POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

DESIGNING THE HEALTHY CITY: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH

Original
DESIGNING THE HEALTHY CITY: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH / Pollo, Riccardo; Biolchini, Elisa; Giulia, Squillacioti; Roberto, Bono. - In: SUSTAINABLE MEDITERRANEAN CONSTRUCTION. LAND CULTURE, RESEARCH AND TECHNOLOGY. - ISSN 2385-1546. - ELETTRONICO. - (2020), pp. 150-155.

Availability:
This version is available at: 11583/2852574 since: 2020-11-12T19:40:49Z

Publisher:
LUCIANO EDITORE

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

28 March 2024

SMC

SUSTAINABLE MEDITERRANEAN CONSTRUCTION
LAND CULTURE, RESEARCH AND TECHNOLOGY

FOCUS ON

SDG 2030
City & Land



N. TWELVE
2020

LUCIANOEDITORE

SMC - Official Magazine of the SMC (Sustainable Mediterranean Construction) Association - Online Edition: http://www.sustainablemediterraneanconstruction.eu Autorizzazione del Tribunale di Napoli n. 29 del 09/06/2014.

INDEX_INDICE

SMC MAGAZINE N. TWELVE/2020

005_ VIEW_HEALTH AND WELFARE IN 2020: SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN REGIONAL MEGACITY
Dora Francese

015_ BOARDS AND INFORMATION

FOCUS ON 2030 SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS: CITY AND LAND

017_ MICROCLIMATE OF THE OLD URBAN FABRICS IN THE MEDITERRANEAN REGION
Mohamed Belmaaziz

022_ POSITIVE ENERGY DISTRICTS: EUROPEAN RESEARCH AND PILOT PROJECTS. Focus on the Mediterranean area
Cultural landscapes and Sustainable development: the role of ecomuseums
Andrea Boeri, Danila Longo, Rossella Roversi, Giulia Turci

028_ SDG7 AND HISTORICAL CONTEXTS. THE EXPLOITATION OF RENEWABLE ENERGIES
Marianna Rotilio, Chiara Marchionni, Pierluigi De Berardinis

033_ CONNECTING HERITAGES. Strategies for the Mediterranean Basin
Mariangela Bellomo, Antonella Falotico

038_ THERMAL PERFORMANCE OF VERTICO- LATERAL CAVE DWELLINGS IN SOUTHEAST TUNISIA
Houda Driss, Fakher Kharrat

043_ THE DESIGN FOR THE CONNECTED AND MULTISENSORY CITY
Giovanna Giugliano, Sonia Capece, Mario Buono

051_ THE ENVIRONMENTAL TECHNOLOGICAL PROJECT FOR THE IMPLEMENTATION OF THE 2030 AGENDA
Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Giovanni Castaldo, Daniele Fanzini

056_ THE THERMAL AMBIENCES OF ATRIUM BUILDINGS: CASE OF THE MEDITERRANEAN CLIMATE
Warda Boulfani, Djamila Rouag-Saffedine

062_ INCLUSIVE CITIES: TOOLS TO GUARANTEE ACCESS
Ilaria Oberti, Isabella Tiziana Steffan

067_ THE NEW MODEL OF CIRCULAR ECONOMY FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTIONS
Georgia Cheirchanteri

072_ AS GREY INFRASTRUCTURE TURNS GREEN. Along the Padua-Venice waterway
Luigi Stendardo, Luigi Siviero

079_ IDENTITY AND INNOVATION FOR THE REVITALIZATION OF HISTORIC VILLAGES. Dialogue on
Mediterranean living experience
Antonella Trombadore, Marco Sala

090_ THE POWER OF ALHAMBRA'S IMAGINARY IN THE ARCHITECTURE OF ANTONI GAUDI
Nour El Houda Hasni

095_ WATER ARCHITECTURE IN HISTORY FOR THE STORYTELLING OF IDENTITY HERITAGE
Rosa Maria Giusto

101_ TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT: MEGA PROJECT'S STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT TO ATTAIN SDG 7, 9, 11, 12 & 13
Mohsen Aboulnaga, Abdulrahman Amer, Abdelrahman Al-Sayed

107_ THE NEW RELATIONSHIP BETWEEN THE HOSPITAL AND THE TERRITORY: A NEW IDEA OF URBAN HEALTH
Marella Santangelo

112_ POSITIVE ENERGY DISTRICTS (PEDS) FOR INCLUSIVE AND SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT
Carola Clemente, Paolo Civiero, Marilisa Cellurale

119_ VISUAL INFORMATION AND GRAPHIC COMMUNICATION MODELS OF THE AMALFI COAST LANDSCAPES
Stefano Chiarenza, Barbara Messina

125_ STANDARDS PEREQUATION: NEW PERSPECTIVES FOR THE REALIZATION OF SERVICES FOR THE CITY
Pasquale De Toro, Rita Gallo, Roberto Gerundo, Silvia Iodice, Francesca Nocca

132_ ECOLOGICALLY EQUIPPED INDUSTRIAL AREAS An integrated management of industrial sites
Christina Conti, Giovanni La Varra, Ambra Pecile

138_ INSPIRING & TRAINING ENERGY-SPATIAL SOCIOECONOMIC SUSTAINABILITY
Alessandro Sgobbo

144_ NEW PERSPECTIVES FOR ANCIENT UTOPIAS. Towards a sustainable recovery of Italian rural villages
Simona Talenti, Annarita Teodosio

INDEX_INDICE

150_ DESIGNING THE HEALTHY CITY: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH
Riccardo Pollo, Elisa Biolchini, Giulia Squillacioti, Roberto Bono

156_ TOWARDS THE HARMONIZATION OF INDUSTRIAL FACILITIES WITH THE LANDSCAPE. A catalogue of good practices
Lia Marchi

161_ CROWDSOURCED DIGITAL SYSTEMS FOR SUSTAINABLE MOBILITY: NAVIGATION, DATA-GATHERING AND PLANNING
Marco Quaggiotto

166_ BUILDING THE CIVIC CITY. Civic design as enabler of resilient communities
Vanessa Monna, Valentina Auricchio

171_ ACKNOWLEDGING WRECKED LANDSCAPE. From waste into resource through visionary scenarios
Luigi Stendardo, Stefanos Antoniadis

178_ ENERGY EFFICIENCY FEATURES IN ITALIAN AND SPANISH TRADITIONAL DWELLINGS
Federica Ribera, Pasquale Cucco, Ignacio Javier Gil Crespo

184_ "ZÉRO ARTIFICIALISATION NETTE" TARGET, TOWARDS CIRCULAR CITIES AND TERRITORIES
Alessia Sannolo, Chiara Bocchino, Domenico De Rosa

194_ CLOOSING THE LOOP RE-THINKING URBAN MINING
Mariateresa Giammetti

207_ CO-SMART GOVERNANCE IN THE TRANSFORMATION PROCESSES OF FUTURE CITIES. Masdar City: A Model for Sustainable Cities
Salvatore Visone

212_ THE THOUGHT OF THE NATURAL. Notes for a critical reflection on territorial sustainability
Andrea Facciolongo

216_ TOWARDS ENERGY EFFICIENCY IN CONTEMPORARY BUILDINGS FROM DOWNTOWN TUNIS
Athar Chabchoub, Fakher Kharrat

221_ DIGITAL MANAGEMENT OF QUARRIES SYSTEM FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORY
Giuseppe Antuono, Valeria Cera, Vincenzo Cirillo, Emanuela Lanzara

229_ DAPTIVE OPEN SPACES IN THE POST COVID-19 CITY
Rossella Franchino, Caterina Frettoloso

SCIENTIFIC COMMITTEE

Eugenio ARBIZZANI
Aasfah BEYENE
Bojana BOJANIC
Michele CAPASSO
Stefano CHIARENZA
Angela CODOÑER
Francesca Romana D'AMBROSIO
Ana Maria DABIJA
Kambiz EBRAHIMI
Daniel FAURE
Pliny FISK
Giorgio GIALLOCOSTA
Rodolfo GIRARDI
Mihiel HAM
Fakher KARAT
Pablo LA ROCHE
Serge LATOUCHE
Stefano LENCI
Alberto LUCARELLI
Gaetano MANFREDI
Saverio MECCA
Paulo MENDONÇA
Giuseppe MENSITIERI
Lorenzo MICCOLI
Alastair MOORE
Michael NEUMAN
João NUNES
Massimo PERRICCIOLI
Silvia PIARDI
Alberto PIEROBON
Khalid Rkha CHAHAM
Susan ROAF
Yodan ROFÈ
Piero SALATINO
Fabrizio SCHIAFFONATI
Mladen SCITAROCI
Alfonso SENATORE
Ali SHABOU
Abdelgani TAYYIBI
Nikolas TZINIKAS
Funda UZ
Michael VAN GESSEL
Dilek YILDIZ
Ayman ZUAITER

REFEREE BOARD

Zribi Ali ABDELMÔNEM
Maddalena ACHENZA
Manuela ALMEIDA
Ahadollah AZAMI
Angela BARRIOS PADULA
Vittorio BELPOLITI
Houda BEN YOUNES
Gaia BOLLINI
Gianluca CADONI
Assunta CAPECE
Lucia CECCHERINI NELLI
James CHAMBERS
Paolo CIVIERO
Carola CLEMENTE
Daniel DAN
Pietromaria DAVOLI
Mercedes DEL RIO
Gianluigi DE MARTINO
Orio DE PAOLI
Dorra DELLAGI ISMAIL
Houda DRISS
Dalila EL KERDANY
Andrea GIACHETTA
Barbara GUASTAFERRO
Luigi IANNACE
Shoaib KANMOHAMMADI
Pater KLANICZAY
Danuta KLOSEKKOZLOWSKA
Liliana LOLICH
Philippe MARIN
Said MAZOUZ
Barbara MESSINA
Luigi MOLLO
Carlos MONTES SERRANO
Emanuele NABONI
Paola Francesca NISTICÒ
Massimo PALME
Lea PETROVIC KRAJNIK
Francesca PIRLONE
Vasco RATO
Joe RAVETZ
Imen REGAYA
Jesús RINCÓN
Paola SÁEZ VILLORIA
Marco SALA
Anda Joana SFINTES
Radu SFINTES
Jacques TELLER
Pablo TORRES
Antonella TROMBADORE
Ulica TÜMER EGE
Clara VALE
Fani VAVILI
Roland VIDAL
Jason YEOM DONGWOO

STEERING COMMITTEE

Gigliola AUSIELLO
Alfredo BUCCARO
Luca BUONINCONTI
Mario BUONO
Domenico CALCATERRA
Domenico CAPUTO
Roberto CASTELLUCCIO
Pierpaolo D'AGOSTINO
Gabriella DE IENNER
Paola DE JOANNA
Viviana DEL NAJA
Dora FRANCESE
Marina FUMO
Fabio IUCOLANO
Fabrizio LECCISI
Barbara LIGUORI
Mario LOSASSO
Andrea MAGLIO
Vincenzo MORRA
Lia Maria PAPA
Antonio PASSARO
Elvira PETRONCELLI
Domenico PIANESE
Francesco POLVERINO
Marialuce STANGANELLI
Giuseppe VACCARO
Salvatore VISONE
Rosamaria VITRANO

EDITORIAL BOARD

Editor in chief
Dora FRANCESE

First Editors
Luca BUONINCONTI
Domenico CAPUTO
Paola DE JOANNA
Antonio PASSARO
Giuseppe VACCARO

Associate Editors
Gigliola AUSIELLO
Roberto CASTELLUCCIO
Marina FUMO
Lia Maria PAPA
Marialuce STANGANELLI

Editorial Secretary
Mariangela Cutolo

Graphic Design
Web Master
Luca Buoninconti
Elisabetta Bronzino

SMC - Sustainable Mediterranean Construction Association
Founded on March 1st 2013
Via Posillipo, 69 80123 Naples – Italy
smc.association@mail.com

SMC is the official semestral magazine of the SMC Association, jointed with CITTAM - SMC N. 11 - 2020

All the papers of SMC magazine were submitted to a double peer blind review.

Cover Photo © Dora Francese 2019, view from North of the Island "La Castelluccia", in the Archipelago of "Li Galli", Positano (NA)

Printed Edition
ISSN: 2385-1546

Publisher: Luciano Editore
Via P. Francesco Denza, 7
P.zza S. Maria La Nova, 4
80138 Naples – Italy
www.lucianoeditore.net
info@lucianoeditore.net
editoreluciano@libero.it

Online Edition
ISSN: 2420 - 8213

www.sustainablemediterranean construcion.eu

Riccardo Pollo
Elisa Biolchini
Giulia Squillacioti
Roberto Bono

DESIGNING THE HEALTHY CITY: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH

Abstract
Urban microclimatology, urban ecology and studies on Public health and air quality can provide the project on a neighborhood and building scale an important contribution to achieve the healthy city. Interdisciplinary research and practices are needed. In the article a methodological hypothesis has been developed through a synthetic exposition of the three visions: the survey on the urban microclimate, the studies on the dispersion of pollutants in urban areas in relation to green areas and the Public health investigations on the interactions between health risk factors, air quality and urban greenery. Studies in different sectors can provide suggestions to architectural design. The application of the approaches highlighted to the neighborhood scale design based on the use of concepts, models and measurements of microclimatic parameters, air quality and health determinants, also starting from an experimentation carried out within the research group and from an ongoing study, is assumed.

Keywords *Mitigation*, *adaptation*, *air quality*, *health determinants*, *healthy city*

Introduction
The London Lancet University College (UCL) Commission in 2012 stressed that, despite the general health advantage that urban dwellers had over rural areas, the theme of a healthy city is still open to innovation and research. The availability of better health services, income and nutrition, of cleaner energy sources, undoubtedly represents a goal achieved by many urban concentrations but the definition of a "comprehensive methodology for analysis of the associations between aspects of the urban environment and residents' health is not available yet". Among the priority actions there is that of intervening on climatic and environmental factors, because of the worsening of phenomena linked to global warming, heat waves, climate-altering emissions and the aero-dispersion of pollutants. In this contribution we will focus on some aspects of urban environment mitigation on which it is possible to intervene with planning and design and through the mitigating action of greenery. As is known, the terms mitigation and adaptation identify two distinct areas of action, the first aimed at reducing greenhouse gas emissions, the second aimed at improving the living conditions of people and ecosystems, in the current scenario of global warming. The two strategies are closely interrelated as many adaptation actions contribute to and are prerequisites for mitigation. As part of the climate studies, phenomena, indicators and design solutions have been identified to intervene on outdoor comfort both on a regional and urban scale which have led to a real discipline of mitigation of the urban microclimate [26]. In the fields of forestry studies and urban ecology, in the last decades, Nature Based Solutions (NBS) have been proposed whose goal is to use natural elements for the purpose of climate mitigation, of contrasting climate change, of adaptation, of the resilience of man-made systems and the restoration of natural ecosystems. Architecture and urban design are not extraneous to this effort involving urban ecologists, botanists, hygienists, atmospheric physicists, urban planners and architects [34]. On the other hand, investigations on the role of ecosystem services have led to robust evidence of the benefits of green on health determinants through the improvement of thermohygrometric comfort in open spaces and air quality, parameters connected to each other both for the combined effect on health and for the interaction between physical phenomena and chemical processes of formation of pollutants [19]. The study of these different areas represents a necessary premise for the knowledge of the environmental dynamics at urban scale on which the project interventions affects at different scales [32].
In relation to the influence of environmental parameters on health, we have examined some important relationships between different approaches, research on urban microclimate, study of the contribution of ecosystem services for the improvement of air quality and public health studies in a perspective of promoting health. This comparative analysis allows us to outline a micro-urban interdisciplinary design approach.

The urban microclimatic studies
The investigations on the urban thermohygrometric climate in the architectural field constitute a consolidated field of studies which has led to the development of theories, methodologies and software to define and simulate the microclimate and well-being in urban open spaces. The variables of the local climate of a specific geographical location have been related to the behavior of buildings, urban forms and materials.
Within the comfort equation that involves the dynamics of heat exchange between body surface, respiration and environment, interventions on radiative, evaporative and convective exchanges are evaluated, all influenced, by the characters of the exposed subjects as well as by the shields with respect to the solar radiation and wind from buildings and orography, from the reflectance and emissivity of materials, from the "roughness" of the surfaces of the urban environment, from the heat emissions of machines and human processes and from vegetation through evapo-transpiratory mechanisms and the effects of advection. The urban and building project can intervene on all these elements. As regards to the variable of atmospheric conditions, areas with dry hot climate are subject to microclimate mitigation design actions potentially more effective than in hot-humid or cold climates. In the same sites, the achievable results have a higher incidence on sunny and hot days and less on those with overcast and cold sky. Wind also affects mitigation and when this is of moderate intensity, for example with a speed of 4 m / s, [44] prevails in accentuating convective cooling on the effect of the shadow, which becomes much less effective. Another factor that can considerably influence the microclimate mitigation effects is undoubtedly the urban layout. The case of the North African medinas is exemplary in which the main mitigation factor is given by the compactness of the built fabric capable of creating a generalized shading of open spaces [24]. The orientation of the roads represents a decisive element for the action of solar radiation, both to intercept the desired free contributions in the under-heated season, and to shield them, in the over-heated one [12], [36], [26]. Streets oriented according to the north-south axis provide more prolonged shading during the day than those oriented according to the east-west axis [28]. The roads oriented parallel to the prevailing wind direction allow a more effective convective cooling by increasing the air speed similarly to the presence of open and porous spaces on the ground floors [26]. The height of the buildings that delimit urban spaces is decisive for the urban microclimate. In low rise building areas the action of solar radiation and wind acts differently than in the compact and high rise nuclei that generate greater shielding and wind eddies. In temperate and cold climates a balance between desired solar gains in the under-heated season and shielding and

dispersion of heat by ventilation in those overheated is necessary, as evidenced in Ralph Knowles' 80s studies with Solar Architecture [37]. Moving to the role played by building materials, the radiation fields deriving from multireflections in the urban space are complex and solutions such as reflective pavements have effects only when the Aspect Ratio (AR), or H / W, which represents the ratio between the amplitude of the free space and the heights of the buildings that delimit it, is relatively limited. Deep canyons show, in hot dry climates, much lower surface ground temperatures than wide ones [2]. The finishing materials of the surfaces, both of the floors and the vertical walls of the buildings significantly influence the Mean Radiant Temperatures (MRT) and the air temperature on the ground. The albedo of materials, portion of the reflected radiation, is the most relevant parameter of the urban radiation field [5]. Vegetation is one of the most relevant factors in the microclimate mitigation. Trees act as a blockade of shortwave solar radiation and reduce wind speed. The horizontal and vertical green surfaces, lawns, green roofs and green walls are effective tools for reducing the long-wave radiation that determines the urban thermal field. Green walls are able to lower surface temperatures up to 24 K [6], [49] and to reduce air temperatures on the ground, but only if the buildings are of lower height at 10 m [40]. Green management also affects mitigation, in particular irrigation [11]. In general terms, the air temperature on the ground in an urban environment can be less than - 3 K due to the presence of trees and – 1K for the action of a lawn [25]. The effect of trees on the microclimate of the space between buildings and streets can change in relation to orientation [26]. Even water can influence the mitigation of the microclimate [26]. We can therefore affirm that acting through these strategies in the building domain in terms of density, orientation of the streets, space between buildings, material and urban greenery has an impact, both on the processes of mitigation of the causes of climate change, albeit indirectly and over a long period of time, and on the adaptations necessary to face the phenomena of global warming already underway in the short / medium term.

Environmental quality improvement through NBS

The issue of air quality has been among the most investigated in many disciplinary sectors in recent decades, from environmental engineering to forestry sciences. The evidence of the correlation between components of the atmosphere and health has resulted from studies and research in the biological, medical and epidemiological fields [42]. In addition, the environmental impact assessments (EPA, 1969), for infrastructure and production interventions have consolidated simulation models and detection of atmosphere quality indicators. The evaluation of sources and dispersions in the atmosphere is compared with the mitigation and adaptation strategies based on ecosystem services for the reduction of health risk factors.

The primary particulate pollutants (Particulate Matter, PM) are traffic emissions, for the combustion and wear of tires, those deriving from heating of buildings, industrial processes, soil erosion, natural emissions of plant organisms. Secondary pollutants, also from vegetation, are influenced by climatic parameters such as temperature and humidity [13] and factors such as the green maintenance levels. The dispersion models of pollutants from point, linear or diffuse sources, as well as the natural background, coming from the land rather than from the dust transported by regional winds, operate in complex spatial configurations, such as urban ones, in which the geometries and any systems favoring the deposition and absorption, the greenery and the action of the waters, intervene jointly with the microclimate. This mechanism is particularly relevant for fine particles, or Particulate Matter (PM), for ozone and for nitrogen oxides, critical components of urban atmospheres. The effects of the green system both on mitigation and on the side of adaptation and action on health determinants [35] is evident in numerous locations and scenarios [38], [35], [18], [50], [19].
In the regional scale assessments, different models of dust deposition and pollutant absorption by green areas have been developed, such as I-Tree Eco, UFORE, the "Tiwary method" [51]. Spatialized models are able to assess the differences, both in urban and suburban areas, of pollutant concentrations. In the context of bio-climatic studies, the software ENVI-MET is also used to evaluate the well-being indices in open spaces and the dispersion of some pollutants [43]. The reduction of PM10 concentration and annual greenhouse gas (GHG) emissions by planted urban green areas, according to recent studies, would affect, in some cases, to a relatively small extent, about 2% for dust [3], [4], [10], and less than 1% for CO2 [3], [19]. In addition, there is a strong differentiation of effectiveness according to the geographical areas, with a low effectiveness in the removal of NOx, VOCs and PM pollutants in the climates of northern Europe [46], [23].
The interaction between vegetation and the shape of the spaces between buildings is crucial, the so-called canyon effect [12].
The effectiveness of NBS, therefore, in addition to being conditioned by the availability of space for planting [33] results from a combination of factors, such as ventilation, the shape of the space between buildings, the type of trees. Other forms of greenery, such as green roofs, have demonstrated their mitigation function [19]. This solution, although less effective than trees on the side of roads, can improve air quality. However, the choice of suitable tree species is important [30]. In conclusion, also to assess the action of mitigation of green on air quality, it is not possible to ignore the specificity of the local context that decisively conditions its results [46].

Environmental mitigation and health

One of the main determinants of asthma, one of the most important diseases of the pediatric age, includes many environmental risk factors, which can play an important role in the increase or worsening, of all respiratory diseases, in particular in children. In particular, air is perhaps the most important vehicle for various chemical, physical and biological factors, capable of increasing the severity of asthma and asthma-like symptoms, especially in metropolitan areas. In urban areas, vegetation can provide important health benefits for populations, especially those in children, both quantitatively and qualitatively. The health benefits can be represented both directly by the improvement of respiratory health, or by the mitigation of the intensity of the symptoms, and indirectly through the promotion of physical activity and the reduction of atmospheric and acoustic pollution. From a qualitative point of view, the presence of certain types of vegetation near residential areas can represent a determinant of health or, on the contrary, of disease; this in relation to the allergenic properties of the various botanical species present in the urban area. It may be useful to remember in this regard that the choice of botanical species to be planted in the city can represent an important prevention and health promotion action in the urban area. In fact, the replacement of urban vegetation with hypoallergenic plant species and their correct management, for example by frequent mowing of lawns in order to limit the production of flowers and consequently of pollen, can reduce the concentrations of allergens in the air and, therefore, the negative effects on the health of urban populations. By way of example, the main results of a study carried out in Turin and published in January 2020 [47] are described below. The aim of this study was to investigate the association between available public green and respiratory health. 187 children (10-13 years old) were recruited in Turin and, for each of them, the prevalence of asthma and asthma-like symptoms was calculated. The spirometry test performed on each student allowed to measure the respiratory flow, and therefore to objectively quantify the respiratory health of each individual. The amount of green (greenness) was measured individually for each subject, who was asked for the residence address, through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from remote sensing images. Greater exposure to NDVI, i.e. green, was highlighted as inversely related to asthma [O.R. 0.13, I.C. 95% 0.02-0.7, p = 0.019], at bronchitis [O.R. 0.14 I.C. 95% 0.05-0.45, p = 0.001] and wheezing [O.R. 0.25 I.C. 95% 0.09-0.70, p = 0.008]. The scientific literature still remains unclear and controversial about the direct role of public green on respiratory health, promoting better respiratory status in some cases, but allergenicity risks in others.
The indirect health benefits of the abundance of urban greenery, on the other hand, are evident: the promotion of recreational and motor activities, the reduction of the inflammatory process, up to the reduction of atmospheric pollution, noise and solar radiation during the hottest months of the year. On the other hand, a scarce presence of greenery, or an increase in greyness, as well as the presence of more

"allergenic" trees, can induce a worsening of the air quality, so as to contribute to the increase in allergies and therefore also of forms asthma. On this last point, several studies have been reported that highlight how living near parks is associated with a higher relative prevalence of asthma in children [14], [29]. Among the possible explanations for this, some authors recall the mechanisms by which green can act as a worsening factor of respiratory conditions, for example by releasing pollen and fungal spores into the environment [8], [7], [15] or even increasing the exposure to pesticides and fertilizers.

The comparison between approaches and a proposed methodology

Research in the field of microclimatic, the study of NBS in urban areas and environmental hygiene studies differently tackle a common theme, that of promoting human health, understood in its broad sense of complete state of well-being. The design actions can influence the characteristics of the urban microclimate which constitute health determinants by acting on the highlighted parameters of urban form, choice of building materials, vegetation, presence of water. However, this action must be verified and measured in the specific and complex situations of the places, of interaction between microclimate, emissions and inhabitants, assessing the conditions prior to the intervention and subsequent to it. Models and measurements can provide useful information for evaluating effectiveness in terms of well-being and health. It is therefore proposed to use parallel simulation tools of the urban microclimate, the dispersion of pollutants and the biological measures of their action on the inhabitants. The use of simulation can then be validated and verified on site with the use of sensors and, in the context of studies on health determinants, be linked to the development of research on the resident population, such as that conducted in the Turin area [47]. To the evaluation of factors such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), detected thanks to remote sensing technologies, we add the modeling of spaces on the micro-urban scale through the definition, first in qualitative and then quantitative terms, of the climatic and quality factors of the air, relating them to the measurements of the biological parameters of the inhabitants. In the case presented, the pediatric population, as it is more closely linked to the place of residence. Local environmental measures, implemented by sensors, are followed by monitoring of the inhabitants in order to relate environmental measures and biological responses. Table 1 highlights the elements of the proposed methodology, the phenomena investigated, the factors assessed and measured quantities, the design parameters and the indicators that can be used in the evaluation.

Among the phenomena we list:
- the action of solar radiation;
- the other microclimate variables (wind, RH, rainfall);
- the vertical emissions into the atmosphere;
- the population;

The quantities and measurable factors are:
- the air temperatures;
- the surface temperatures (TMR);
- the atmospheric emissions;
- the absorption levels of plant species;
- the levels of evaporation of plant organisms;
- the health status of the residents.

Among the design parameters:
- the shape and orientation of the building;
- the albedo and emissivity of the building;
- the characteristics of the plant species;
- the maintenance level of the green;
- the information and lifestyle of the residents.

Among the indicators:
- the indices of comfort and thermal preferences;
- the concentrations of pollutants;
- the biological and metabolic parameters of the population measurable in relation to the correlated health determinants.

	Urban micro-climate	*Environmental quality - air Nature Based Solutions*	*Environmental hygiene Public health*
Phenomena	*Solar radiation*	*Biosphere and anthropic activities*	*Quality of the urban environment*
Measurable quantities and variables	*Air temperature, TMR, Vel. Air, UR*	*Evapostraspiration, dry deposition, climate, humid deposition, artificial emissions*	*Environment, lifestyles, health system, quality of life and voluptuous habits*
Design parameters	*Environment, vegetation, water, surfaces geometry - albedo*	*LAI, species, maintenance*	*Health promotion*
Indicators	*Comfort (PET), microclimate, UHI*	*Air quality (NOx, PM, VOC, CO2)*	*Metabolic, biochemical, environmental parameters, epidemiological approach*

Tab. 1 - Phenomena, quantities with measurable variables, design parameters and indicators specific to the three approaches

Although in an experimental perspective, the project appears promising also due to the growing availability, also as part of the research group's ongoing programs, of low-cost and relatively reliable instruments and sensors spread throughout the territory. For this purpose, it is necessary to develop models and networks for real-time monitoring of environmental conditions and the ability to process their data with respect to promoting health and mitigating climate change. Such an integration between sensor networks, also in the perspective of the Smart City, and modeling and simulation tools can support a more environment and health conscious design of urban spaces. The investigation of the relationships between the effects on human health and environmental factors, air pollution indicators, microclimate mitigation, greenness, water availability and urban form represent a relevant challenge for future studies.

Many different disciplines can contribute to the advancements in urban and architectural sustainable design but a convergent approach and a common goal is needed, similarly to the scheme of many research programs in the field of ecosystem services, as the EKLIPSE network, funded by EU.

This research direction is aimed at introducing in the study of the metabolism of the city the measurement of the interactions between artificial system, natural and social system by promoting a Smart Environment in which the measurement of the link between health, behavior and life styles, economy is able to counteract global warming and to raise the quality of life in cities.

REFERENCES

[1] Amorim, J. H., Rodrigues, V., Tavares, R., Valente, J., Borrego, C. (2013), *CFD modelling of the aerodynamic effect of trees on urban air pollution dispersion*, Science of the Total Environment, pp. 461–462, 541–551, from https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.031.

[2] Bakarman, M.A., Chang, J.D. (2015), *The Influence of Height/width Ratio on Urban Heat Island in Hot-arid Climates*, Procedia Engineering, pp. 118, 101–108, from https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.408.

[3] Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., Langemeyer, J., Nowak, D.J., Terradas, J. (2014), *Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain*, in: Ambio, 43(4), pp. 466–479, from https://doi.org/10.1007/s13280-014-0507-x

[4] Baumgardner, D., Varela, S., Escobedo, F.J., Chacalo, A., Ochoa, C. (2012), *The role of a peri-urban forest on air quality improvement in the Mexico City megalopolis*, Environmental Pollution, pp. 163, 174–183. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.12.016

[5] Berardi, U. (2018), *U. C. 10. 1016/j. uclim. 2017. 05. 007. The effect of pavement characteristics on pedestrians' thermal comfort in Toronto*., Urban Climate Science for Planning Healthy Cities

[6] Bianco, L., Serra, V., Larcher F., Perino, M. (2017), *Thermal behaviour assessment of a novel vertical greenery module system: first results of a long-term monitoring campaign in an outdoor test cell*, Energy Efficiency, 10(3), pp. 625–638. https://doi.org/10.1007/s12053-016-9473-4

[7] Bartra, J., Belmonte, J., Torres-Rodriguez, J. M., Cistero-Bahima, A. (2009), *Sensitization to Alternaria in patients with respiratory allergy*, Front Biosci, 14, pp. 3372–3379.

[8] Bono, R., Romanazzi, V., Bellisario, V., Tassinari, R., Trucco, G., Urbino, A., Cassardo, C., Siniscalco, C., Marchetti, P., Marcon, A. (2016), *Air pollution, aeroallergens and admissions to pediatric emergency room for respiratory reasons in Turin, northwestern Italy*, BMC Public Health, p. 16.

[9] Bono, R., Bugliosi, E.H., Schilirò, T., Gilli, G. (2001), *The Lagrange Street story: The prevention of aromatics air pollution during the last nine years in a European city*, Atmospheric Environment n. 35.

[10] Bottalico, F., Chirici, G., Giannetti, F., De Marco, A., Nocentini, S., Paoletti, E., Salbitano, F., Sanesi, G., Serenelli C., Travaglini, D. (2016), *Air Pollution Removal by Green Infrastructures and Urban Forests in the City of Florence*, in: Agriculture and Agricultural Science Procedia, 8/2016, pp. 243–251, from https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.099.

[11] Broadbent, A. M. (2018), *Interactive comment on "The Air-temperature Response to Green / blue-infrastructure Evaluation Tool (TARGET v1. 0): an efficient and user-friendly model of city cooling" by Ashley M.*, Broadbent et. Section 6/2018, pp. 4–7.

[12] Chatzidimitriou, A., Yannas, S. (2017), *Street canyon design and improvement potential for urban open spaces; the influence of canyon aspect ratio and orientation on microclimate and outdoor comfort*, in: Sustainable Cities and Society, 33(June), 2017, pp. 85–101, from https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.019

[13] Churkina, G., Kuik, F., Bonn, B., Lauer, A., Grote, R., Tomiak, K., Butler, T.M. (2017), *Effect of VOC Emissions from Vegetation on Air Quality in*

Berlin during a Heatwave, in: Environmental Science and Technology, 51(11), 2017, pp. 6120–6130., from https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06514.
[14] Dadvand, P., Villanueva, C.M., Font-Ribera, L., Martinez, D., Basagaña, X., Belmonte, J., Vrijheid, M., Gražulevi˘cien˙e, R., Kogevinas, M., Nieuwenhuijsen, M.J. (2014), *Risks and Benefits of Green Spaces for Children: A Cross-Sectional Study of Associations with Sedentary Behavior, Obesity, Asthma, and Allergy*, in: Environ. Health Perspect. 122, 2014, pp. 1329–1335.
[15] DellaValle, C.T., Triche, E.W., Leaderer, B.P., Bell, M.L. (2012), *Effects of ambient pollen concentrations on frequency and severity of asthma symptoms among asthmatic children*, in: Epidemiology, 23, 2012, pp. 55–63.
[16] EEA (2019), *Air quality in Europe – 2019 report*, EEA Report no. 10/2019.
[17] European Commission (2016), *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services, Technical Report – 2016*, p. 102.
[18] Fusaro, L., Marando, F., Sebastiani, A., Capotorti, G., Blasi, C., Copiz, R., Congedo, L., Munafò, M., Ciancarella, L., Manes, F. (2017), *Mapping and Assessment of PM10 and O3 Removal by Woody Vegetation at Urban and Regional Level*, Remote Sens, n. 9/2017, p. 791 doi:10.3390/rs9080791
[19] Geneletti, D., Zardo, L. (2016), *Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans*, in: Land Use Policy, n. 50/2016, pp. 38–47, from https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.09.003.
[20] Hartig, T., Mitchell, R., de Vries, S., Frumkin, H. (2014), *Nature and Health. Annual Review of Public Health*, n. 35(1)/2014, pp. 207–228, from https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182443.
[21] Holt, R., Mears, M., Maltby, L., Warren, P. (2015), *Understanding spatial patterns in the production of multiple urban ecosystem services*, in: Ecosystem Services n. 16/2015, pp. 33–46.
[22] Monks, P.S., Leigh, R.J. (2016), *Modelling the effectiveness of urban trees and grass on PM2.5 reduction via dispersion and deposition at a city scale*, in: Atmospheric Environment, n. 147/2016, pp. 1–10, from https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.09.033.
[23] Jeanjean, A.P.R., Buccolieri, R., Eddy, J., Monks P., Leigh, R. (2017), *Air quality affected by trees in real street canyons: The case of Marylebone neighbourhood in central London*, in: Urban Forestry and Urban Greening, n. 22/2017, pp. 41–53, from https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.01.009.
[24] Johansson, E. (2006), *Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco*, in: Building and Environment, 41(10), 2006, pp. 1326–1338, from https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.022.
[25] Kwak, K.H., Lee, S.H., Mango Seo, J., Park, S.B. and Baik, J.J. (2016), *Relationship between rooftop and on-road concentrations of traffic related pollutants in a busy street canyon: Ambient wind effects*, in: Environmental Pollution, n. 208/2016, pp. 185–197, from https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.07.030.
[26] Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu K. and Chen, Q. (2019), *A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces*, in: Science of the Total Environment, n. 661/2019, pp. 337–353, from https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.062.
[27] Lamé, G., Simmons, R.K. (2020), *From behavioural simulation to computer models: how simulation can be used to improve healthcare management and policy*, in: BMJ Simulation and Technology Enhanced Learning, 6(2), 2020, pp. 95–102, from https://doi.org/10.1136/bmjstel-2018-000377.
[28] Lau, K.K.L., Ren, C., Ho, J., Ng, E. (2016), *Numerical modelling of mean radiant temperature in high-density sub-tropical urban environment*, in: Energ. Buildings 114, 2016, pp. 80–86 from https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.035.
[29] Li, L., Hart, J., Coull, B., Cao, S., Spengler, J., Adamkiewicz, G. (2019), *E_ect of Residential Greenness and Nearby Parks on Respiratory and Allergic Diseases among Middle School Adolescents in a Chinese City*, in: Int. J. Environ. Res. Public Health 2019, n. 16, p. 991.
[30] Li, Y., Babcock, R.W. (2014), *Green roofs against pollution and climate change. A review*, in: Agronomy for Sustainable Development, 34(4), pp. 695–705, from https://doi.org/10.1007/s13593-014-0230-9.
[31] Manso, M., Castro-Gomes, J. (2015), *Green wall systems: A review of their characteristics*, in: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41(January 2018), pp. 863–871, from https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203
[32] Marrone, P., Orsini, F. (2018), *Resilience and open urban environments. Comparing adaptation and mitigation measures*, in: Techne, n. 15/2018, pp. 348–357, from https://doi.org/10.13128/Techne-22099.
[33] McDonald, A.G., Bealey, W.J., Fowler, D., Dragosits, U., Skiba, U., Smith, R.I., Donovan, R.G., Brett, H.E., Hewitt, C.N., Nemitz, E. (2007), *Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM10 in two UK conurbations*, in: Atmospheric Environment, 41(38), pp. 8455–8467, from https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.07.025.
[34] McPhearson, T., Pickett, S.T.A., Grimm, N.B., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T., Weber, C., Haase, D., Breuste, J., Qureshi S. (2016), *Advancing Urban Ecology toward a Science of Cities*, in: BioScience, 66(3), pp. 198–212, from https://doi.org/10.1093/biosci/biw002.
[35] Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Greenfield, E. (2014), *Tree and forest effects on air quality and human health in the United States*, in: Environmental Pollution, 193, 2014, pp. 119–129, from https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028.
[36] Oke, T.R. (1988), *The urban energy balance*, in: Progress in Physical Geography, 12(4),1988, pp. 471–508, from https://doi.org/10.1177/030913338801200401.
[37] Knowles, R. (1978), *Energy and Form*, Mit Press, 1978.
[38] Raymond, C.M., Pam, B., Breil, M., Nita, M.R., Kabisch, N., de Bel, M., Enzi, V., Frantzeskaki, N., Geneletti, D., Cardinaletti, M., Lovinger, L., Basnou, C., Monteiro, A., Robrecht, H., Sgrigna, G., Munari, L., Calfapietra, C. (2017), *An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas., Horizon 2020*, from https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18682.08643.
[39] Rydin, Y., Bleahu, A., Davies, M., Davila, J.D., Friel, S., di Grandis, G., Groce, N., Hallal, P.C., Hamilton, I.G., Howden-Chapman, P., Lai, K.M., Lim, C.J., Martins, J., Osrin, D., Ridley, I., Scott, I., Taylor, M., Wilkinson, P., Wilson, J. (2012), *Shaping Cities for Health: the complexities of planning urban environments in the 21st century*, in: The Lancet, n. 379 (Special Issue), pp. 2079–2108, from https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60435-8.Shaping.
[40] Ouldbouktitine, S.E., Belarbi, R., Sailor, D.J. (2014), *Street canyon e green roof*, in: Applied Energy, n. 114/2014, pp. 273–282.
[41] Perini, K. (2013), *Progettare il verde in città. Una strategia per l'architettura sostenibile*, Angeli.
[42] Li, Q., Kobayashi, M., Kawada, T. (2008), *Relationship Between Percentage of Forest Coverage and Standardized Mortality Ratios (SMR) of Cancers in all Prefectures in Japan*, in: The Open Public Health Journal, 1, 2008, pp. 1-7.
[43] Rui, L., Buccolieri, R., Gao, Z., Ding, W., Shen, J. (2019), *The Impact of Green Space Layouts on Microclimate and Air Quality in Residential Districts of Nanjing, China*, in: Forests 2018, 9(4), p. 224, from https://doi.org/10.3390/f9040224.
[44] Santamouris, M. (2013), *Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—a review of the actual developments., Renew*, in: Sust. Energ. Rev. 26, pp. 224–240, from https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.047.
[45] Santamouris, M. (2019), *Cooling Energy Solutions for Buildings and Cities*, in: World Scientific Publishing.
[46] Setälä, H., Viippola, V., Rantalainen, A.L., Pennanen, A., Yli-Pelkonen, V. (2013), *Does urban vegetation mitigate air pollution in northern conditions?*, in: Environmental Pollution, 183, 2013, pp. 104–112, from https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.11.010.
[47] Squillacioti, G., Bellisario, V., Levra, S., Piccioni, P., Bono, R. (2020), *Greenness Availability and Respiratory Health in a Population of Urbanised Children in North-Western Italy*, in Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, p. 108, doi:10.3390/ijerph17010108.
[48] Steeneveld, G.J., Klompmaker, J.O., Groen, R.J.A., Holtslag, A.A.M. (2018), *An urban climate assessment and management tool for combined heat and air quality judgements at neighbourhood scales*, in: Resources, Conservation and Recycling, 132, 2018, pp. 204–217, from https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.12.002.
[49] Tan, C.L., Wong, N.H., Jusuf, S.K. (2014), *Effects of vertical greenery on mean radiant temperature in the tropical urban environment*, in: Landscape and Urban Planning, n. 127, pp. 52–64, from https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.04.005.
[50] Tallis, M., Taylor, G., Sinnett, D., Freer-Smith, P. (2011), *Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments*, in: Landscape and Urban Planning, n. 103 (2), pp 129-138.
[51] Tiwary, A., Sinnett, D., Peachey, C., Chalabi, Z., Vardoulakis, S., Fletcher, T., Leonardi, G., Grundy, C., Azapagic, A., Hutchings, T.R. (2009), *An integrated tool to assess the role of new planting in PM10 capture and the human health benefits: A case study in London*, in: Environmental Pollution, 157(10), 2009, pp. 2645–2653, from https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.05.005.
[52] Walls, K.L., Boulic, M., Boddy, J.W.D. (2016), *The Built Environment-A Missing "Cause of the Causes" of Non-Communicable Diseases*, in: International Journal of Environmental Research and Public Health, n. 13(10), 2016
[53] WHO, World Health Organization and Un-Habitat (2016), *Global report on urban health: equitable, healthier cities*.
[54] WHO, World Health Organization (2016), *Health as the Pulse of the New Urban, United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development, Qujito.*

Notes
The paper is the result of a shared work by the authors who are equally responsible for it. For the purpose of identifying the contributions, Pollo wrote paragraphs 1, 2, Biolchini 3, Squillacioti and Bono 4, paragraph 5 is double signed by Pollo and Biolchini.

PROGETTARE LA CITTÀ CHE PRODUCE SALUTE: UN APPROCCIO INTERDISCIPLINARE

Abstract
Microclimatologia urbana, ecologia urbana, studi sull'igiene ambientale e la qualità dell'aria possono fornire al progetto a scala microurbana ed edilizia importanti contributi per la realizzazione di una città sana. Sono necessari studi e pratiche interdisciplinari. Nell'articolo viene formulata un'ipotesi metodologica

tramite l'esposizione di tre visioni: indagini sul microclima urbano, studi sulla dispersione degli inquinanti in ambito urbano in relazione al verde e studi di sanità pubblica sulle interazioni tra fattori di rischio per la salute, qualità dell'aria e verde. Studi in settori diversi possono fornire indicazioni al progetto architettonico. Si ipotizza, anche a partire da una sperimentazione effettuata nell'ambito del gruppo di ricerca e da un lavoro in corso, l'applicazione degli approcci evidenziati al progetto di scala micro urbana basato sull'impiego di concetti, modelli e misurazioni dei parametri microclimatici, della qualità dell'aria, dei determinanti di salute.

Keywords *Mitigazione, adattamento, qualità dell'aria, determinanti di salute, città sana.*

Premessa

La commissione Lancet - University College di Londra (UCL) nel 2012 sottolineava che, nonostante il vantaggio di salute degli abitanti delle realtà urbane rispetto alle zone rurali, sul tema della città sana fossero necessarie innovazione e ricerca. La disponibilità di servizi sanitari, reddito e alimentazione migliori, fonti energetiche più pulite, rappresenta un traguardo raggiunto da molte città ma la definizione di una "metodologia ampia per l'analisi dei rapporti tra salute degli abitanti e carattere dell'ambiente urbano non è a tutt'oggi stata elaborata". Tra le azioni prioritarie vi è quella di intervenire sui fattori climatici e ambientali, dato l'inasprirsi dei fenomeni legati al global warming, le ondate di calore, le emissioni climalteranti, l'aerodispersione degli inquinanti. Ci concentreremo su alcuni aspetti della mitigazione e dell'adattamento del cambiamento climatico in ambiente urbano sui quali si può intervenire progettualmente e attraverso la definizione degli spazi verdi. Come è noto, i termini mitigazione e adattamento individuano due ambiti distinti di azioni, le prime mirate alla riduzione delle emissioni di gas serra, le seconde al miglioramento delle condizioni di vita, di uomini ed ecosistemi, nello scenario attuale del riscaldamento globale. Le due strategie, tuttavia, sono strettamente interrelate poiché molte azioni di adattamento contribuiscono e costituiscono presupposti della mitigazione. Nell'ambito degli studi sul clima si sono individuati fenomeni, indicatori e soluzioni progettuali per intervenire sul comfort outdoor sia su scala regionale che urbana sviluppando una vera e propria disciplina della mitigazione del microclima urbano [26]. Per quanto riguarda gli studi forestali e dell'ecologia urbana, negli ultimi decenni, sono state proposte le Nature Based Solutions (NBS) che utilizzano elementi naturali per la mitigazione del clima, il contrasto al cambiamento climatico, l'adattamento, la resilienza dei sistemi antropizzati e il ripristino degli ecosistemi naturali. L'architettura e il progetto urbano non sono estranei a questo sforzo che unisce ecologi urbani, botanici, igienisti, fisici dell'atmosfera, urbanisti e architetti [34]. Per altro verso le indagini sul ruolo dei servizi ecosistemici hanno portato a robuste evidenze dei benefici del verde sui determinanti di salute attraverso il miglioramento del comfort termoigrometrico negli spazi aperti e della qualità dell'aria, parametri tra loro connessi sia per l'effetto combinato sulla salute sia per l'interazione tra fenomeni fisici e processi chimici di formazione degli inquinanti [19]. Lo studio di questi diversi ambiti rappresenta una necessaria premessa alla conoscenza delle dinamiche ambientali a scala urbana sulle quali incidono gli interventi progettuali [32]. In relazione all'influenza dei parametri ambientali sulla salute, abbiamo esaminato alcune importanti relazioni tra diversi approcci, la microclimatica urbana, lo studio del contributo dei servizi ecosistemici per il miglioramento della qualità dell'aria e l'igiene ambientale in una prospettiva di promozione della salute. Tale analisi comparata ci consente di tratteggiare un approccio interdisciplinare al progetto a scala micro urbana.

La microclimatica urbana

Le indagini sul clima termo-igrometrico urbano in ambito architettonico costituiscono un consolidato campo di studi che ha portato allo sviluppo di teorie, metodologie e software per definire e simulare il microclima e il benessere negli spazi aperti urbani. Le variabili del clima locale proprio di una determinata località geografica sono stati messi in relazione con il comportamento del costruito, delle forme urbane e dei materiali. All'interno dell'equazione del comfort che coinvolge le dinamiche dello scambio termico tra superficie corporea, respirazione e ambiente, si sono valutati gli interventi sugli scambi radiativi, evaporativi e convettivi, influenzati tutti, oltre che da caratteri dei soggetti esposti, dalle schermature rispetto alla radiazione solare e al vento di edifici ed orografia, dalle riflettanze ed emissività dei materiali, dalla "rugosità" delle superfici dell'ambiente urbano, dalle emissioni di calore di macchine e processi antropici, dalla vegetazione attraverso i meccanismi evapo-traspirativi e dagli effetti dell'avvezione. Su tutti questi elementi può intervenire il progetto a scala urbana ed edilizia. Per quanto concerne la variabile delle condizioni atmosferiche, le aree geografiche con clima caldo secco e temperato sono soggette ad azioni progettuali di mitigazione del microclima potenzialmente più efficaci rispetto ai climi caldo-umidi o freddi. Negli stessi siti, i risultati conseguibili hanno una maggiore incidenza nelle giornate soleggiate e calde e minori in quelle con cielo coperto e fredde. Anche la ventosità incide sulla mitigazione e quando è di intensità discreta, ad esempio con una velocità di 4 m/s, [44] prevale nell'accentuare il raffrescamento convettivo sull'effetto dell'ombra, che diviene molto meno efficace. Un ulteriore fattore che può notevolmente influenzare gli effetti di mitigazione del microclima è sicuramente la forma urbana. È esemplare il caso delle medine nordafricane in cui il fattore principale di mitigazione è dato dalla compattezza del tessuto edificato che crea un ombreggiamento generale degli spazi aperti [24]. L'orientamento delle strade rappresenta un elemento decisivo per l'azione dell'irraggiamento solare, sia per intercettare gli apporti gratuiti desiderati nella stazione sottoriscaldata, sia per schermarli, in quella sovrariscaldata [12], [36], [26]. Strade orientate secondo l'asse nord-sud forniscono un ombreggiamento più prolungato durante il giorno rispetto a quelle orientate secondo l'asse est-ovest [28]. Per altro verso, le strade orientate parallelamente alla direzione prevalente dei venti consentono un più efficace raffrescamento convettivo aumentando la velocità dell'aria analogamente alla presenza di spazi aperti e porosi ai piani terra [26]. L'altezza degli edifici che delimitano gli spazi urbani è determinante per il microclima urbano. Negli abitati di limitata altezza radiazione solare e vento agiscono in modo diverso rispetto ai nuclei compatti e con edifici alti che generano una maggiore schermatura e vortici che rallentano la ventilazione. Nei climi temperati e freddi, occorre un bilanciamento tra apporti solari gratuiti desiderati nella stagione sottoriscaldata e schermatura e dispersione del calore per ventilazione in quella sovrariscaldata, come evidenziato negli studi degli anni '80 di Ralph Knowles con la sua Solar Architecture [37]. Passando al fattore costituito dai materiali, i campi radiativi derivanti dalle multiriflessioni nello spazio urbano sono complessi e soluzioni quali le pavimentazioni riflettenti sortiscono effetti solo quando la Aspect Ratio (AR), o H/W, che rappresenta il rapporto tra ampiezza dello spazio libero e le altezze degli edifici che lo delimitano, è relativamente limitata. I canyon profondi mostrano, nei climi caldo-secchi, temperature superficiali al suolo molto minori di quelli ampi [2]. I materiali di finitura delle superfici, sia delle pavimentazioni che delle pareti verticali degli edifici influenzano significativamente le Temperature Medie Radianti (TMR) e la temperatura dell'aria al suolo. L'albedo dei materiali, porzione della radiazione che viene riflessa dalle superfici, è il parametro più rilevante del campo radiativo urbano [5]. La vegetazione è uno dei fattori più importanti per i suoi effetti sul microclima. Gli alberi intercettano la radiazione solare a onde corte e riducono la velocità del vento. Le superfici orizzontali e verticali a verde, prati, tetti verdi e pareti verdi sono strumenti efficaci per ridurre la radiazione a onde lunghe che determina il campo termico urbano. Le pareti verdi sono in grado di abbassare le temperature superficiali anche di 24 K [6], [49] e di ridurre le temperature dell'aria al suolo, ma solo se gli edifici sono di altezza inferiore ai 10 m [40]. Anche la gestione del verde incide sull'azione di mitigazione, in particolare l'irrigazione [11]. In termini generali la temperatura dell'aria al suolo, in ambiente urbano può essere inferiore di - 3 K per effetto della presenza di alberi e di 1 K per l'azione di una superficie di verde orizzontale [25]. L'effetto delle alberature sul microclima dello spazio tra gli edifici e delle strade può cambiare in relazione al loro orientamento [26]. Anche l'acqua può influenzare la mitigazione del microclima [26]. Possiamo quindi affermare che intervenire attraverso queste strategie sull'edificato in termini di densità, orientamento delle maglie urbane, distanza tra le costruzioni, materiali impiegati e di progettazione del verde possa essere decisivo, sia sui processi di mitigazione delle cause del cambiamento climatico, seppur in modo indiretto e su tempi lunghi, sia sugli adattamenti necessari a fronteggiare nel breve/medio periodo i fenomeni di riscaldamento globale già in atto.

Il miglioramento della qualità ambientale attraverso le NBS

Il tema della qualità dell'aria, è stato negli ultimi decenni, tra i più indagati in molti settori, dall'ingegneria ambientale alle scienze forestali. L'evidenza della correlazione tra componenti dell'atmosfera e salute è sottolineata da ricerche in campo biologico, medico ed epidemiologico [42]. Inoltre, le valutazioni di impatto ambientale (EPA, 1969) per gli interventi infrastrutturali e produttivi, hanno consolidato modelli di simulazione e rilevamento degli indicatori di qualità dell'atmosfera. La valutazione di fonti e dispersioni in atmosfera si confronta con le strategie di mitigazione e adattamento basate sui servizi ecosistemici per la riduzione dei fattori di rischio per la salute. Gli inquinanti primari di natura particellare (Particulate Matter, PM) sono costituiti dalle emissioni da traffico, per combustione e usura dei pneumatici, da quelle derivanti dal condizionamento invernale degli edifici, da lavorazioni industriali, dall'erosione dei terreni, dalle emissioni degli organismi vegetali. Sulla formazione degli inquinanti secondari, anche di derivazione organica, influiscono parametri climatici, quali la temperatura [13] e fattori quali il grado di manutenzione del verde. I modelli di dispersione degli inquinanti da fonti puntuali, lineari o diffuse, nonché dal background naturale, proveniente dai terreni o dalle polveri trasportate dai venti regionali, operano in ambiti spaziali articolati, quelli urbani, in cui le geometrie e i sistemi favorenti la deposizione e l'assorbimento, i sistemi vegetali e l'azione delle acque, intervengono congiuntamente al microclima. Tale meccanismo è particolarmente rilevante per il PM, per l'ozono e per gli ossidi di azoto, componenti critiche per la salubrità delle atmosfere urbane. Le ricadute del sistema del verde sia sulla mitigazione sia sul versante dell'adattamento e dell'azione sui determinanti di salute [35] è evidente e si esplica in numerosi ambiti e scenari. [38], [35], [18], [50], [19]. Nelle valutazioni a scala regionale sono stati elaborati diversi modelli di deposizione delle polveri e di assorbimento degli inquinanti da parte del verde quali I-Tree Eco, UFORE, "Tiwary method" [51]. Modelli spazializzati sono in grado di valutare le differenze, sia in ambito urbano che extraurbano, delle concentrazioni di inquinanti. Nell'ambito degli studi bio-climatici viene, inoltre, utilizzato il software ENVI-MET che valuta gli indici di benessere negli spazi aperti e la dispersione di alcuni inquinanti [43]. La riduzione della concentrazione di PM10 e delle emissioni annuali di gas serra (GHG) per opera delle aree verdi urbane piantumate, secondo recenti studi condotti, influirebbe, in alcuni casi, in

misura relativamente ridotta, circa il 2% per le polveri [3], [4], [10], e meno dell'1% per la CO2 [3], [19]. Inoltre, si osserva una forte differenziazione dell'efficacia a seconda delle zone geografiche, con una scarsa efficacia nella rimozione degli inquinanti NOx, VOCs e PM nei climi del nord Europa [46], [23]. È determinante l'interazione tra vegetazione e forma degli spazi tra gli edifici, il cosiddetto effetto canyon [12]. L'efficacia delle NBS, pertanto, oltre ad essere condizionata dalla disponibilità di spazio per la piantumazione [33] risulta da una combinazione di fattori, quali la ventilazione, la forma dello spazio tra gli edifici, il tipo di alberi. Altre forme di verde, quali i tetti verdi, hanno dimostrato la loro funzione di mitigazione [19]. Questa soluzione, sebbene meno efficace degli alberi posti a margine delle strade, può migliorare la qualità dell'aria. È però importante la scelta di specie arboree adeguate [30]. In conclusione, anche per valutare l'azione di mitigazione del verde sulla qualità dell'aria non è possibile prescindere dalle specificità del contesto locale che ne condiziona in maniera decisiva i risultati [46].

Mitigazione ambientale e salute

L'asma, una delle più importanti malattie dell'età pediatrica, annovera tra i suoi principali determinanti, molti fattori di rischio ambientali, i quali possono giocare un ruolo importante nell'aumento, o nel peggioramento, di tutte le malattie respiratorie, in particolare nei bambini. In particolare, l'aria rappresenta forse il più importante veicolo per diversi fattori chimici, fisici e biologici, in grado di aumentare la gravità dell'asma e dei sintomi simili all'asma, specialmente nelle aree metropolitane. In ambito urbano, la vegetazione può fornire importanti benefici per la salute delle popolazioni, in particolare di quelle in età pediatrica, sia sotto il profilo quantitativo, sia sotto quello qualitativo. I benefici per la salute possono essere rappresentati sia direttamente dal miglioramento della salute respiratoria, o dalla mitigazione dell'intensità dei sintomi, sia indirettamente attraverso la promozione dell'attività fisica e dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico e acustico. Dal punto di vista qualitativo, la presenza di certi tipi di vegetazione, in prossimità delle aree residenziali, può rappresentare invece un determinante di salute o, al contrario, di malattia; ciò in relazione con le capacità allergeniche proprie delle diverse specie botaniche presenti nel territorio urbano. Può essere utile ricordare al proposito che la scelta delle specie botaniche da piantare in città può rappresentare un'importante azione di prevenzione e di promozione della salute in ambito urbano. Infatti, la sostituzione della vegetazione urbana con specie vegetali anallergiche e la loro gestione corretta, ad esempio mediante la falciatura frequente di prati al fine di limitare la produzione di fiori e di conseguenza di pollini, può ridurre infatti le concentrazioni di allergeni nell'aria e, conseguentemente, gli effetti negativi sulla salute delle popolazioni urbane. A titolo esemplificativo vengono di seguito descritti i principali risultati di uno studio svolto a Torino e pubblicato a gennaio 2020 [47]. Lo scopo di questo studio era di indagare l'associazione tra verde pubblico disponibile e salute respiratoria. 187 bambini (10-13 anni) furono reclutati a Torino e, di ciascuno di essi, fu calcolata la prevalenza di asma e sintomi simili all'asma. Il test di spirometria eseguito su ciascun studente permise di misurare il flusso respiratorio, e quindi quantificare in modo oggettivo la salute respiratoria di ciascun individuo. La quantità di verde (greenness) venne misurata individualmente per ogni soggetto, cui venne chiesto l'indirizzo di residenza, attraverso il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) da immagini di telerilevamento. Maggiore esposizione a NDVI, cioè al verde, fu evidenziata come inversamente correlata all'asma [O.R. 0.13, I.C. 95% 0,02-0,7, p = 0.019], alla bronchite [O.R. 0.14 I.C. 95% 0.05-0.45, p = 0,001] e al respiro sibilante [O.R. 0.25 I.C. 95% 0.09-0.70, p = 0.008].

La letteratura scientifica resta ancora incerta e controversa sul ruolo diretto del verde pubblico sulla salute respiratoria, promuovente un migliore status respiratorio in certi casi, allergizzante in certi altri casi. I benefici indiretti sulla salute della abbondanza di verde urbano, appaiono invece evidenti: la promozione delle attività ludiche e motorie, la riduzione del processo infiammatorio, fino alla riduzione dell'inquinamento atmosferico, del rumore e dell'irraggiamento solare durante i mesi più caldi dell'anno. Di contro, una scarsa presenza di verde, o l'aumento del greyness, così come la presenza di alberi più "allergenici", può indurre un peggioramento della qualità dell'aria, tanto da contribuire all'aumento di allergie e quindi anche di forme asmatiche. Su questo ultimo punto sono riferibili diversi studi che evidenziano come vivere in prossimità di parchi sia associato a una prevalenza relativa più elevata dell'asma nei bambini [14], [29]. Tra le possibili spiegazioni di ciò, alcuni autori ricordano i meccanismi con cui il verde può agire come fattore di peggioramento delle condizioni respiratorie, ad esempio rilasciando pollini e spore fungine nell'ambiente [8], [7], [15] o addirittura aumentando l'esposizione a pesticidi e fertilizzanti.

Il confronto tra approcci e una proposta di metodologia

Le ricerche nel campo della microclimatica, dello studio delle NBS in ambito urbano e dell'igiene ambientale affrontano in modo diverso un tema comune, quello della promozione della salute umana, inteso nella sua ampia accezione di completo stato di benessere. Le azioni progettuali possono influire sulle caratteristiche del microclima urbano che costituiscono determinanti di salute agendo sui parametri evidenziati di forma urbana, scelta dei materiali del costruito, vegetazione, presenza di acqua. Tuttavia, tale azione deve essere verificata e misurata nelle situazioni specifiche e complesse dei luoghi, di interazione tra microclima, emissioni e abitanti, valutando le condizioni precedenti l'intervento e successive. Modelli e misurazioni possono fornire indicazioni utili alla valutazione dell'efficacia in termini di benessere e salute. Si propone quindi di avvalersi in parallelo degli strumenti di simulazione del microclima urbano, delle dispersioni degli inquinanti e delle misure biologiche della loro azione sugli abitanti. L'uso della simulazione può, inoltre, essere validata e verificata in sito con l'uso di sensori e, nell'ambito degli studi sui determinanti di salute, collegarsi a ricerche sulla popolazione residente, quali quella citata nell'area torinese [47]. Alla valutazione dei fattori quali il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) o il Leaf Area Index (LAI), rilevati grazie a tecnologie di remote sensing, si aggiungono la modellizzazione degli spazi alla scala microurbana attraverso la definizione, dapprima in termini qualitativi e poi quantitativi dei fattori climatici e di qualità dell'aria, mettendoli in relazione con le misure dei parametri biologici degli abitanti. Nel caso presentato la popolazione in età pediatrica, in quanto maggiormente legata al luogo di residenza. Alle misure ambientali diffuse a scale locale, attuate mediante sensori, si accompagna il monitoraggio degli abitanti allo scopo di mettere in relazione misure dei parametri e risposte biologiche. Nella tabella 1 vengono evidenziati gli elementi della metodologia proposta, i fenomeni indagati, i fattori valutati e grandezze misurate, i parametri progettuali e gli indicatori potenzialmente utilizzabili nella valutazione.

Tra i fenomeni elenchiamo:
- l'azione della radiazione solare;
- le altre variabili del microclima (vento, UR, precipitazioni);
- le emissioni;
- la popolazione.

Le grandezze e i fattori misurabili sono:
- le temperature dell'aria;
- le temperature superficiali (TMR);
- le emissioni in atmosfera;
- i livelli di assorbimento delle specie vegetali;
- i livelli di evapotraspirazione degli organismi vegetali;
- lo stato di salute dei residenti.

Tra i parametri progettuali:
- la forma e l'orientamento dell'edificato;
- l'albedo e l'emissività del costruito;
- le caratteristiche delle specie vegetali;
- il livello di manutenzione del verde;
- l'informazione e lo stile di vita dei residenti.

Tra gli indicatori:
- gli indici di comfort e preferenze termica;
- le concentrazioni di inquinanti;
- i parametri biologici e metabolici della popolazione misurabili in relazione ai determinati di salute correlabili.

	Microclimatica urbana	Qualità ambientale - aria Nature Based Solutions	Igiene ambientale Sanità pubblica
Fenomeni	Radiazione solare	Biosfera e attività antropiche	Qualità dell'ambiente urbano
Grandezze e variabili misurabili	Temperatura aria, TMR, Vel. Aria, UR	Evapotraspirazione, deposizione secca, clima, deposizione umida, emissioni artificiali	Ambiente, stili di vita, sistema sanitario, qualità di vita e abitudini voluttuarie
Parametri progettuali	Geometria ambiente, vegetazione, acqua, superfici - albedo	LAI, specie, manutenzione	Promozione della salute
Indicatori	Comfort (PET), microclima, UHI	Qualità aria (NOx, PM, VOC, CO2)	Parametri metabolici, biochimici, ambientali, approccio epidemiologico

Tab. 1 - Fenomeni, grandezze a variabili misurabili, parametri progettuali e indicatori propri dei tre approcci

Seppure in una prospettiva sperimentale il progetto appare promettente anche per la crescente disponibilità, anche nell'ambito degli studi in corso da parte del gruppo di ricerca, di strumentazioni e sensori diffusi sul territorio, a basso costo e sufficientemente affidabili. A tale scopo è necessario sviluppare modelli e reti di monitoraggio real time delle condizioni ambientali e la capacità di elaborarne i dati rispetto alla promozione della salute e della mitigazione del cambiamento climatico. L'integrazione tra reti di sensori, anche nella prospettiva delle Smart city, e strumenti di modellazione e simulazione può supportare una progettazione degli spazi urbani più attenta all'ambiente e alla salute. L'indagine delle relazioni tra gli effetti sulla salute umana e i fattori ambientali, gli indicatori di inquinamento atmosferico, la mitigazione del microclima, il verde, la disponibilità di acqua e la forma urbana rappresentano una sfida rilevante per gli studi futuri.

Molte discipline diverse possono contribuire al progresso della progettazione sostenibile urbana e architettonica, ma è necessario un approccio convergente e un obiettivo comune, analogamente a quanto avvenuto in programmi di ricerca sui servizi ecosistemici, quali quello della rete EKLIPSE, finanziata dall'UE.

La direzione di ricerca individuata è mirata a introdurre nello studio del metabolismo della città la misurazione delle interazioni tra sistema artificiale, sistema naturale e sociale promuovendo uno Smart Environment in cui la misurazione del legame tra salute, comportamenti e produzione sia in grado di contrastare il riscaldamento globale e di innalzare la qualità di vita nelle città.

Notes

Il paper è il risultato di un lavoro condiviso dagli autori che ne sono responsabili in ugual misura. Ai fini dell'individuazione dei contributi, Pollo ha scritto i paragrafi 1, 2, Biolchini 3, Squillacioti e Bono 4, il paragrafo 5 è stato elaborato congiuntamente da Pollo e Biolchini.