	7. SAFEGUARDING SOCIAL CAPITAL AND PROVIDING INCENTIVES FOR PROCESSES OF PARTICIPATION, SHARING AND INCLUSION 8. SAFEGUARDING SOCIAL CAPITAL AND PLANNING A DESIRABLE FUTURE FOR CITIES	7.1.  SAFEGUARDING SOCIAL CAPITAL AND PROVIDING INCENTIVES FOR PROCESSES OF PARTICIPATION, SHARING AND INCLUSION 7.2.  PROMOTION OF THE TRANSITION OF CITIES TO MODELS THAT INCREASE LIVEABILITY AND WELLBEING, IN CLOSE CORRELATION TO THE TERRITORY	<b>M7.1.1</b> Participation, sharing, inclusion and interaction of users and key players in transformations of open or confined spaces <b>M7.1.2</b> Systematic response to social and housing emergencies, with the organisation of models of intervention, including temporary solutions <b>M7.1.3</b> Use of technological-digital innovations – ITC, IoT etc. – as support tools in reducing instances of social inequality <b>M7.2.1</b> Increasing security, the irreplaceable cornerstone for the liveability of cities <b>M7.2.2</b> Increasing accessibility to goods and services, in part by favouring the use of digital technologies suitable to this end <b>M7.2.3</b> Improvement of environmental wellbeing and comfort in the network of open spaces that give the urban system its structure

Fig. 7 –Framework of questions of reference, and Guidelines, Strategies, and adopted Measures (in boldface)

the dynamic simulations performed over the entire study area.

Phase 2: Construction of a conceptual framework of reference, and definition of the technological design systems that characterize the regeneration intervention, in keeping with the results of the previous analytical-knowledge phase. In this phase, the intervention scenario and an initial assessment of the programmed system's compatibility with the established performance objectives are formulated.

Phase 3: Measurement of bioclimatic-environmental performance, and assessments. This experimentation phase covers the methodical passages examined in Phase 1, but with simulations and assessments referring to *post operam* conditions, as hypothesized in the design and having verified the general arrangement arising from the previous phase.

### Strategies, intervention action, results

The examined methodological framework allowed strategies for a synergistic system of intervention to be defined and integrated actions to be arrived at that would make it possible to provide suitable responses to the environmental problems that have emerged, and to achieve the programmed restoration objective.

A strategic axis of the project is the reassessment of two elements present in the neighbourhood: the central piazza – no longer only an area for motor vehicles to stop, it must acquire a role as catalyst for the entire neighbourhood, where all the social functions (druggist, medical assistance, old age centre, recreation centre, gym, multifunctional rooms, offices, bar, food service, and commercial activities) will be placed near it; and the raised pedestrian avenue linking the piazza with Via di

Torrevecchia, marked by intense vehicular traffic and by a developed commercial area. This is an enclosed space protected by buildings in a line constituting an element characterizing the spatiality that was repeated in the entire neighbourhood through the identification of a hierarchy of covered and uncovered paths, on ground level and raised, that cross it from east to west and from north to south, and that will connect all the buildings with one another. These crossings, appropriately integrated with trees, will convey air currents of use for improving comfort, particularly during the summer. They will be equipped with street furniture, and shaded, while the pedestrian avenue accessing the neighbourhood will be transformed into a true boulevard with gathering places. Another strategic axis is the arrangement of the green area, currently little more than grassy fields and disordered stands of trees. The tree cover that is present will be made denser. This will ensure a more pleasant view but above all, from the climate standpoint, will make it possible to filter and direct the currents, and will result in more shading during the summer, but also in greater absorption of pollutants; those positioned at the margins of the complex serve as a natural barrier to winter wind from the northeast, dampening its speed and deviating its trajectory and, near Via Torrevecchia, constituting a filter for noise pollution.

The intermediate spaces between the buildings will be endowed with green areas, characterized by meadows, deciduous trees, and water fountains triggering evapotranspiration phenomena with the aim of lowering summer temperatures; pedestrian paths; and integration between greenery and existing sports facilities. Ponds will also be developed to recover rainwater in correspondence with the individual buildings, as well as artificial depressions in the ground to serve as a basin for water collection and to guide water in a controlled fashion as an action to mitigate the risk of intense precipitation. The parking area can count on large, Mediterranean pines that contribute towards mitigating the microclimate, and on the presence of water permeable plastic turf reinforcement mesh, that brings benefits during the summer because it prevents the ground from being excessively heated. In any event, the placement of trees is to be augmented and systematized, positioning them around the parking spaces and the small cultivated spaces, thus making bringing them in line with the new, green arrangement.

The green spaces contribute towards removing the pollutants present in the area and towards adaptation to heat island and heat wave phenomena, ensuring natural cooling via evapotranspiration and improving resilience. Particularly strategic is their interaction with natural ventilation, appropriately designed by differentiating its introduction into the various points of the neighbourhood, favoured in the summer and attenuated/screened in the winter by the new morphological arrangement configured with the insertion of new trees [14]. Equally strategic is the relationship with solar radiation, through the use – directed and verified in their contributions by means of simulations – of evergreen and deciduous



Fig. 8 – Masterplan of the former IACP neighbourhood of Torrevecchia, indicating the Strategies and intervention Measures, and specific Actions of retrofitting of the public spaces subject to modelling and simulation

species according to the assessment of the opportunities to create contextual conditions able to privilege shielding from solar sunlight, or the thermal action of radiation during the winter.

The requalification of the exterior spaces through the use of vegetation, of permeable and cool pavements [1] and of street furniture with a view to bioclimate [3], and the functionalization of areas for recreation and free time with a green footprint [9] do not respond only to the needs for an overall improvement of bioclimatic behaviour with a positive impact on quality and environmental well-being [12]. They also offer a response to the strategic axis that aims to elevate these spaces' degree of usability and to favour aggregation and social resilience, while paying attention to the various user segments that, after decades of life in decay, require attention and special care.

As regards the choice of materials and the chromatic definitions in the open public spaces, on the buildings' façades and their roofs, natural ones were privileged, belonging to the categories of cool pavers and cool materials, in such a way as to increase the quantity of reflected energy to the detriment of that stored, and to obtain a lower surface temperature, thereby helping improve the climatic and environmental conditions. Cool pavements and roofs, green roofs and envelopes in light colours, at times also shielded with vegetation, are planned for the entire intervention area. The buildings retrofitting compensates a starting situation that from the energy consumption standpoint requires significant and important interventions – for which dialogue was initiated with ATER in Rome, the owner of the former IACP buildings, to verify the feasibility over time – as well as a selection of passive technological devices integrable into the buildings' structural and envelope systems in such a way as to bring great benefits for a contained investment.

First of all, ventilated façades will be used, which calls for the application onto the building's exterior surface of a layer that does not adhere to the external wall, forming with it a gap that allows air to circulate. In winter, heat is directed from inside the building to the outside, and is held by the insulating layer, while in summer sunlight heats the ventilated façade, raising the air temperature inside the gap, which tends to rise, replaced by the cooler air from below that keeps indoor wall temperature cooler.

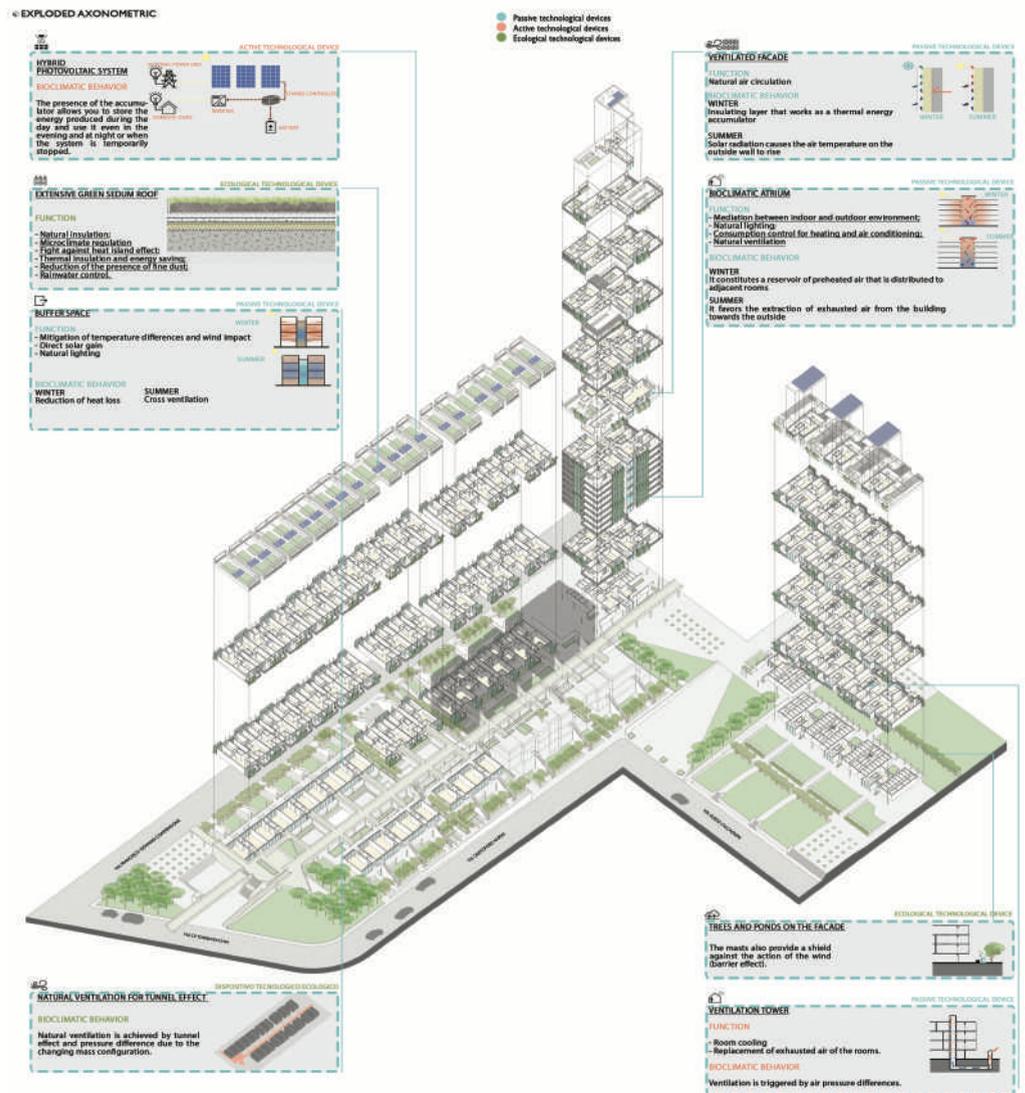


Fig. 9 - Axonometry with leading strategies for bioclimatic intervention

Also planned is the installation of ventilation towers, an ascending flow system with air masses introduced inside the building through underground channels that withdraw air from the outside and bring it to a constant temperature; the air then rises due to differences in air pressure, serving the individual dwellings. A valid system throughout the year, it is particularly appreciated in summer because the air introduced into the individual flats has a temperature considerably lower than outside, resulting in improved comfort. In winter, on the other hand, the introduced air is warmer than the outside, but

must in any case be supplemented with the heating system. Another passive technological device that will find general application is that of the bioclimatic atrium, which is to say, the space the building's dwellings on their various floors face onto, that modulates the effects of the temperature variations between the exterior and the interior thanks to thermal inertia benefitting the adjacent environments from the thermal standpoint and in terms of energy consumption: in the winter, they accumulate heat by virtue of the closure of the glass envelopes and the activation of internal air



Fig. 10 – Sample buildings elevations

masses, while in the summer, when opened, they permit strategic natural ventilation, passive cooling of the environment during the night time, and air changes. The atria also make an important contribution in terms of natural lighting for all the building's collective spaces throughout the year.

A similar thermal behaviour of the atria is achieved with the use of solar balconies for each dwelling; the dwellings' windows, on the other hand, have shielding elements to guarantee shading in the summer and exploit exposure to the sun in the winter; the presence of hanging greenery is provided for on the façade, for its cooling function, and with impacts on the setting's urban microclimate. This mitigates the heat island effect, but also filters the air pollution, impacting carbon dioxide. Lastly, some walls provide for the application of a hybrid photovoltaic system with accumulator connected to the distribution grid; but it can also function off-grid, independently, for the autonomous production of electric energy.

To conclude the entire modelling and simulation process – the result of the adopted methodological approach and of the strategy lines defined by the experimentation –, the conditions existing before the design intervention, and those following it, may be assessed in order to verify their impact in terms of environmental bioclimatic performance, with particular reference to fluid-dynamic and thermal microclimatic aspects, in order to record the improvements obtained in terms of comfort and the greater capacity for response to climate change and the modes of adaptation. The following are the considered parameters:

- Air Temperature (AT), expressed in °C, which depends on the combination of the inclination of the sun's rays, along with numerous other geographical factors. Its values vary over time and in space;
- Physiological Equivalent Temperature (PET), expressed in °C, is a biometeorological parameter dependent upon air temperature, humidity, wind speed, and atmospheric pressure, that empirically describes an individual's heat perception. It is an index valid for pressure values between 800 mb and 1100 mb, and for temperatures between 20°C and 45°C. With WS= 1 m/s, the following classifications were identified: (Cool <= 27; Moderately cool between 27 and 34; Well-being between 34 and 47; Slightly muggy between 47 and 51; Muggy > 51);
- Mean Radiant Temperature (MRT), expressed in °C, which indicates the mean of the surface temperatures exchanged with the surrounding environment, influenced both by the radiation properties (reflectance, reflection, absorption, and albedo) and by the emissivity of the surface's materials;
- Wind Speed (WS), expressed in metres per second, due to the prevailing winds and the local microclimatic characteristics;
- Predicted Mean Vote (PMV), which represents a synthetic index to assess environmental comfort; it is a function of six independent variables (temperature, relative humidity, air speed, average media radiant temperature, thermal insulation of clothing, level of metabolic activity);

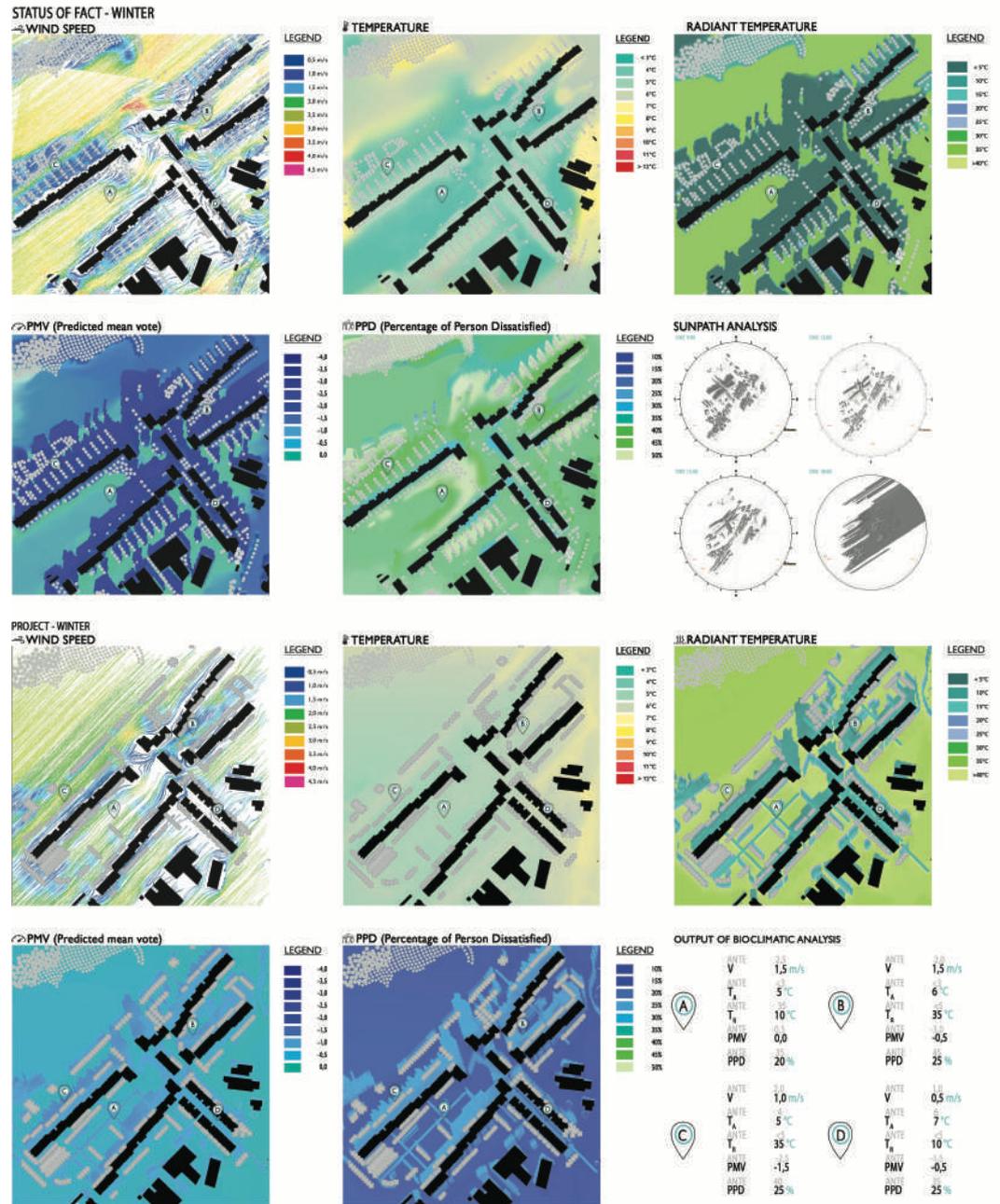


Fig. 11 - Simulations of the main types of winter bioclimatic behaviour in the ante and post operam state of the Torvecchia neighbourhood

- Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), which expresses the percentage of persons dissatisfied with the environmental condition. The related measurements referred to four distinct zones of the intervention, representing typological situations of the examined urban area, built on the homogeneity of each zone in such a way that the dissimilarity is minimum within the zone and maximum between different zones. For each zone, a point – practically barycentric – was therefore chosen, where the *ante* and *post operam* measurement was made in order to compare performance. The key points were:
  - Point A, green area between the buildings in the West zone;
  - Point B, green area with sports fields between the buildings in the East zone;
  - Point C, car park area in the Northwest;
  - Point D, pedestrian access providing connection between the piazza and Via di Torvecchia

The examined parameters register the desired effects for which, following the undertaken actions, the air temperature and the average

radiant temperature diminish in the summer and rise in the winter, while natural ventilation diminishes in the winter and rises in the summer; the other parameters in relation to each zone, as may be seen from Figures 6 and 7, move consistently with the programmed objective of improving the thermo-hygrometric comfort of the open spaces.

During the summer, the average temperature of the examined points falls from 33.8 to 32.2 °C, which in terms of perceived temperature corresponds to a 3.9° drop (from 39.5° to 35.6°), while the radiant temperature falls from values upwards of 70° to values below 40°, with a minimum range of 25°. In the winter, the air temperature rises from 4° to 5° in point C and from 6° to 7° in point D, while points A and B, which represent the coolest zones, show increases of 2 and 3 degrees respectively; the average radiant temperature increases by 1.9° in the four points.

The action exerted by the wind in the summer is significantly different in the sampled points; in the current state it ranges from 3.5 m/s in point A, which represents the zone most

exposed to the summer winds from the southwest, to 0.5 m/s along the pedestrian axis (point D), while points B and C, with 1.5 and 1.0 m/s respectively, are in intermediate positions. By virtue of the intervention, all the points benefit from an increase, with point A increasing to 4 m/s, point B and point C to 2.5 m/s, and point D to 1.5 m/s. In the winter, windiness is more homogeneous among the various zones, and in any event the intervention softens its action: point A falls from 2.5 to a 1.5 m/s, point B from 2 to 1.5 m/s, point C from 2 to 1.0 m/s, and point D from 1.0 to 0.5.

The climate data find correspondence in the PMV and PPD indices, which represent the condition of the individual's psychophysical well-being with respect to the environment, according to the definition given them by the *American Society of Heating Refrigerating and Conditioning Engineers* (ASHRAE). The PMV gains positions both during the summer (minus 1.7 points) and in the summer (plus 0.5 points) positioning itself in the four measurement areas within the segment of recommended comfort perception, while the PPD indicating the percentage of dissatisfied users falls on average from 87 to 44 % in the summer and from 39 to 24% in the winter.

These indices of thermo-hygrometric well-being confirm how the technical/design solutions respond to the pre-established objectives of public spaces regeneration, for a valorization of the area being analyzed, oriented towards improving environmental and ecosystemic quality.

## Conclusions

The results obtained from the simulations, verified through the thermo-hygrometric well-being indices, show that the design choices were able to correct the critical elements present and to restore better livability to public spaces. The green city approach is confirmed as a useful method for initiating profound transformations of compromised environmental areas and restoring liveability to the spaces reorganized and reinterpreted to respond to the needs of climate change, also in view of a moderate rise in temperature, defining cities more resilient and adaptive with a logic of social recomposition that rediscovers the participation and solidarity value. The Torvecchia project restores to the neighbourhood the hope for a new beginning on more solid bases that technology can express to deal with new challenges, while combating the changes taking place, and improving the comfort conditions of the internal private spaces and of public ones. This starts from the rediscovery of green areas and the possibility for a new conviviality in a renewed, pleasant context where it becomes easier to meet and gather.

The experimentation yielded a strategic parametric model for climate adaptivity and environmental quality of urban and residential space, also actuated with cross-assessments of the repercussions on the interface's performance with the microclimate factors, of ecological and smart water management, and of the bioclimatic greenery valorization. This model is articulated in two prevailing categories:

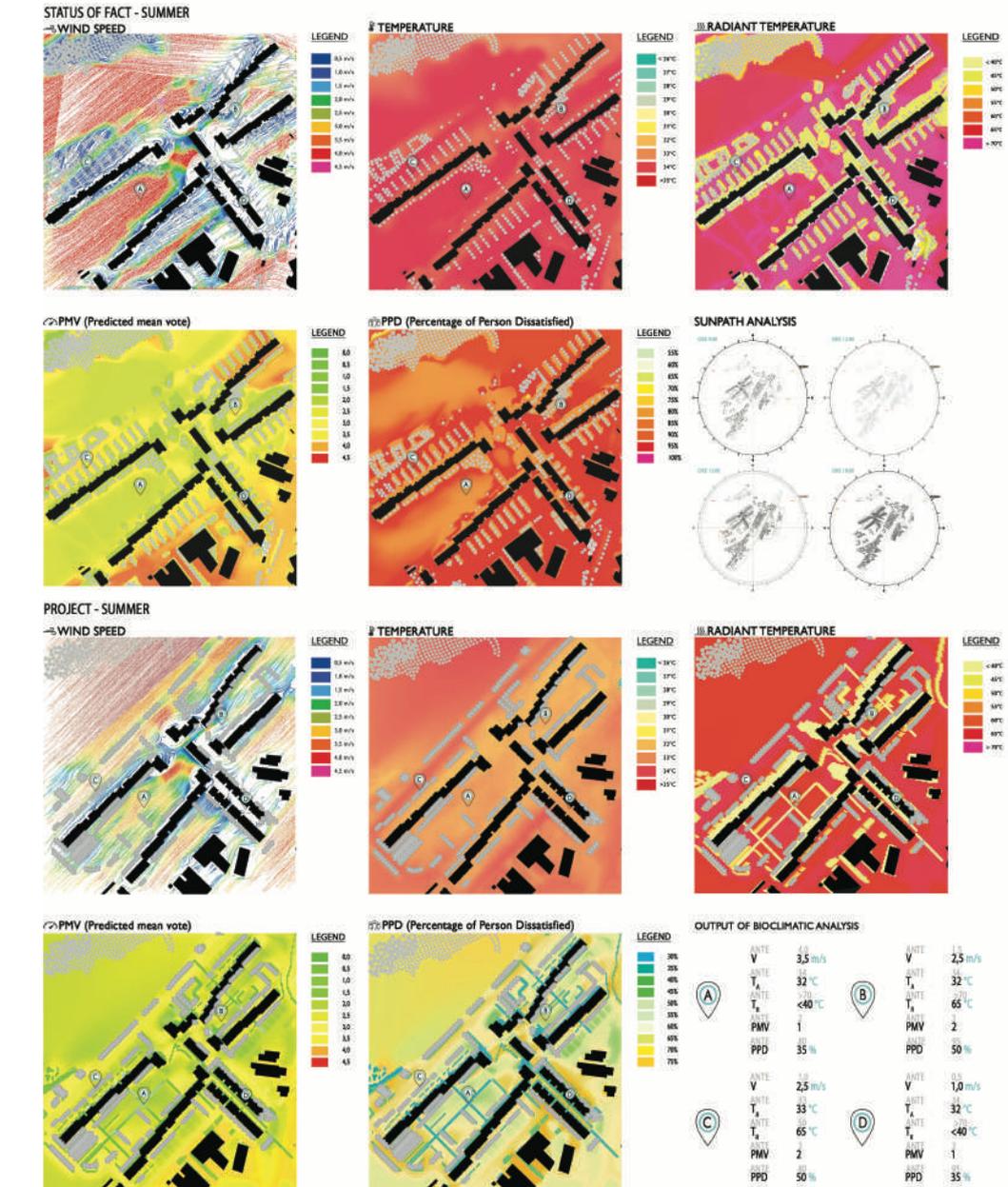


Fig. 12 - Simulations of the main types of summer bioclimatic behaviour in the ante and post operam state of the Torvecchia neighbourhood

- methodology, with a framework of innovative and traditional technologies systems in relation to the variation of the combined environmental data and exploitation setting, of the biophysical and microclimatic features, of natural ventilation and sunlight factors, and of the materials and components employed;

- application, with the preparation of design solutions that are more effective and efficient in the specific urban settings where the bodies will carry out requalification and retrofitting actions integrated with those of technological and functional reorganization of the public residential spaces in the urban neighbourhood that is the intervention object. The construction of a framework for types of technological interventions is presented with an innovative dimension that the two public bodies financing research are using in terms not only of applying the interventions in and of themselves, but also of their replicability for future projects in similar contexts that may rely on the progress of its application. The innovative aspect of the research is based on the attempt to be able to adopt a flexible model, assessable in the combined performance effects, which the public funding bodies of the

research are using not only in terms of application of the interventions themselves, but also of replicability for future projects in similar contexts.

The target of interested parties includes, above all, the public bodies that promoted the research: the Municipality of Rome and ATER of Rome and the Province of Rome (the public body that manages Rome's public housing), also with a view to usability of the research product by other bodies in different intervention settings on public assets. The research was carried out also taking account of the need to share with users residing in the IACP neighbourhood that is the object of the intervention. Lastly, another target for conversation is the world of research, with which it will be interesting to dialogue on the progress of the experimentation results, in order to carry out additional steps forward on the methodological and operative level.

## REFERENCES

- [1] Chatzidimitriou, A., Yannas, S. (2015). "Microclimate development in open urban spaces: The influence of form and materials". *Energy and Buildings*, 108, 156-174.

- [2] EEA (European Environmental Agency) (2016), *Urban Adaptation to Climate Change in Europe*, Office for Official Publications of the European Union, Luxembourg-Copenhagen.
- [3] Erel, E., Pearlmutter, D., Williamson, T. J. (2011). *Urban microclimate: designing the spaces between buildings*, Earthscan, Washington, DC.
- [4] Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile (2018), *Linee Guida per le Green City*, SUSDEF Pubblicazioni, Rome.
- [5] Francese, D., Passaro, A. (2017), *Costruire nell'area mediterranea*, Pasquale D'Arco Editore, Naples.
- [6] GCN (Green City Network), Tucci, F. (2019), *Adattamento ai cambiamenti climatici di Architetture e Città 'Green' per migliorare la resilienza dell'Ambiente Costruito*, SUSDEF Pubblicazioni, Rome.
- [7] ILO (International Labour Organisation) (2016), *A just transition to climate-resilient economies and cities*, ILO Editions, Geneva.
- [8] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2018), *Climate Change. The Physical Science Basis Summary for Policymakers, Technical Summary and Frequently Asked Questions*, Cambridge University Press, Massachusetts, USA.
- [9] Makropoulou, M., & Gospodini, A. (2016). "Urban Form and Microclimatic Conditions in Public Open Spaces". *Journal of Sustainable Development*, 9(1), 132.
- [10] OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2010), *Towards Green Growth*, OECD Publishing, Paris.
- [11] OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) (2017), *Green Growth Indicators*, OECD Publishing, Paris.
- [12] Santamouris, M., Kolokotsa, D. (Eds.) (2016), *Urban Climate Mitigation Techniques*, Routledge, London.
- [13] SGGE (Stati Generali della Green Economy) (2017), *La Città Futura. Manifesto della Green Economy per l'architettura e l'urbanistica*, SUSDEF Pubblicazioni, Rome.
- [14] Tucci, F. (2018), *Green Building and Dwelling. Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design | Costruire e Abitare Green. Approcci, Strategie, Sperimentazioni per una Progettazione Tecnologica Ambientale*, Altralinea, Firenze.
- [15] Un Habitat (2011), *Saving Cities: Adaptation as part of Development*, United Nations Human Settlements Programme Publishing.
- [16] UNEP (United Nations Environment Program) (2008), *Global Green New Deal*, UNEP Publishing, Brussels.
- [17] UNEP (United Nations Environment Programme) (2012), *Green Economy Coalition*, UNEP Publishing, Brussels.

## NOTES

Credits | The results presented in this paper are the result of three researches carried out continuously within the Sapienza University of Rome, Department of Planning, Design, Architecture Technology: University Research of Great Scientific Relevance: "Microclimatic Control, Adaptation and Mitigation in the Mediterranean Built Environment, from an Interdisciplinary and Multiscale Approach" (2016-2017). Scientific Responsible: Prof. Fabrizio Tucci. Working group: Ph.D. V. Cecafosso (Operational Coordination), Ph.D. A. Caruso, Ph.D. G. Turchetti, Arch. M. Giampaolletti. Collaborators: Arch. M. Fiorini, Arch. A. Malatesta, Arch. M. Paglia, Arch. G. Sciarretti, Arch. V. Tulelli, Arch. G. Vespa. PRIN research "Adaptive Design. Technological innovations for the resilient regeneration of urban districts in a climate change regime" (2016-2019). Scientific Responsible for the Roma Sapienza Unit: Prof. Fabrizio Tucci. Working group: Prof. S. Baiani, Prof. A. Battisti, Prof. D. D'Olimpio, Prof. R. Di Pietro, Prof. G. Piras; Ph.D. V. Cecafosso (Operational Coordination for Work-Package 3 experimental application phase with development of

demonstration projects), Ph.D. G. Turchetti, Arch. M. Giampaolletti. Collaborators: Arch. M. Fiorini, Arch. A. Malatesta, Arch. M. Paglia, Arch. G. Sciarretti, Arch. V. Tulelli, Arch. G. Vespa. University research "Resilient Design: design guidelines and technical-implementation strategies for controlling the microclimatic and energy quality of the urban environment in Italy" (2017-2019), Scientific Responsible: Prof. F. Tucci. Working group: Ph.D. V. Cecafosso (Operational Coordination), Ph.D. A. Caruso, Ph.D. G. Turchetti, Arch. M. Giampaolletti. Collaborators: Arch. M. Fiorini, Arch. A. Malatesta, Arch. M. Paglia, Arch. G. Sciarretti, Arch. V. Tulelli, Arch. G. Vespa.;

## CITTÀ GREEN, TRA ADAPTIVE DESIGN E CIRCOLARITÀ DELLE RISORSE

### Sommario

Il report prende in esame un intervento di rigenerazione urbana di un quartiere periferico di Roma per il quale l'approccio adottato è quello del green city approach, una piattaforma di quadro strategico d'intervento che mette a sistema l'elevata qualità ambientale, l'efficienza e la circolarità delle risorse, la mitigazione delle cause dei cambiamenti climatici in un quadro di benessere basato sull'inclusione sociale e sullo sviluppo di lunga durata della città. Il quartiere di Torvecchia si trova "confinato" fra un'area urbana, quella di Primavalle, non esente da problematicità di vario tipo, e quella agreste della Valle dei Fontanili, a forte vocazione naturalistica ma degradata, esterna all'area di studio. Il quartiere come molte aree periferiche è in cerca di una definizione per sfuggire all'emarginazione e al sottosviluppo. Il modulo progettuale dal punto di vista metodologico ha una valenza generalizzabile e una implementazione in progress.

**Parole-chiave:** Adaptive Design, Green Building Approach, Resource Circularity, Bioclimatic Technologies, Climate-Responsive Design

### Introduzione

In un quadro in continuo mutamento caratterizzato da instabilità e incertezze, si profila la costante evoluzione delle questioni della sostenibilità ambientale, dalla resilienza e adattamento ai cambiamenti climatici alla decarbonizzazione e mitigazione del surriscaldamento globale, dalla necessità di offrire risposte all'esauribilità delle risorse a quella di tutelare la qualità del capitale naturale e ambientale; questioni per le quali la città svolgerà sempre più il ruolo di motore dello sviluppo. Migliorare la qualità ecologica, la sostenibilità e la resilienza delle città è decisivo per il benessere dei cittadini, per far crescere l'inclusione sociale e per promuovere sviluppo locale e nuova occupazione, che sono aspetti correlati e condizioni necessarie al successo dell'operazione. La città ha infatti un impatto enorme sull'ambiente e la circolarità è una delle soluzioni che possono ridurre al minimo questo impatto e uno dei temi più rilevanti dello sviluppo sostenibile. L'economia circolare tende ad autorigenerarsi riprogettando processi, prodotti e servizi per riutilizzare i materiali in successivi cicli produttivi, riducendo al massimo gli sprechi e l'utilizzo delle materie prime e i connessi consumi di energia e le emissioni di anidride carbonica per uno sviluppo non ancorato ai soli parametri economici, ma attento anche a fattori di crescita qualitativa, legati agli aspetti sociali e ambientali. Il miglioramento della qualità di vita non può eccedere la capacità di carico degli ecosistemi di supporto dai quali essa dipende, lo sviluppo deve basarsi sui flussi naturali rinnovabili di energia e di risorse tra l'economia e l'ambiente perché più veloce è il consumo di risorse tanto minore è il tempo a disposizione per la sopravvivenza della società. Il modello di riferimento è la città "verde" (non in senso "fisico", ma performativo). Il green city approach si basa sull'elevata qualità ambientale, sull'efficienza e sulla circolarità delle risorse, sulla mitigazione alle cause del cambiamento climatico, una risposta non

teorica ma già applicata in Europa e nel mondo di cui sono note le esperienze con un approccio multisettoriale integrato alla pianificazione, ai modelli organizzativi, ai significativi risultati in termini di crescita e riqualificazione verde.

Tale approccio emerge a partire dai documenti programmatici internazionali Global Green New Deal della UNEP nel 2008 e Towards Green Growth dell'OECD nel 2010, fondativi del concetto di circolarità dei processi e di Green Economy [10] [17] e viene adottato dalla Commissione Europea per l'European Green Capital Award quale criterio di assegnazione di riconoscimenti alle città europee che hanno contribuito a definire le Policy e le misure per le green city. I fattori-chiave della metodica poggiano su approcci di metodo e di progetto propri delle economie green e circular e la loro carica di innovatività risiede nell'impostazione, nella visione dei problemi e nella interazione tra Green Economy, Green City e Adaptive and Resilient Design. I principi di riferimento sono caratterizzati dal self-reliant approach (riflessività, auto-organizzazione e inclusività), dall'error-friendliness approach (robustezza, flessibilità e adattività) e dal dynamic-responsive approach (integrazione, connettività e reattività). In Italia, contributi significativi si sono avuti con il programma ministeriale di ricerca scientifica 2016-2019 sulla progettazione adattiva e le innovazioni tecnologiche ai cambiamenti climatici, e con il Manifesto "La Città Futura", proposto da un gruppo di esperti italiani e internazionali nel 2017. Inoltre, l'anno scorso il tema è stato fatto proprio dalla rete internazionale di città "verdi" (Green City Network) promossa dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile. Questa impostazione è stata adottata per la riqualificazione di un quartiere periferico della Capitale, il quartiere ex IACP (oggi ATER) di Torvecchia. Renzo Piano, che ha dedicato a questo tema il suo impegno di Senatore della Repubblica, sostiene: "Bisogna che le periferie diventino città". Il progetto accoglie così la sfida di una sua applicazione anche in un contesto caratterizzato da oggettive problematicità e conferma l'importanza di un risanamento che non può che partire dalla corretta gestione e rispetto dell'ambiente naturale ben consapevole che le soluzioni proposte possono costituire un supporto rispetto alla domanda di superamento dalla condizione di marginalità non limitato al recupero fisico, al risanamento ambientale o al miglioramento dell'accessibilità viaria integrate con la valorizzazione del patrimonio culturale, la rivitalizzazione economica, il miglioramento della dotazione infrastrutturale e il rafforzamento dei servizi di cittadinanza.

### Oggetto e obiettivi della sperimentazione

La ricerca, finanziata da due enti pubblici, ha l'obiettivo di produrre un modello scientifico per lo sviluppo progettuale delle azioni di riqualificazione di un quartiere-pilota da realizzare in una grande città italiana per incrementarne la qualità ecosistemica, la mitigazione climatica e le prestazioni bioclimatico-ambientali in occasione di interventi di rigenerazione del patrimonio residenziale pubblico in un'ottica di Green City Approach. La sperimentazione si propone di assicurare la piena utilizzazione dei fattori bioclimatici naturali, ottimizzando le loro conseguenze positive sul comfort ambientale e sulla sostenibilità attraverso simulazioni progettuali mirate a testare i miglioramenti impressi e a valutarne gli effettivi vantaggi. L'area oggetto di studio è il quartiere di Torvecchia, alla periferia occidentale di Roma, a ridosso della borgata di Primavalle, inaugurata nel 1939 e completata negli anni '50, costruita per accogliere la popolazione del centro storico a seguito degli abbattimenti del tessuto medioevale della città per realizzare la nuova configurazione urbanistica di Roma. Il progetto di Torvecchia è stato affidato agli architetti Pietro Barucci, Lucio Passarelli e Marcello Vittorini nel 1978 e completato nel 1984. Vi vivono 3.600 abitanti in 1.074 alloggi in un comprensorio di poco meno di 25 ettari. Il quartiere è stato realizzato con i finanziamenti della Legge n. 584/1977

(Provvedimenti urgenti per l'accelerazione dei programmi in corso di edilizia residenziale pubblica). Sul piano urbanistico, il fulcro della composizione si concentra in una piazza centrale definita da quattro case a torre alte 15 piani sulla quale si aprono un gruppo di uffici, un bar e un piccolo centro sociale. La piazza è collegata con via di Torrevecchia da un percorso pedonale in quota intorno al quale sono disposti due edifici ad andamento rettilineo alti 3 piani, con due livelli di abitazione e uno di negozi. In uno stabile i corpi scala si aprono lungo il percorso pensile, mentre nell'altro raggiungono la quota del terreno. In corrispondenza della piazza si innestano quattro edifici in linea che hanno un andamento perpendicolare a quello delle case basse e un'altezza variabile da 4 a 7 piani. Grazie ad una serie progressiva di slittamenti, questi corpi tendono a divaricarsi verso le testate esterne liberando così al loro interno due spazi verdi destinati rispettivamente a giardini pubblici e a verde e attrezzature sportive. All'esterno di queste braccia trovano luogo i parcheggi pubblici. Le soluzioni architettoniche adottate nei diversi edifici sono semplici e omogenee, con pannelli prefabbricati in cemento e finestre a nastro con infissi metallici colorati in rosso. Intorno all'intera area sono disposti una serie di servizi come scuole, palestre, uffici e attività commerciali mentre nella direzione opposta sono presenti grandi spazi di terreno agricolo, ancora visibile è l'ultimo tratto scoperto del Fosso dei Fontanili, un tempo alimentato da alcune risorgive naturali e oggi ridotto a canale di scolo. La zona, fino agli anni '60, era essenzialmente parte dell'agro romano con piccole casupole sparse qua e là tutt'ora sono evidenti i segni della passata vocazione agricola. All'inizio del decennio successivo l'area è stata interessata da una forte urbanizzazione fino a lambire Primavalle. Nonostante sia provvisto di molte aree non urbanizzate non ha parchi pubblici, le due zone di verde pubblico attrezzato più vicine (Riserva naturale dell'Insugherata e il Parco regionale urbano del Pineto) sono molto distanti dall'abitato. La zona di Torrevecchia è fortemente congestionata dal punto di vista della mobilità, che deve essere riorganizzata sia a livello locale che di collegamento con le grandi arterie. Attualmente esistono infatti due soli nodi di accesso alla città – piazza Irnerio e via Cortina d'Ampezzo e l'unico imbocco al GRA è quello di via Boccea. Il trasporto pubblico su ferro vede in quest'area la presenza della linea FM3 con le fermate San Filippo Neri e Monte Mario e della metro A con la fermata Battistini, difficilmente accessibili con limitati parcheggi e debole intermodalità. Nel quartiere molte aree verdi sono incolte sia all'interno sia ai margini del tessuto urbano, le zone ombreggiate sono assenti ed è eccessivo il soleggiamento degli spazi aperti con conseguenti fenomeni di isola di calore, limitata è quindi la loro fruibilità; di converso si ha la presenza di specie arboree caducifoglie lungo gli assi stradali ad intenso traffico veicolare con conseguenti emissioni di agenti inquinanti e polveri sottili mentre sono assenti schermature dai venti freddi invernali, manca del tutto la viabilità ciclopedonale di quartiere e a più ampio raggio, l'illuminazione degli spazi pubblici non è adeguata tanto che appaiono insicuri e non mancano fenomeni di microcriminalità. Gli edifici sono obsoleti e degradati per mancanza di interventi manutentivi, all'interno degli alloggi si hanno temperature troppo calde d'estate e troppo fredde d'inverno, sul piano termo-igrometrico si tratta di unità immobiliari con benessere negativo incidente sulla salute di chi vi abita. Il tessuto edilizio è inoltre caratterizzato da superfici di coperture con cromatismi scuri e caratteristiche materiche che non favoriscono la costituzione di un microclima adeguato. Il progetto prevede quindi l'adeguamento bioclimatico degli spazi pubblici aperti attribuendo ad essi specifiche funzioni, la valorizzazione del verde presente con incremento delle specie arboree per combattere le isole di calore, offrire ombreggiamenti e prevenire i fenomeni legati alle piogge estreme e bombe d'acqua con incremento delle superfici permeabili e una risistemazione delle piante secondo un disegno coerente al miglioramento del comfort e il

potenziamento della mobilità in chiave sostenibile. Il retrofitting degli edifici riguarderà invece l'aspetto morfologico, funzionale e tecnologico degli stessi e degli spazi esterni di pertinenza. Obiettivo della sperimentazione è di dare fruibilità agli spazi pubblici e vivibilità agli alloggi incidendo sui fattori di comfort attraverso l'innalzamento della qualità di benessere ambientale, il potenziamento delle capacità di resilienza e di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici con riduzione dei consumi energetici e delle emissioni CO2, contribuendo a determinare favorevoli condizioni di sviluppo sociale e economico per gli abitanti del quartiere. Altro obiettivo non meno importante è di alimentare un dibattito e un confronto interno alla comunità scientifica mirato ad accrescere le conoscenze tecnologiche e scientifiche in tema di modelli di intervento di riqualificazione ambientale ed ecosistemica e a questo fine emergono due congruenti linee di indirizzo strategico:

- valutazione del miglioramento del comfort ambientale degli spazi attraverso il confronto fra la situazione di partenza e quella cui si perviene dopo l'adozione delle azioni progettuali;
- implementazione di un Data Base strutturato di tutti gli elementi conoscitivi dello stato di fatto e delle valutazioni predittive dei risultati di progetto.

Le suddette linee consentiranno di tesaurizzare le esperienze e di trarne indicazioni per altri progetti e sperimentazioni con un progressivo aggiornamento nonché di studiare il fenomeno della riqualificazione ambientale mediante gli sviluppi temporali della metodologia e delle innovazioni tecnologiche via via introdotte rapportandole agli esiti prodotti.

#### Metodologia adottata

L'approccio metodologico è fondato sul confronto con documenti di organismi internazionali [7][8] ed europei [2] [11] e su indirizzi e strategie messi a punto dagli Stati Generali della Green Economy e dal Green City Network in Italia [6][13] e si basa sui seguenti step:

- costruzione di un quadro di riferimento e individuazione dei sistemi tecnologici oggetto della sperimentazione;
- definizione degli scenari di intervento e sviluppo di analisi alternative con strumenti innovativi;
- selezione delle soluzioni più appropriate in relazione ai risultati simulativi dinamici;
- formulazione del modello di intervento adattivo ai diversi contesti

La sperimentazione si è sviluppata nelle seguenti fasi. Fase 1: Esame dello stato di fatto dell'area e contesto di riferimento, che si articola nei seguenti punti:

- 1.1 Studio dei dati climatici e dei principali fattori ambientali sulla base dei dati ufficiali e dei Big Data per la caratterizzazione del sistema ambientale.
- 1.2 Costruzione del modello di simulazioni dinamiche a quattro variabili di cui una è il tempo per l'analisi delle variazioni in giorni e orari chiave e acquisizione dei relativi dati.
- 1.3 Realizzazione delle simulazioni dinamiche dei comportamenti microclimatico ambientali a doppio ring relativi all'area urbana oggetto dell'intervento e ad un'ulteriore fascia intorno ad essa al fine di misurare con più affidabilità gli effetti prodotti. Le elaborazioni sono effettuate con software Envi-met sulle condizioni ante operam di ventilazione naturale, igrometriche, soleggiamento e ombreggiamento, illuminazione naturale e sulle condizioni termiche della temperatura dell'aria (AT - Air Temperature), della temperatura fisiologica equivalente (PET - Physiological Equivalent Temperature) e della temperatura media radiante (MRT - Mean Radiant Temperature).
- 1.4 Rilevazioni con strumenti diagnostici e/o sensori (termoflussimetro, termocamera, centralina) dei parametri ambientali per la messa a sistema delle simulazioni e per la formazione del quadro analitico definitivo dei comportamenti microclimatici.

- 1.5 Elaborazione dei parametri di discomfort e misura del grado di insoddisfazione attraverso gli indici PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied).
- 1.6 Individuazione dei punti chiave rappresentativi del comportamento bioclimatico ambientale dell'intera area e studio di dettaglio delle rilevazioni.
- 1.7 Valutazione dei risultati analitici bioclimatico-ambientali sullo stato di fatto ante operam su base annua, tenendo conto della taratura delle simulazioni dinamiche effettuate.

Fase 2: Costruzione di un quadro concettuale di riferimento e definizione dei sistemi progettuali tecnologici che caratterizzeranno l'intervento di rigenerazione, in coerenza con gli esiti della precedente fase analitico-conoscitiva. Nell'ambito di questa fase vengono formulati lo scenario di intervento e una prima valutazione sulla compatibilità del sistema programmato con gli obiettivi performativi stabiliti.

Fase 3: Misurazione delle performance bioclimatico-ambientali e loro valutazioni.

In questa fase di sperimentazione vengono ripercorsi i passaggi metodologici esaminati nella Fase 1 ma con simulazioni e valutazioni riferite alle condizioni post operam, così come ipotizzate progettualmente e verificato l'impianto generale scaturito nella fase precedente.

#### Strategie, azioni di intervento, risultati

Il quadro metodologico esaminato ha permesso di definire le strategie per un sistema sinergico di intervento e pervenire ad azioni integrate che consentissero di dare adeguate risposte alle problematiche ambientali emerse e raggiungere l'obiettivo di risanamento programmato. Asse strategico del progetto è la rivalutazione di due elementi presenti nel quartiere, la piazza centrale non più solo area di sosta per autoveicoli ma deve acquisire un ruolo catalizzante per l'intero quartiere dove saranno collocate in prossimità della stessa tutte le funzioni sociali (farmacia, presidio medico, centro per anziani, ludoteca, palestra, sale polivalenti, uffici, bar, servizio ristorazione e attività commerciali) e il viale pedonale in quota che collega la piazza con via di Torrevecchia, caratterizzata da intenso traffico veicolare e da una sviluppata un'area commerciale. Si tratta di uno spazio intercluso e protetto da edifici in linea che costituisce un elemento caratterizzante della spazialità che è stato ripreso nell'intero quartiere attraverso l'individuazione di una gerarchia di percorsi coperti e non, a terra o in quota che lo attraverseranno da Est ad Ovest e da Nord a Sud e che collegheranno fra loro tutti gli edifici. Questi attraversamenti opportunamente integrati con alberature convogliano correnti di aria utili a migliorare il comfort in particolare in estate, saranno attrezzati con arredo urbano e ombreggiati mentre il viale pedonale di accesso al quartiere verrà trasformato in un vero e proprio boulevard con spazi di aggregazione. Altro asse strategico è la sistemazione dell'area a verde, attualmente poco più che campi erbosi e disordinate essenze arboree. Si provvederà quindi a rinfoltire le alberature presenti che assicurano una visione più piacevole ma soprattutto dal punto di vista climatico consentono di filtrare e indirizzare le correnti e fanno sì che vi sia più ombreggiamento nel periodo estivo, ma anche un maggiore assorbimento degli agenti inquinanti e per quelli posizionati ai margini del complesso fungono da barriera naturale all'azione del vento invernale proveniente da Nord-Est, smorzandone la velocità e devianone il percorso e, in prossimità di via Torrevecchia, costituire un filtro all'inquinamento acustico. Per gli spazi intermedi agli edifici è prevista la creazione di zone verdi caratterizzate da prati, alberi caducifoglie e zampilli d'acqua per innescare fenomeni di evapotraspirazione con l'obiettivo di abbassare le temperature estive, percorsi pedonali e integrazione fra verde e strutture sportive esistenti. Saranno realizzate inoltre specchi d'acqua per il recupero delle acque meteoriche in corrispondenza dei singoli edifici e depressioni artificiali del terreno per costituire un bacino di raccolta delle acque e il loro indirizzamento

controllato quale azione di mitigazione al rischio di precipitazioni intense.

La zona adibita a parcheggio può contare su grandi pini mediterranei che contribuiscono alla mitigazione del microclima e sulla presenza di grigliato plastico inerbato, permeabile all'acqua, che apporta benefici d'estate perché consente il non eccessivo riscaldamento del suolo. In ogni caso vanno incrementate e sistemate la disposizione delle essenze posizionandole intorno ai posti macchina e ai piccoli spazi coltivati per renderli coerenti alla nuova impostazione green.

Gli spazi verdi contribuiscono alla sottrazione delle emissioni inquinanti presenti nell'area e all'adattamento ai fenomeni di isola di calore e a quelli di ondata di calore assicurando il raffrescamento naturale per evapotraspirazione e migliorando la resilienza. Risulta strategica la loro interazione con la ventilazione naturale, opportunamente studiata differenziandone gli apporti nei diversi punti del quartiere, favoriti d'estate e attenuati/schermati d'inverno dal rinnovato assetto morfologico che viene a configurarsi con l'inserimento delle nuove specie [14]. Altrettanto strategica è la relazione con la radiazione solare attraverso l'impiego, indirizzato e verificato nei suoi apporti tramite le simulazioni, di specie sempreverdi e caducifoglie secondo la valutazione delle opportunità di creare condizioni di contesto in grado di privilegiare la schermatura dall'irraggiamento solare d'estate oppure l'azione termica della radiazione durante l'inverno.

La riqualificazione degli spazi esterni attraverso l'uso della vegetazione, di pavimentazioni permeabili e cool [1], di arredo urbano in un'ottica bioclimatica [3] e la funzionalizzazione di aree per lo svago e il tempo libero con un'impronta green [9] rispondono non solo alle esigenze di complessivo miglioramento del comportamento bioclimatico ambientale con una positiva ricaduta sulla loro qualità e benessere ambientali [12], ma offrono riscontro anche all'asse strategico che vuole elevare il loro grado di fruibilità e favorire l'aggregazione e la resilienza sociale, prestando attenzione alle diverse fasce di utenza che, dopo decenni di vita nel degrado, necessitano di attenzione e di particolare cura.

Per quanto riguarda la scelta dei materiali e le definizioni cromatiche negli spazi pubblici aperti, sulle facciate e sulle coperture degli edifici, sono stati privilegiati quelli naturali appartenenti alle categorie dei cool paver e dei cool material, in modo da aumentare la quantità di energia riflessa a scapito di quella immagazzinata e ottenere una minore temperatura superficiale contribuendo al miglioramento delle condizioni climatiche ed ambientali. Sono previsti pavimentazioni e coperture fredde, tetti verdi e involucri con colori chiari, a volte anche schermati con la vegetazione, per tutta l'area di intervento.

Il retrofitting degli edifici, sconta una situazione di partenza che dal punto di vista del consumo energetico necessita di significativi ed importanti interventi per i quali si è stata attivata una interlocuzione con l'ATER di Roma, titolare degli stabili ex IACP, per la verifica della fattibilità nel tempo e sono stati messi a punto una selezione di dispositivi tecnologici dissimili integrabili nei sistemi di involucro e strutturali degli edifici in modo da corrispondere un grande vantaggio a fronte di un investimento contenuto.

Innanzitutto, si farà ricorso a facciate ventilate, un rivestimento perimetrale che prevede l'applicazione sulla superficie esterna dell'edificio di uno strato che non aderisce alla parete di tamponamento formando con essa un'intercapedine che permette la circolazione dell'aria. D'inverno, il calore è diretto dall'interno dell'edificio all'esterno ed è trattenuto dallo strato isolante che funziona da accumulatore termico dell'energia prodotta dall'ambiente interno, mentre d'estate l'irraggiamento solare riscalda la facciata ventilata innalzando la temperatura dell'aria interna all'intercapedine che tende a salire sostituita dall'aria più fresca proveniente dal basso che mantiene più bassa la temperatura della parete più interna dell'involucro.

È previsto inoltre l'impiego di torri di ventilazione, un sistema a flusso ascendente, con masse d'aria immerse

all'interno dell'edificio attraverso canali interrati che la prelevano dall'esterno e la portano a temperatura costante per poi risalire per effetto della differenza di pressione dell'aria servendo i singoli alloggi. Un sistema valido durante tutto l'anno che si apprezza in particolare d'estate perché l'aria immessa nei singoli appartamenti ha una temperatura sensibilmente più bassa di quella esterna determinando un miglioramento del comfort. In inverno invece l'aria immessa è più calda di quella esterna ma in ogni caso deve essere integrata con il sistema di riscaldamento. Altro dispositivo tecnologico passivo che troverà applicazione generale è quello dell'atrio bioclimatico, cioè lo spazio sul quale si affacciano gli alloggi dell'edificio ai diversi piani che modula gli effetti delle variazioni di temperatura tra esterno e interno grazie all'inerzia termica a vantaggio degli ambienti adiacenti sia dal punto di vista termico sia dei consumi energetici: d'inverno accumulano calore in virtù della chiusura degli involucri vetrati e all'attivazione di masse d'aria interne, mentre d'estate aperti permettono una ventilazione naturale strategica, il raffrescamento passivo degli ambienti in fase notturna e per i ricambi d'aria. Gli atrii danno inoltre un importante contributo in termini d'illuminazione naturale a tutti gli spazi collettivi dell'edificio durante l'intero anno.

Analogo comportamento termico degli atrii si realizza con l'uso di logge solari per ogni alloggio, le aperture degli alloggi saranno dotate invece di elementi schermanti per garantire in estate l'ombreggiamento e d'inverno per sfruttare l'esposizione solare; è prevista la presenza di verde pensile in facciata in funzione di raffrescamento e con ricadute sul microclima urbano di contesto, mitigando l'effetto di isola di calore ma anche di filtrare l'inquinamento dell'aria incidendo sull'anidride carbonica. Infine, su alcune pareti è prevista l'applicazione di un impianto fotovoltaico ibrido con accumulatore connesso alla rete di distribuzione ma che potrà funzionare anche in off-grid, in modo indipendente, per la produzione in autonomia di energia elettrica.

A conclusione dell'intero processo di modellazione e simulazione frutto dell'approccio metodologico adottato e delle linee strategiche definite dalla sperimentazione è possibile valutare le condizioni esistenti prima dell'intervento progettuale e quelle posteriori allo stesso per verificarne l'impatto in termini di performance bioclimatiche ambientali con particolare riferimento agli aspetti microclimatici di tipo fluidodinamico e termico per registrare i miglioramenti ottenuti sul piano del comfort e della maggiore capacità di risposta ai cambiamenti climatici e alle modalità di adattamento.

Di seguito sono indicati i parametri considerati:

- Air Temperatur (AT), espressa in °C, che dipende dalla combinazione dell'inclinazione dei raggi solari insieme a numerosi altri fattori geografici. I suoi valori variano nel tempo e nello spazio;

- Physiological equivalent temperature (PET), espressa in °C, è un parametro biometeorologico in funzione della temperatura dell'aria, dell'umidità, della velocità del vento e della pressione atmosferica che descrive empiricamente la percezione termica di un individuo. È un indice valido per valori di pressione compresi tra 800 mb e 1100 mb e per temperature tra 20°C e 45°C. Con  $WS = 1$  m/s sono state individuate le seguenti classificazioni: (Fresco  $\leq 27$ ; Moderatamente fresco tra 27 e 34; Benessere tra 34 e 47; Leggermente afoso tra 47 e 51; Afoso  $> 51$ );

- Mean Radiant Temperature (MRT), espressa in °C, che indica la media delle temperature superficiali scambiate con l'ambiente circostante, influenzata sia dalle proprietà radiative (riflettanza, riflessione, assorbimento e albedo) che dalla emissività dei materiali della superficie;

- Wind Speed (WS), espressa in metri al secondo, dovuta ai venti prevalenti e alle caratteristiche microclimatiche locali;

- Predicted Mean Vote (PMV) che rappresenta un indice sintetico per la valutazione del comfort ambientale ed è funzione di sei variabili indipendenti (temperatura, umidità relativa, velocità dell'aria, temperatura media

radiante, isolamento termico del vestiario, livello di attività metabolica);

- Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), che esprime la percentuale di persone insoddisfatte della condizione ambientale.

Le relative rilevazioni sono riferite a quattro distinte zone dell'intervento, rappresentative di situazioni tipologiche dell'area urbana esaminata, costruite sulla omogeneità di ciascuna zona in modo che sia minima la dissimilarità interna alla zona e massima quella fra zone diverse. Per ciascuna zona è stato quindi scelto un punto, pressoché baricentrico, dove è stata fatta la rilevazione ante e post operam per la comparazione delle prestazioni.

I punti chiave sono così costituiti:

- Punto A, area a verde fra gli edifici nella zona Ovest;
- Punto B, area a verde con campi sportivi fra gli edifici nella zona Est;
- Punto C, area a parcheggio a Nord-Ovest;
- Punto D, asse pedonale di collegamento fra la piazza e via di Torrevecchia

I parametri esaminati registrano gli effetti desiderati per cui a seguito delle azioni intraprese la temperatura dell'aria e la temperatura media radiante diminuiscono in estate e aumentano in inverno mentre la ventilazione naturale diminuisce in inverno e aumenta in estate; gli altri parametri in relazione a ciascuna zona, come può riscontrarsi dalle Fig. 6 e 7, si muovono in coerenza con l'obiettivo programmato di migliorare il comfort termo-igrometrico degli spazi aperti.

In estate la temperatura media dei punti esaminati passa da 33,8 a 32,2 °C, che in termini di temperatura percepita corrisponde ad un taglio di 3,9 ° (da 39,5° a 35,6°) mentre per quanto la temperatura radiante si passa da valori maggiori di 70° a valori inferiori a 40° con un range minimo di 25°. In inverno la temperatura dell'aria passa da 4° a 5° nel punto C e da 6° a 7° nel punto D, mentre i punti A e B che rappresentano le zone più fredde fanno registrare rispettivamente un aumento di 2 e 3 gradi, la temperatura media radiante aumenta nei quattro punti di 1,9°.

L'azione esercitata dal vento in estate è significativamente diversa nei punti campionati, nello stato di fatto si passa dai 3,5 m/s del punto A, che rappresenta la zona più esposta ai venti estivi provenienti da Sud-Ovest, a 0,5 m/s lungo l'asse pedonale (punto D), mentre si collocano in posizioni intermedie i punti B e C, rispettivamente con 1,5 e 1,0 m/s. In virtù dell'intervento tutti i punti beneficiano di un aumento passando il punto A a 4 m/s, il punto B e il punto C a 2,5 m/s e il punto D a 1,5 m/s. In inverno la ventosità è più omogenea fra le diverse zone e in ogni caso l'intervento ne addolcisce l'azione: il punto A passa da 2,5 a 1,5 m/s, il punto B da 2 a 1,5 m/s, il punto C da 2 a 1,0 m/s e il punto D da 1,0 a 0,5.

Ai dati climatici fanno da riscontro gli indici PMV e PPD che rappresentano la condizione di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente, secondo la definizione loro attribuita dall' American Society of Heating Refrigerating and Conditioning Engineers (ASHRAE). Il PMV guadagna posizioni sia in estate (meno 1,7 punti) sia in inverno (più 0,5 punti) posizionandosi nelle quattro aree di rilevazione all'interno della fascia di percezione del comfort consigliata, mentre il PPD che indica la percentuale degli utenti insoddisfatti scende in media da 87 a 44 % in estate e da 39 a 24% in inverno. Questi indici di benessere termo-igrometrico confermano la rispondenza delle soluzioni tecnico-progettuali agli obiettivi prefissati di rigenerazione degli spazi pubblici per una valorizzazione dell'area oggetto di analisi orientata al miglioramento della qualità ambientale ed ecosistemica.

## Conclusioni

I risultati ottenuti dalle simulazioni, verificati attraverso gli indici di benessere termo-igrometrico, evidenziano che le scelte progettuali sono riuscite a correggere gli elementi di criticità presenti e a restituire agli spazi pubblici una migliore vivibilità. Il green city approach si conferma una utile metodica per avviare profonde trasformazioni di aree ambientali compromesse e restituire vivibilità agli spazi

riorganizzati e reinterpretati per rispondere alle esigenze dei cambiamenti climatici, anche in previsione di un moderato innalzamento della temperatura, definendo città più resilienti e adattive in una logica di ricomposizione sociale che riscopra il valore della partecipazione e della solidarietà.

Il progetto di Torrevicchia restituisce al quartiere la speranza di un nuovo inizio su più solide basi che la tecnologia è oggi in grado di esprimere per affrontare nuove sfide, contrastando le cause dei cambiamenti in atto, migliorando le condizioni di comfort degli spazi privati interni e di quelli pubblici a partire dalla riscoperta delle aree verdi e della possibilità di una nuova convivialità in un contesto rinnovato e piacevole dove diventa più facile incontrarsi e ritrovarsi.

La sperimentazione ha prodotto un modello strategico di incremento parametrizzato dell'adattività climatica e della qualità fruitiva e ambientale dello spazio urbano e residenziale, attuato anche con valutazioni incrociate delle ricadute prestazionali dell'interfaccia con i fattori microclimatici, della gestione ecologica e intelligente delle acque e della valorizzazione bioclimatica del ruolo del verde, modello che si articola in due prevalenti categorie:

- quella metodologica, con la costruzione di un sistema di usabilità di tecnologie innovative e tradizionali in relazione al variare dei dati combinati di contesto ambientale e fruitivo, dei caratteri biofisici e microclimatici, dei fattori di ventilazione naturale e irraggiamento solare, e di natura dei materiali e componenti impiegati;

- quella applicativa, con la messa a punto delle soluzioni progettuali più efficaci ed efficienti negli

specifici contesti urbani ove gli Enti realizzeranno le azioni di riqualificazione e retrofitting integrate con quelle di riorganizzazione tecnologica e funzionale degli spazi residenziali pubblici nel quartiere urbano oggetto dell'intervento.

La costruzione di un modello d'uso di tipologie di interventi tecnologici si presenta con una dimensione innovativa che i due Enti pubblici finanziatori della ricerca stanno utilizzando non solo in termini applicativi degli interventi in sé, ma anche di loro replicabilità per futuri progetti in contesti analoghi che potranno avvalersi del progress della sua applicazione. L'aspetto innovativo della ricerca si fonda sul tentativo di poter adottare un modello flessibile, valutabile nelle ricadute prestazionali combinate, che gli Enti pubblici finanziatori della ricerca stanno utilizzando non solo in termini applicativi degli interventi in sé, ma anche di replicabilità per futuri progetti in contesti analoghi. Nel target dei soggetti interessati vi sono, in primis, gli enti pubblici che hanno promosso la ricerca: il Comune di Roma e l'ATER di Roma e Provincia (ente pubblico che gestisce il patrimonio residenziale pubblico romano), anche in vista di una usabilità del prodotto della ricerca da parte di altri Enti in altri contesti di intervento su patrimonio pubblico. La ricerca si è svolta anche tenendo conto della necessità di condivisione con gli utenti, abitanti del quartiere IACP oggetto dell'intervento. Infine, un target di interlocuzione è il mondo della ricerca col quale sarà interessante confrontarsi sugli avanzamenti dei risultati della sperimentazione per compiere futuri ulteriori passi in avanti sul piano metodologico-operativo.

#### NOTE

1 Credits | I risultati presentati in questo contributo sono il frutto della combinazione di quattro ricerche svolte in continuità nell'ambito della Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura:

Ricerca di Ateneo di Grande Rilevanza Scientifica: "Microclimatic Control, Adaptation and Mitigation in the Mediterranean Built Environment, from an Interdisciplinary and Multiscale Approach" (2016-2017). Responsabile Scientifico: Prof. Fabrizio Tucci. Gruppo di lavoro: Ph.D. V. Cecafofso (Coordinamento Operativo), Ph.D. A. Caruso, Ph.D. G. Turchetti, Arch. M. Giampaolletti. Collaboratori: Arch. M. Fiorini, Arch. A. Malatesta, Arch. M. Paglia, Arch. G. Sciarretti, Arch. V. Tulelli, Arch. G. Vespa.  
Ricerca PRIN "Adaptive Design. Innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico" (2016-2019). Responsabile Scientifico per l'Unità di Ricerca di Roma Sapienza: Prof. Fabrizio Tucci. Gruppo di lavoro: Prof. S. Baiani, Prof. A. Battisti, Prof. D. D'Olimpio, Prof. R. Di Pietro, Prof. G. Piras; Ph.D. V. Cecafofso (Coordinamento Operativo per il Work-Package 3 - fase sperimentale-applicativa con sviluppo di progetti dimostratori), Ph.D. G. Turchetti, Arch. M. Giampaolletti. Collaboratori: Arch. M. Fiorini, Arch. A. Malatesta, Arch. M. Paglia, Arch. G. Sciarretti, Arch. V. Tulelli, Arch. G. Vespa.  
Ricerca di Ateneo "Resilient Design: indirizzi progettuali e strategie tecnico-attuative per il controllo della qualità microclimatica ed energetica dell'ambiente urbano in Italia" (2017-2019), Responsabile Scientifico: Prof. F. Tucci. Gruppo di lavoro: Ph.D. V. Cecafofso (Coordinamento Operativo), Ph.D. A. Caruso, Ph.D. G. Turchetti, Arch. M. Giampaolletti. Collaboratori: Arch. M. Fiorini, Arch. A. Malatesta, Arch. M. Paglia, Arch. G. Sciarretti, Arch. V. Tulelli, Arch. G. Vespa.