

INNOVATIVE WATER CONCEPTS FOR THE RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE OF EAST NAPLES: A KNOWLEDGE TRANSFER-BASED DESIGN APPROACH TO SOCIAL HOUSING ARCHITECTURE

Cristina Visconti

Introduction

Current territorial transformation processes, characterized by an increasing urbanization, have resulted in sprawl of impervious surfaces (roads, parking lots, roof tops, and so on) and a decrease in the amount of natural soils that are necessary for the recirculation of storm water in the natural system (Brabec et al., 2003). This has caused harmful effects on water quality and other notable impacts on climate (IPCC 2014). The lack of draining surfaces, reduction of vegetation and natural soils, and diversion of precipitations into centralized sewage systems, provoke a disruption of the natural water cycle of evaporation/infiltration/precipitation (small water cycle), with a reduction of evaporation on land that leads to a decrease in precipitation (Kravčík et al., 2007; Konrad, 2003). This phenomena has, as main effects, the urban heat island with an alteration of microclimate, and an exacerbation of water related hazards, linked to hydrological extremes (TEEB 2011). The undermining of hydrological cycle in the urban environment, due to the impairment of ecological services (evaporative cooling, rainwater interception, storage and infiltration, shading of vegetated surfaces), highlights how the urban system should be considered as a complex system, interdependent and connected to natural ecosystem (Rees et al., 2010). Therefore it is essential that an innovative water management should be included in the climate mitigation and adaptation strategies¹, developing a holistic and systemic approach to design, preservation and modification of built environments. Furthermore, these measures are realized through a design of settlements, buildings and urban open spaces capable to ensure the reactivation of ecological balance, strengthening the adaptive capacity of the urban system and its resilience to climate change² (ARUP 2011). Integration of water management within urban planning and design processes represent an effective opportunity for climate change adaptation (UNEP 2014). This has been demonstrated by the emerging Water Sensitive Urban Design (WSUD) approach (ARUP 2011; CESR, 2011; Hoyer et al., 2011). All the elements of the water cycle and their interconnections are considered to achieve together an outcome that sustains a healthy natural environment while addressing societal needs (CIRIA, 2013) and reducing climate related risks. According to this concept, the implementation of an integrated water cycle management as adaptive design strategy should consider a dual definition of water as resource and as hazard. In

the framework of urban design and planning, the first definition addresses the following: an increase of urban spaces environmental quality, microclimate conditions, availability of water, rebalancing ecosystem exchange and hydrological cycle in buildings and open spaces through groundwater recharge, surface water integration, and collection of atmospheric water. On the other hand, considering water as a hazard, the design focuses on the control of water discharge through run-off management and infiltration measures which are able to achieve wastewater retention on property, based on decentralized sewage system. Good practices of adaptation-driven urban policies worldwide provide significant examples of how the paradigm shift towards water sensitive and water resilient cities allow for the implementation of an integrated approach that combines risk prevention with a regeneration of urban fabric. Several projects and urban policies, experienced at international level according to the approach previously discussed (ReBuild by Design, New York; WSUD Melbourne e Sidney; Innovative Water Concepts, Berlin), act in a multi-scale perspective to create a significant improvement of architectural quality of spaces, and a recovery of socio-economical and ecological conditions, generating a sustainable urban regeneration process. The outcomes of these practices demonstrates that architectural disciplines are effectively able to design adaptation options at building scale to landscape. In addition this design attitude aims to create a symbiotic environment in network-based and multi-scale perspectives, that contributes to improve life quality and well-being, able to reduce vulnerabilities and promote an aware use of resources.

Research background

The experience of Berlin from ecological urban target to the water recycle at block scale
Berlin's Senate Department for Urban Development, starting from 2009, has included the integrated water management as climate adaptation measure in the urban policy agenda. According to this priority, public projects are promoted for the implementation of urban strategies and innovative technical solutions and their evaluation and monitoring and specific researches are commissioned to the main university Institutes³ of city. The results of these studies, based on new processes and technologies for the integrated water management at building and open space scale, have been developed, trailed and evaluated

in selected projects in Berlin as part of the city's Urban Ecological Model Projects programme. These findings are being incorporated into Senate department's guidelines⁴ and decision-making aids, contributing to define the Innovative Water Concepts. The recommendations, included in the guidelines, are aimed equally at experts and interested citizens and contain details on planning, building, operating and maintaining related systems and equipment. The basic features of water management, developed in the Senate's publications, are: the rainwater water management and the waste water recycle. The underlying concepts are formulated from the restoration of natural small water cycle in the built environment, on the assumption that the goals are the increasing of evaporation to improve the microclimate impaired by impervious surfaces (on data about water balance of variously-used surfaces)⁵, and the decentralized rainwater management, considered priority to support an adequate infiltration. These principles are developed in a network-based logic and according to a systemic approach they have social and no monetary goals to combine overall ecological concepts with water evaporation, infiltration and usage options. The main measures concern to draining surfaces and vegetation, establishing greening in building (green roofs and façades) and open spaces (courtyards, and service areas with vegetated surfaces), creating open bodies of water, recycling grey and rain water, as well as infiltration of stormwater in situ (rain gardens and trench). The integration of green infrastructures inside the urban ecosystem, based on stormwater retention in situ and conservative handling of water resource, is effective to restore the natural water cycle, improving water quality. Consequent environmental benefits are: mitigation of urban heat island, improvement of microclimate through evaporation, soil conservation/reducing land consumption, increasing urban biodiversity, retention of contaminants with improvement of air quality. An urban measure to ensure "green qualities", balancing deficits in terms of open space, and reducing environmental pollutants is the Biotope Area Factor (BAF), an ecological target included in the urban plans and regulations (BAF Landscape Plan). The BAF stipulates the proportion of a property that is to be planted and set aside for ecosystem functions, defined as ecological effective surface (vegetated soils, green roofs and facades, permeable surfaces), ensuring the green infrastructure amount despite an high density development. This urban strategy is developed by design solutions in retrofit interventions of urban

blocks, through greening existing buildings and open spaces, also integrating the stormwater management (drainage, store and recycle) and greywater recycle systems. Luisensdatd or Block 103, in Kreuzberg district, is one of the pioneer projects of sustainable urban regeneration where it was experimented an integrated water management at block scale. This intervention, as case study, it was the subject of a direct survey carried on in the recognition phase of the work, under a research activity at Technical University of Berlin about cultural factors that influence the perception of climate change⁶. The analysis and discussion of this Urban Ecological Model Project is structured applying a comparative methodology between project choices (1994) and real realization of plants and systems, gathering data on the current operation (2011). The evaluation of these outcomes, points to investigate the effects of the water management in an urban block on the well being of the inhabitants as sustainable practice. Through interviews and direct data collection it is possible to recognize limits and potentialities of project built on the Innovative Water Concepts. In addition, the findings highlight as the evaporation and infiltration measures have effects on the perception of the comfort and daily well-being, influenced moreover by the presence of vegetation. Recycle of waste water (rain and grey water), is considered a reasonable choice accepted by the inhabitants that spontaneously realized new system of gathering and reuse of water additionally to the "official" systems. Furthermore this direct engagement proves that a sustainable practice to be effective has to be developed according with the ecological, cultural and ethic awareness of people, that receive effects and benefits in the daily life. The implications and outcomes of the Innovative Water Concepts suggest a methodology for the environmental design, as discipline capable to answer to current climate change challenges, restoring natural cycles, ensuring environmental, social and economical sustainability, strengthening the urban resilience.

Pilot project

Climate change adaptation measures in East Naples: a sustainable regeneration of an urban block.

The outline of an experimental design methodology, based on the example of the German Innovative Water Concepts and the results of the direct survey on the case study⁷, is the topic of a Master's Degree Thesis in Technology of Architecture at University of Naples "Federico II", included in the departmental research activity (DiARC)⁸ about climate change adaptation and mitigation measures for East Naples (FARO 2010)⁹. The work, Innovative Water Concepts: sustainable regeneration of an urban block in East Naples, is a pilot project in a suburb area of East Naples, developed on a new water management to respond to changing climate inside the built environment, finalized to start regenerative changes significant for specific site conditions. The project area, an urban block of PSER¹⁰ (Special Housing Programme, 1981) included in a redevelopment plan by the Zoning Variance¹¹ of Naples's Municipality, is an urban

blight area characterized by deep social, economical and cultural criticalities as well as architectural and infrastructural decay. The environmental complexities, that the project aim to solve, are due to the high consumption of soil and high population density, that cause a large amount of impervious surfaces and the lacking vegetation cover. Main effect is the alteration of the small water cycle, lack of infiltration and consequently evaporation causing the phenomenon of urban heat islands, with an alteration of microclimate (lack of humidity, excessive heat) that affects comfort conditions, human health, and local biodiversity. The environmental issues are increased on this area by a centralized sewerage system, which collects in the same plant the surface runoff and the wastewater from buildings, diverting in a urban sewer. Diversion of stormwater in the centralized disposal intensifies the overflow risk and produces an inadequate groundwater recharge/ balance due to the rapid outflow of rainwater into the sewer system in case of prolonged rains. Recurring heavy rains that are forecasted to arise in the next years and the presence of sealed surfaces provoke a higher exposure to pluvial floods phenomena that affect ground floors and basements for commercial and residential use. The project pursues an ecological regeneration addressing environmental issues and attempting to improve the well-being and the quality of buildings and open spaces; furthermore it aims to support the social sustainability enabling the direct engagement of inhabitant in the management and maintenance of solutions. The goal is to restore the natural small water cycle, developing the Innovative Water Concepts in a retrofit process that points to architectural and environmental high quality. In a systemic perspective, the urban block is conceived as a symbiotic network, functions are integrated in the design of green spaces and water management systems. Thereby the design solutions redefine spatial hierarchies, axes, meeting spaces, common and private gardens in synergy with permeable paving, vegetated surfaces, green roofs and facades, water recycling systems. The adopted strategies follow a multi-scale logic designing climate change adaptation options at urban and building scale. The urban strategy applies the BAF (Biotope Area Factor), as ecological benchmark valid to ensure an adequate

amount of green infrastructures inside the block. The current situation, with a BAF of 0.06, is improved by the project that achieves a BAF of 0.60 (optimal value indicated by the German regulation), obtaining an ecological effective surface ten times higher than the initial value (Fig. 1). The building scale strategy integrates existing buildings and open spaces with water evaporation, infiltration and usage measures, identifying technical solutions suitable for specific site features and Mediterranean climate. The achievement of microclimate improvement and increasing of evaporation are reached by greening measures, basing their effectiveness on the power of vegetation to mitigate solar radiation (shading effect) and establish evaporative cooling (the evapotranspiration of vegetated surfaces creates the cooling effect). The efficacy of specific solutions for the increase of evaporation rate and rainwater retention as the green roofs¹² is proved for temperate climate, although it has to be implemented in mediterranean-hot climate, verifying the real performances (Werthmann 2008). In last years numerous specific solutions are in experimenting phase and the monitoring will offer reliable results on the performances in hot climate (e.g. LifeMedGreenRoof, UE Life+ project). The benefits of evapotranspiration allowed by the presence of vegetation influence the thermal and energy balance of buildings (less energy to cool and heat, increase of indoor comfort) and the comfort of microclimate conditions of open spaces, decreasing the air temperature and the perceived outdoor temperature. The cooling effect of greening measures probably is one of the major benefits for cities in mediterranean climate area. The increasing of water demand to irrigate in hot-dry season can be reduced by the choice of native plant species and biocrusts, typical of the mediterranean maquis with low water requirement (NativeScopeGR, 2013). Moreover the infiltration measures and the rainwater retention, in case of scant precipitation, guarantee the efficient catchment and drainage of rainwater that can be stocked in underground tanks and used to irrigate¹³. In the present case study the conservative handling of water resource (saving 50% of drinking water) is achieved through the catchment of the run-off, implementing rainwater harvesting systems (underground storage tanks)

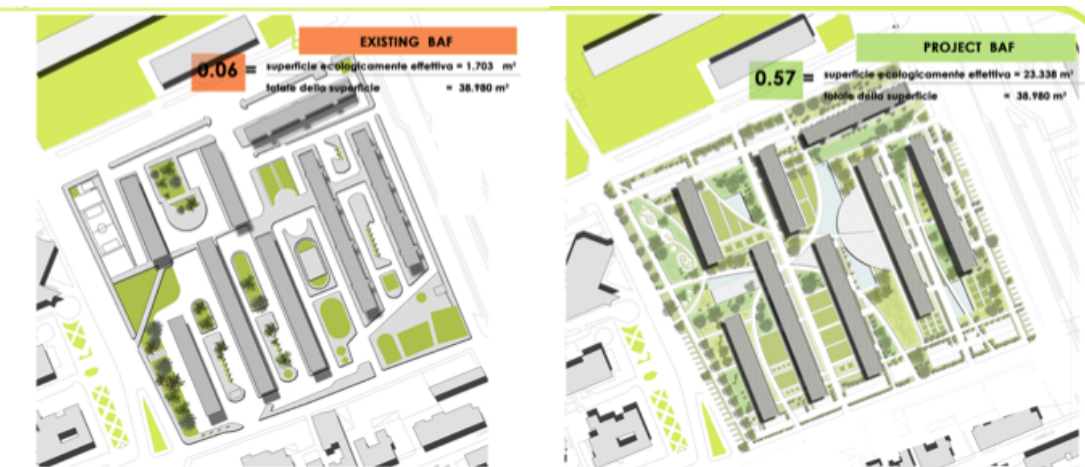


Fig. 1 - BAF Plan, current site situation and project masterplan

to reuse wastewater for watering, and greywater recycling systems (phytoremediation) for flushing toilet.

The annual precipitation of Naples (1008mm) and its distribution (80 days per year) jointly with appropriate choices of plants and soil layers for the greening design solutions ensure the water balance of adopted measures (ratio of water amount for irrigation and recycled water). Furthermore such disposals contribute to the decentralization of sewerage system with reduction of 35% of waste water into the centralized sewer and consequent mitigation of the overflow risk, additionally achieved by rain gardens (draining vegetated surfaces) and bioretention basins (storage ponds) for the stormwater retention on site and reduction of pluvial flood effects (fig.2).

The transfer of the Berliner Innovative Water Concepts and of the evaporation/infiltration/usage strategies strengthened in a temperate climate in a mediterranean case study (although the annual precipitation in Berlin is around 522 mm, an average lower than in Naples) proves its effectiveness in a speculative and qualitative perspective. However more quantitative data have to be collected (through simulation and monitoring) in order to support the implementation of the greening measures in mediterranean cities. This is essential to evaluate the performances of the proposed solutions (green roofs and facades, rain gardens, vegetated surfaces, bio-lakes) in terms of evaporation and infiltration percentage of annual precipitation. In the iterative design process the success of the strategic goals and their sustainability can be evaluated applying the criteria of green building rating systems such as LEED or ITACA¹⁴. The design solutions, indeed, meet the assessment requirements of environmental quality, resources efficiency, reductions of environmental loads (ITACA) and water efficiency (LEED). The design performances compared with ITACA and LEED benchmarks are able to reach the higher score categories for the performance

| MEASURES | ACHIEVED GOALS | RESULTS |
|---|---|--|
| EVAPORATION Building greening (green roofs and facades), canopy trees, vegetated surfaces, permeable paving, bioretention basins. | - Improving of microclimate and reduction of heat island effect - Reduction of energy consumption - Increasing of urban biodiversity - Improvement of comfort and well-being - Social engagement and increase of ecological awareness | - increasing of 45 % of surfaces (green roofs and facades) more effective for the increasing of evaporation through the cooling effect of the vegetation evapotranspiration - Optimal BAF of 0.6 (factor ten times higher than the initial value) |
| INFILTRATION Draining vegetated surfaces, rain gardens, bioretention basins for the overflow risk. | - Decentralized retention of stormwater on site - Reduction of hydrological risks | - Run-off control - Capacity of storage in case of weather extremes |
| USAGE rainwater harvesting systems (underground storage tanks) to reuse wastewater for watering, and greywater recycling systems (phytoremediation) for flushing toilet. | - Conservative handling of water resource | - Waste water reduction of 35% in to the centralized sewer - Drinking water saving of 50% |

Fig. 2 - Table of design measures related to the strategic goals and results achieved

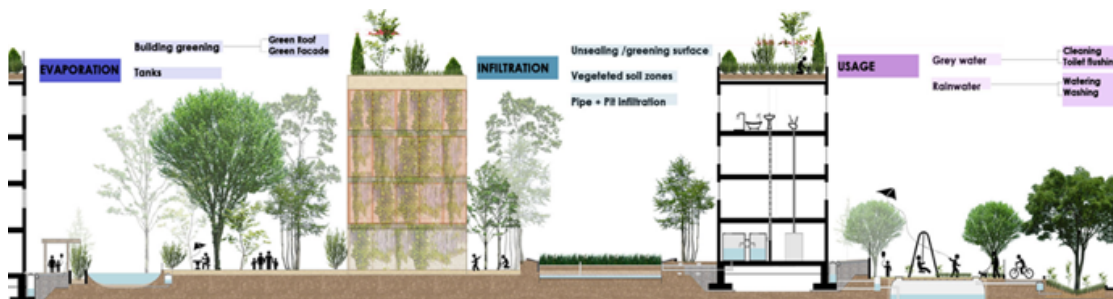


Fig. 3 - Section of the networking technological solutions integrated in the system of buildings-open spaces.

indicators (water pollution, drinking water consumption, water recycle, reuse of existing structures, integration with natural environment). Nevertheless in the application of the performance indicators at proposed design, a conceptual gap is identified by the lack of flexibility of evaluation methods and tools. They aren't compelling in the case of an integrated water management that implies a systemic vision and a symbiotic network of buildings and surrounding open spaces (fig.3).

Ecological targets as the Berliner BAF and others indicators for the green space ratio in the urban built environment (e.g. Seattle Green Space Factor, Malmo Green Points, RIE of Bolzano) reveal more potentialities in the assessment of interventions that integrate the water management at urban scale of blocks, including building and open spaces. These type of parameters are more attentive to the co-benefits of an ecological regeneration through an innovative water management cause they include in the index of evaluation features like soil conservation, increasing urban biodiversity, retention of contaminants with improvement of air quality and water quality, microclimate improvement.

Discussion of results

Innovative water management for retrofitting urban block as resilient cell.

The analysis of the achieved results is significant to prove the effectiveness of innovative water management measures related to their regenerative potentiality of decayed urban contest. This recovery action is led by an architectural and technological requalification of buildings and open spaces within an ecological view and helping the enhancement of life quality and social engagement (fig.4). An integrated design for the water management should be considered mainly as climate adaptation measure, however that also has effects on mitigation, that is achieved by reducing consumption of water resource and energy for the cooling and heating buildings. According to an urban resilience to climate change perspective, the pilot project implements resilient design strategies and highlights design solutions effective to reinforce the adaptive capacity of buildings and open spaces. The decentralization of sewage disposal and the reduction of drinking water consumption through wastewater and rainwater recycling system can enable a progressive independence from network services, undermined by extreme weather events. Replacing impervious surfaces with permeable and vegetated surfaces, storage basins and rain gardens ensure the adaptive capacity of open spaces capable to absorb the precipitation and

flooding. The use of vegetation to mitigate urban heat influences the aesthetic quality of spaces with positive effects on direct engagement of inhabitants in the maintenance and management. Such aspect is furtherly developed with the introduction of numerous shared and private gardens for the green spaces to support a direct



Fig. 4 - Section of the networking technological solutions integrated in the system of buildings-open spaces.

maintenance of vegetated surfaces, designed to achieve an optimal BAF, and to promote the local production of food resources.

Conclusions

Effective design solutions to cope with changing climate require to be shaped on the sense of community acting on social sustainability aiming at developing a new notion of the block as "resilient cell". In fact it has to be a symbiotic network system for the water management and moreover a place where the network of relationships is supported and enhanced to emerge as a resilient core inside a complex urban system, stressed by climate change challenges and natural resource crisis.

NOTES

1. "Mitigation (of climate change): A human intervention to reduce the sources or enhance the sinks of greenhouse gases.

Adaptation: The process of adjustment to actual or expected climate and its effects. In human systems, adaptation seeks to moderate harm or exploit beneficial opportunities. In natural systems, human intervention may facilitate adjustment to expected climate and its effects". Glossary p.19 of IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

2. "Resilience: The capacity of a social-ecological system to cope with a hazardous event or disturbance, responding or reorganizing in ways that maintain its essential function, identity, and structure, while also

maintaining the capacity for adaptation, learning, and transformation (Arctic Council, 2013)". Ivi p. 23 of Glossary

3. Technical University Berlin, Humboldt University Berlin, University of Applied Sciences Neubrandenburg
4. Senate Department for Urban Development, Innovative Water Concepts, Service Water Utilization in Buildings, Berlin, 2010.
- Senate Department for Urban Development, Rainwater Management Concepts, Greening buildings, cooling buildings Planning, Construction, Operation and Maintenance Guidelines. Berlin, 2010.
5. Technical University Berlin.
6. Seminar : Changing Climate / Shifting Culture: Reconsidering Comfort and Designing Environmental Conditions,(2011), Prof. D'Alençon, Habitat Unit, Faculty of Architecture, Technical University Berlin.
7. Water recycling in the Block 103_Kreuzberg :effects on our well being inside the built environment.
8. Department of Architecture, University of Naples "Federico II".
9. FARO - Urban open spaces resilient to rainwater under climate change, MIUR 2010-2012 (DiARC, Department of Architecture, University of Naples "Federico II")
10. After the Earthquake of 1980, the government promoted an housing programme to people affected by earthquake damages.
11. Zoning variance of General plan (PRG) Municipality of Naples, 2004.
12. Green roofs transform 58 % of the radiation balance into water evaporation in the summer months, the evaporation rate of annual precipitation is between 65 to 75% . Greened roofs offer considerable potential for balancing the effects of sealed surfaces with about 25 to 35% of precipitation from them going into runoff, mainly in winter. (Senate Department for Urban Development, 2010).
13. It can be expected that green roofs retain at least 70% of the annual rainfall in climates with an annual precipitation less than 500mm (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. 2002)
14. LEED is a green building rating system with a points scheme that allots credits for building design features deemed to improve sustainability, it is developed by U.S. Green Building Council (USGBC); ITACA procedure, the environmental quality rating system adopted in Italy, consists of the compilation of a group of worksheets, one for each different performance indicator, at the aim of describing the building environmental quality (cfr. Asdrubali F. et al. 2015).

REFERENCES

- [1] ARUP 2011, Alley R., Kwok K., Lam D., Lau W., Watts M., Whyte F., Water Resilience for cities, Arup 2011
- [2] Asdrubali F., Baldinelli G., Bianchi F., Sambuco S., A comparison between environmental sustainability rating systems LEED and ITACA for residential buildings, in Building and Environment, 2015, 86, Pages 98-108, Pergamon.
- [3] Brabec E., Stacey S., Richards L., Impervious Surfaces and Water Quality: A Review of Current Literature and Its Implications for Watershed Planning, Journal of Planning Literature, Vol. 16, No. 4 (May 2002), by Sage Publications.
- [4] CIRIA (2013), Morgan C., Bevington C., Levin D., Robinson P., Davis P., Abbott J., Simkins P., Water Sensitive Urban Design in the UK – Ideas for built environment practitioners, Ciria, London, 2013.
- [5] Bodenschatz H., Polinna C., Learning from IBA - die IBA 1987 in Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin 2012
- [6] IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J.

- Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
 - [7] Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. 2002, Guideline for the Planning, Execution and Upkeep of Green-Roof Sites, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., Bonn 2002
 - [8] Greater Sydney Local Land Services, WSUD Program, Sidney 2011, available at <http://www.wsud.org/>, (accessed 20 Oct.2015)
 - [9] Hoyer J, Dickhaut W., Kronawitter L., Weber B., Water sensitive urban design, Jovis jovis Verlag GmbH, Berlin, 2011
 - [10] Ludwig F., Swart R., Long H., Giupponi G., Bosello F., Mysiak J., Final Report for the project Climate Adaptation – modelling water scenarios and sectoral impacts, CESR – Center for Environmental Systems Research, Kassel, 2011
 - [11] Konrad C.P., Effects of Urban development on floods, U.S. Geological Survey Fact Sheet 076-03, 2003
 - [12] Kravčík M., Pokorný J., Kohutiar J., Kováč M., Tóth E., Water for the Recovery of the Climate – A New Water Paradigm, Municipality of Tory, 2007
 - [13] Moccia F.D., Palestino M.F., (ed.), Planning stormwater resilient urban open spaces, CLEAN, Napoli, 2013
 - [14] Rees William E., "Resilient Thinking" in R. Heinberg and D. Lerch, eds. The Post Carbon Reader: Managing the 21st Century's Sustainability Crises, CA: Watershed Media, Healdsburg, 2010
 - [15] Senate Department for Urban Development, Innovative Water Concepts, Service Water Utilization in Buildings, Berlin, 2010
 - [16] Senate Department for Urban Development, Rainwater Management Concepts, Greening buildings, cooling buildings Planning, Construction, Operation and Maintenance Guidelines. Berlin, 2010.
 - [17] TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity. TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management, 2011
 - [18] Walker B. and Salt D., Resilience Practice : Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Functions, Island Press. Washington DC. 2011
 - [19] Werthmann C., Water and Green Roofs in Dry Climates – A Speculation, Proceedings of Water Expo Zaragoza, Spain, June 2008
 - [20] University of Lisbon, NativeScapeGR 2013, available at <http://www.isa.utl.pt/proj/NativeScapeGR/> (accessed 20 Oct.2015)
 - [21] University of Malta, LifeMedGreenRoof ,available at <http://www.lifemedgreenroof.org/> (accessed 20 Oct. 2015)
 - [22] Urbed /TEN Group (2008): Learning from Berlin, housing renewal and sustainable development, London, 2008
 - [23] UNEP, 2014: Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects, 2014
- CONCETTI INNOVATIVI SULL'ACQUA PER LA RESILIENZA DI NAPOLI EST AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: UN APPROCCIO PROGETTUALE BASATO SUL TRASFERIMENTO DELLE CONOSCENZE PER IL SOCIAL HOUSING**
- Introduzione**
Vulnerabilità del sistema urbano al cambiamento climatico. Gli attuali processi di trasformazione del territorio, caratterizzati da una costante crescita urbana anche se diversamente articolata nei vari contesti geografici, hanno come conseguenza un aumento delle superfici impermeabili (strade, parcheggi, piazzali, coperture) e una riduzione di suoli naturali necessari per il ricircolo delle acque piovane nell'ambiente (Brabec et al., 2003), causando effetti pericolosi sulla qualità

dell'acqua e numerosi impatti sul clima (IPCC, 2014). La mancanza di superfici drenanti all'interno dell'ambiente urbano, unitamente alla scarsa presenza di vegetazione e di suoli vegetati e allo smaltimento delle precipitazioni nel sistema fognario, provocano una rottura del naturale ciclo dell'acqua (evaporazione/infiltrazione/precipitazione (piccolo ciclo dell'acqua) con una diminuzione della quota di evaporazione e infiltrazione (Kravčík et al., 2007; Konrad, 2003). Tale fenomeno ha come effetti principali l'isola di calore urbana con un'alterazione del microclima e l'inasprimento dei rischi idrogeologici, correlati al verificarsi di eventi meteorologici estremi (TEEB 2011). La compromissione del ciclo idrogeologico in ambiente urbano, dovuto al danneggiamento dei fondamentali apporti ecologici garantiti dalla presenza di vegetazione e suoli naturali (raffrescamento evaporativo, intercettazione delle precipitazioni, infiltrazione e conservazione delle acque piovane, ombreggiatura e mitigazione della radiazione solare), mette in luce come il sistema urbano può essere considerato un sistema complesso interdependente dall'ecosistema naturale (Rees et al., 2010). Tra le azioni di mitigazione delle cause antropogeniche (riduzione delle emissioni climalteranti) e di adattamento (processo di adeguamento al mutato scenario climatico) è indispensabile pertanto considerare, un approccio al progetto di tipo sistemico, un innovativo management della risorsa acqua all'interno dei processi di conservazione o modificazione dell'ambiente costruito. Tale misura si realizza attraverso una progettazione di insediamenti, edifici e spazi urbani in grado di garantire il ripristino degli equilibri ecologici rafforzando la capacità adattiva del sistema urbano e la sua resilienza al cambiamento climatico¹ (ARUP 2011). Il Water Sensitive Urban Design (WSUD) è una modalità emergente per la progettazione urbana e ambientale di spazi aperti ed edifici finalizzata a minimizzare gli impatti idrologici dello sviluppo urbano sull'ambiente (CIRIA, 2013; Hoyer et al, 2011). Tale metodologia progettuale interviene a scala urbana e dell'edificio considerando il naturale ciclo dell'acqua di evaporazione/infiltrazione/precipitazione puntando al suo ripristino all'interno dell'ambiente costruito attraverso un'adeguata progettazione tecnologica e ambientale finalizzata all'aumento delle superfici permeabili, allo sviluppo della vegetazione e della biodiversità, allo smaltimento decentralizzato delle acque reflue, al riciclo dell'acqua grigia e meteorica. Le misure progettuali e strategiche del Water Sensitive Urban Design prevedono la combinazione di obiettivi di qualità ambientale che abbiano lo scopo di migliorare il microclima urbano, con la mitigazione dell'isola di calore e delle ondate di calore, e la decentralizzazione dello smaltimento delle acque reflue per l'√a riduzione del rischio idrogeologico e riduzione degli impatti di precipitazioni intense (allagamenti e alluvioni). Numerosi progetti e politiche urbane sperimentate in ambito internazionale in tale direzione (ReBuild by Design, New York; WSUD Melbourne e Sidney; Innovative Water Concepts, Berlin) agiscono secondo una logica multi-scalare, creando un sostanziale miglioramento nella qualità architettonica degli spazi che unita all'efficacia sociale economica e ambientale delle scelte adottate, si dimostra capace nell'innescare processi di rigenerazione urbana sostenibile. Tali buone pratiche rendono tangibile come le discipline architettoniche possano intervenire nella progettazione di opzioni di adattamento mirate alla creazione di un ambiente costruito simbiotico e in armonia con l'ecosistema, dove un efficace rendimento delle risorse e la riduzione delle vulnerabilità contribuiscono al miglioramento della qualità di vita.

Background Di Ricerca

L'esperienza di Berlino dai target urbanistici ecologici al riciclo delle acque a scala dell'isolato
Il Dipartimento per lo Sviluppo Urbano del Senato di Berlino ha incluso dal 2009 la gestione integrata della risorsa acqua come misura di adattamento al

cambiamento climatico nell'agenda delle politiche urbane di prioritaria importanza, promuovendo progetti pubblici per l'implementazione di strategie urbane e soluzioni tecniche innovative, commissionando inoltre ai principali istituti universitari della città ricerche specifiche per il monitoraggio e la valutazione dei progetti pilota². I risultati di tali studi, basati sulle esperienze concrete di management integrato della risorsa acqua alla scala dell'edificio e degli spazi aperti realizzato negli Urban Ecological Model Projects sono confluiti in due pubblicazioni del Senato di Berlino³ contribuendo a definire i cosiddetti Innovative Water Concepts. Le raccomandazioni contenute nelle linee-guida sono rivolte a esperti e cittadini interessati e riguardano informazioni sulla progettazione, costruzione, gestione e manutenzione di impianti ed attrezzature connessi a due aspetti fondamentali del water management: la gestione delle acque meteoriche e il riuso delle acque reflue. I concetti alla base sono formulati a partire dalla reintegrazione del naturale piccolo ciclo dell'acqua nell'ambiente costruito, avendo come assunto sia la necessità di aumentare l'evaporazione per il miglioramento del microclima urbano compromessa dalle superfici impermeabili⁴, sia lo smaltimento decentralizzato delle precipitazioni, considerato prioritario per favorire un'adeguata infiltrazione. Tali principi sono sviluppati in una logica di rete attraverso un approccio sistemico, con obiettivi non monetari e di sostenibilità sociale, che uniscono concetti ecologici complessivi alle diverse misure per l'evaporazione, l'infiltrazione e uso della risorsa. Le misure principali riguardano: introduzione di superfici permeabili e di vegetazione attraverso il greening degli edifici (tetti e facciate verdi)⁵ e degli spazi aperti (cortili e spazi di pertinenza), corpi d'acqua artificiali, riciclo delle acque piovane e delle acque grigie, opzioni di infiltrazione in situ (raingardens e canali). Dal punto di vista della progettazione tecnologica ambientale le misure previste sono attuate attraverso appropriate governance di processo e soluzioni progettuali integrate, secondo un approccio di tipo sistemico nelle interazioni con l'ambiente.

L'integrazione delle infrastrutture verdi all'interno dell'ecosistema urbano, basata sulla ritenzione dell'acqua piovana sulla proprietà e sul trattamento conservativo della risorsa acqua, si dimostra efficace nel ripristinare il ciclo dell'acqua all'interno dell'ambiente costruito migliorando la qualità stessa della risorsa. I principali benefici riguardano la mitigazione del fenomeno isola di calore, il miglioramento del microclima attraverso l'evaporazione, riduzione del consumo di suolo e la sua conservazione, la mitigazione del rischio idrogeologico, l'aumento della biodiversità urbana e la preservazione degli habitat, la ritenzione degli agenti inquinanti con miglioramento della qualità dell'aria. A garanzia di tali benefici ambientali a scala urbana, negli strumenti urbanistici BAF Landscape

Plan (piani attuativi per la riqualificazione ecologica di aree urbane omogenee) viene applicato un target ecologico detto BAF (Biotope Area Factor) che stabilisce la proporzione di ciascuna porzione di suolo di proprietà pubblica o privata che deve essere trattata come superficie ecologicamente efficace (suoli vegetati, tetti e facciate verdi, superfici permeabili), che pur mantenendo l'alta densità di sviluppo garantisce la salvaguardia delle infrastrutture urbane verdi. Questa strategia urbana è sviluppata con soluzioni progettuali in esempi di retrofit di interi isolati urbani, dove il greening degli edifici e spazi aperti si innesta sul tessuto edilizio esistente integrando la gestione delle acque piovane (sistemi di drenaggio, accumulo e riuso) e sistemi di riciclo delle acque grigie ad uso domestico.

Uno tra i progetti pionieri nella gestione integrata della risorsa acqua a scala urbana è il Block 103 o Luisensdatd, nel quartiere di Kreuzberg, good practice di rigenerazione di un isolato urbano inclusa nelle linee-guida berlinesi come Urban Ecological Model Project. Tale caso studio è stato oggetto di un'indagine diretta portata avanti nella fase ricognitiva del lavoro nell'ambito dell'attività di

ricerca condotta presso la Technical University of Berlin, sui fattori culturali che influenzano la percezione dei cambiamenti climatici⁶. L'analisi e la discussione dell'Urban Ecological Model Project è stata articolata attraverso una metodologia comparativa tra le scelte e previsioni di progetto (risalenti al 1994) e la loro effettiva realizzazione, raccogliendo dati sull'attuale funzionamento di impianti e sistemi (2011). La valutazione degli esiti è mirata a indagare gli effetti sul benessere degli abitanti del management delle acque all'interno di un isolato urbano come pratica di sostenibilità. Attraverso interviste e la raccolta diretta di dati, è stato possibile riconoscere i limiti e le potenzialità di un progetto che applica gli Innovative Water Concepts, evidenziando inoltre, come le soluzioni per l'evaporazione e l'infiltrazione hanno effetti sulla percezione del comfort e sul benessere quotidiano, fortemente influenzato dalla presenza di vegetazione. Il riciclo dell'acqua (grigia e piovana) è considerato una scelta accettata e condivisa dagli abitanti che, comprendendone i benefici economici ed etici, in maniera spontanea hanno creato nuovi sistemi di raccolta e riuso. La documentazione del coinvolgimento diretto degli abitanti ha dimostrato come una pratica di sostenibilità per essere efficace deve essere sviluppata a partire dalla consapevolezza ecologica e culturale degli attori coinvolti in essa, realizzando una partecipazione sociale diretta. Le implicazioni degli Innovative Water Concepts suggeriscono una modalità su come la progettazione ambientale può intervenire nella modifica dell'ambiente costruito per rispondere alle nuove sfide del cambiamento climatico reintegrando i cicli naturali, garantendo la sostenibilità ambientale, sociale ed economica e il rafforzamento della resilienza del sistema urbano.

UN CASO APPLICATIVO

Misure di adattamento al cambiamento climatico nell'area Est di Napoli: rigenerazione sostenibile di un isolato urbano.

L'elaborazione di una metodologia progettuale sperimentale, basata sul modello degli Innovative Water Concepts tedeschi e sui risultati dell'analisi diretta del caso studio⁷, è stata l'obiettivo di un lavoro di tesi in Tecnologia dell'Architettura presso l'Università degli studi di Napoli "Federico II", condotta all'interno delle attività di ricerca dipartimentale (DIARC)⁸sulla tematica delle misure di adattamento e mitigazione al cambiamento climatico per l'area Est di Napoli (FARO 2010)⁹. Innovative Water Concepts: rigenerazione sostenibile di un isolato urbano nell'area Est di Napoli è un caso applicativo, basato su un'innovativa gestione della risorsa acqua, tesa ad innescare strategie di adattamento dell'ambiente costruito ai cambiamenti climatici in atto e finalizzata a sviluppare un processo di rigenerazione urbana sostenibile in rapporto alle condizioni specifiche del sito. L'area progettuale, un isolato urbano realizzato nell'ambito del PSER¹¹ (Programma Straordinario di Edilizia Residenziale, 1981) in seguito al terremoto del 1980, inclusa nella Variante¹² al PRG del Comune di Napoli e interessata da un piano attuativo di riqualificazione, è oggi caratterizzata da profonde criticità sociali, economiche e culturali nonché da un forte degrado del patrimonio edilizio e infrastrutturale. Gli aspetti ambientali di maggiore complessità affrontati nel progetto riguardano l'elevato consumo di suolo e l'alta densità di popolazione, che determinano un deficit nella presenza di vegetazione e suoli naturali, dovuto alla larga diffusione di superfici impermeabili. La conseguente alterazione del ciclo dell'acqua provoca una mancanza di evaporazione e di infiltrazione aggravando il fenomeno dell'isola di calore con l'alterazione del microclima (mancanza di umidità ed eccessivo calore), determinando impatti sul comfort abitativo, con implicazioni sulla salute umana e sulla biodiversità locale. L'inadeguata infiltrazione causata da uno scarso drenaggio delle precipitazioni e dallo smaltimento nel sistema fognario di tipo centralizzato, aumenta i rischi idrogeologici,

producendo squilibri nella falda acquifera con ciclici allegamenti in caso di piogge prolungate. L'intensificarsi di eventi piovosi singoli a carattere estremo, inoltre in combinazione con

la presenza di suoli prevalentemente impermeabili determina un'esposizione maggiore a fenomeni di allagamenti superficiali che interessano piani terra e interrati ad uso abitativo e commerciale.

Il progetto, attraverso una rigenerazione ecologica dell'area in risposta alle criticità ambientali e la previsione di azioni di contrasto del degrado architettonico e sociale, attua misure in grado di rafforzare la resilienza del sistema urbano e di migliorare il benessere e la qualità degli spazi aperti e degli edifici, tendendo al coinvolgimento diretto degli abitanti nelle fasi di gestione e manutenzione. L'intervento si pone l'obiettivo di riequilibrare il naturale piccolo ciclo dell'acqua applicando le misure delineate dagli Innovative Water Concepts, includendole in un processo

di retrofit che punta alla qualità architettonica e ambientale. Tale visione sistemica è stata sviluppata concependo l'isolato come un "network simbiotico" in cui le funzioni sono integrate nel disegno del verde e dei sistemi adottati per la gestione delle acque e dove il progetto ridefinisce gerarchie spaziali, assi, pertinenze, spazi di aggregazione, orti comuni e privati sinergicamente all'introduzione di superfici permeabili, vegetate, tetti e facciate verdi, sistemi di riciclo dell'acqua. Le strategie adottate seguono una logica multiscalare d'intervento declinando i principi per l'adattamento al cambiamento climatico a scala urbana e a scala dell'edificio. La strategia urbana scelta prevede l'applicazione del BAF (Biotope Area Factor), come target di verifica e di riferimento per garantire una proporzione adeguata di infrastrutture verdi all'interno dell'isolato in relazione all'indice di occupazione del suolo. Dallo stato di fatto dell'area, con coefficiente di 0.06, si è passati allo 0.60 di progetto (valore ottimale indicato dallaregolamentazione tedesca), ottenendo una superficie ecologicamente efficace dieci volte superiore a quella di partenza (Fig.1). La strategia a scala degli edifici e spazi aperti si è sviluppata a partire dall'integrazione con i manufatti esistenti delle misure di evaporazione, infiltrazione e uso, confrontandosi con la necessità di individuare soluzioni tecniche appropriate e adatte alle condizioni specifiche dell'esistente e al clima mediterraneo. Il raggiungimento degli obiettivi di miglioramento del microclima apportati dalle misure di greening si basano sul potere di mitigazione della radiazione solare (attraverso l'ombreggiatura) ed evaporativo della vegetazione (con l'effetto raffrescativo del processo di evapotraspirazione delle superfici vegetate). L'efficacia di alcune misure specifiche per l'aumento dell'evaporazione e della ritenzione delle acque piovane come i tetti verdi⁹ provata in clima temperato, richiede un'implementazione e un monitoraggio maggiore al fine di verificarne le effettive prestazioni in clima caldo-mediterraneo (Werthmann 2008), sebbene negli ultimi anni numerose soluzioni specifiche siano in

fase di sperimentazione (ad esempio LifeMedGreenRoof, progetto Life+ finanziato dall'UE) e trovano maggiore diffusione anche nell'edilizia comune.

I benefici dell'evapotraspirazione apportati dall'introduzione di vegetazione non solo incidono sul bilancio termico ed energetico degli edifici ma anche sul benessere microclimatico degli spazi aperti influenzando sulla diminuzione della temperatura dell'aria e sulla temperatura percepita. L'effetto raffrescativo delle misure di greening può essere considerato uno dei maggiori vantaggi per le città in clima caldo-mediterraneo anche tenendo in considerazione la necessità di irrigazione nella stagione estiva, che può essere ridotta scegliendo specie autoctone tipiche della macchia mediterranea con un ridotto fabbisogno idrico (NativeScapeGR 2013). Misure di infiltrazione e ritenzione dell'acqua piovana, difatti, in caso di precipitazioni scarse garantiscono un efficiente

captazione e drenaggio delle acque che possono essere stoccate in cisterne interrato e usate per l'irrigazione¹⁰. Nel caso applicativo in esame è attuata la gestione conservativa della risorsa che realizza una riduzione del 50% del consumo di acqua potabile attraverso sistemi per la raccolta dell'acqua piovana (vasche interrato di accumulo) usata per l'irrigazione e sistemi per il riciclo dell'acqua grigia (fitodepurazione) riusata negli scarichi wc, tramite la captazione del run-off proveniente in prevalenza dai tetti giardino. La quantità di precipitazione annua della città di Napoli (1008mm) e la sua distribuzione, unitamente ad un'appropriata scelta delle essenze e degli strati del terreno usati per le soluzioni di greening garantiscono l'equilibrio del bilancio idrico delle misure adottate (rapporto tra quantità di acqua necessaria per l'irrigazione, e quantità riciclata). Tali sistemi inoltre contribuiscono all'obiettivo della decentralizzazione dello smaltimento fognario, con una riduzione del 35 % delle acque reflue nella rete fognaria centralizzata e, insieme ai raingardens (superfici vegetate drenanti) e ai biolaghi (bacini di raccolta e accumulo in caso di precipitazioni particolarmente intense), concorrono alla ritenzione delle precipitazioni in situ, prevenendo il rischio di allagamento superficiale (Fig.2). Il trasferimento degli Innovative Water Concepts berlinesi e delle strategie di evaporazione/infiltrazione /uso efficaci in un clima temperato in un caso applicativo in clima mediterraneo (sebbene la precipitazione annua di Berlino si attesta su un dato inferiore a quello di Napoli con 522 mm annui) si è dimostrata efficace dal punto di vista della sperimentazione qualitativa e speculativa, tuttavia a supporto di una maggiore implementazione sono necessari dati quantitativi (da raccogliere attraverso simulazione o monitoraggio) per la valutazione delle performance delle soluzioni proposte (tetti e facciate verdi, raingardens, superfici vegetate, biolaghi) in termini di quota di evaporazione e di infiltrazione delle precipitazioni annue. In un processo progettuale di tipo iterativo, la riuscita degli obiettivi strategici individuati e la loro sostenibilità può essere valutata applicando alcuni dei criteri contenuti in protocolli di valutazione dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica degli edifici come ad esempio LEED e ITACA¹⁴. Le soluzioni progettuali, infatti, incontrano i requisiti valutativi di qualità ambientale, di consumo delle risorse e di riduzione carichi ambientali (ITACA) e di contenimento del consumo di acqua e tecnologie per il risparmio idrico (LEED). In particolare dal confronto con le prestazioni di riferimento (benchmark) e attraverso la verifica degli indicatori prestazionali emerge come gli interventi previsti sono in linea con le categorie prestazionali a punteggio maggiore (inquinamento delle acque, produzione di acqua sanitaria, consumo di acqua potabile, riutilizzo strutture esistenti, integrazione con l'ambiente naturale e costruito). Tuttavia nell'applicazione degli indicatori prestazionali si è riscontrata una difficoltà di tipo concettuale per cui i metodi e strumenti di verifica proposti dai protocolli valutativi mancano di flessibilità nel caso, come quello in esame, di una progettazione integrata per il management delle acque che prevede una visione sistemica e di network tra edifici e spazi aperti adiacenti (Fig.3). Target ecologici come il BAF di Berlino e altri parametri per la definizione della proporzione di verde (come ad esempio il Green Space Factor di Seattle, il Green Points di Malmo, il RIE di Bolzano) offrono un maggiore potenziale valutativo per interventi progettuali che attuano misure integrate di water management a scala urbana dell'isolato, sia per la modifica del tessuto urbano esistente che per interventi di nuova edificazione, poichè più attenti ai benefici complessivi degli interventi come miglioramento del microclima, aumento della biodiversità, riduzione del consumo di suolo, ritenzione degli inquinanti, miglioramento della qualità dell'aria e dell'acqua.

Discussione Dei Risultati

Un innovativo management della risorsa acqua per il retrofit di un isolato urbano come cellula resiliente.

Dall'analisi dei risultati raggiunti, appare significativa l'efficacia delle misure per un innovativo management dell'acqua in rapporto alla potenzialità rigenerativa di contesti degradati, combinando obiettivi di tipo ecologico alla riqualificazione architettonica e tecnologica degli edifici e spazi aperti, innescando inoltre un processo migliorativo delle condizioni di benessere e qualità di vita e di partecipazione sociale (Fig. 4). La progettazione integrata per il management della risorsa acqua è da considerarsi prevalentemente una misura di adattamento al cambiamento climatico (adattamento dell'ambiente al mutato scenario climatico) che ha effetti però anche di mitigazione (riduzione delle emissioni di CO2) conseguiti con la riduzione del consumo della risorsa acqua, riduzione dell'energia per raffrescamento e riscaldamento degli edifici. Nell'ottica della resilienza del sistema urbano al cambiamento climatico il caso applicativo attua le strategie per una progettazione resiliente ed evidenzia più chiaramente le soluzioni progettuali adeguate per il raggiungimento della capacità adattiva degli edifici e spazi aperti adiacenti. La decentralizzazione del sistema di smaltimento delle acque reflue e la riduzione del consumo di acqua potabile attraverso i sistemi di riciclo può consentire differenziati livelli di indipendenza dalla rete infrastrutturale e dai sistemi centralizzati, maggiormente messi in crisi in caso di eventi meteorologici estremi. Il trattamento delle superfici, la previsione di bacini di accumulo e l'introduzione dei raingardens garantiscono la capacità di adattamento degli spazi aperti in grado di assorbire le precipitazioni ed eventuali inondazioni. L'uso di vegetazione per la mitigazione del calore influenza la qualità estetica e percettiva degli spazi aperti, con effetti positivi sul coinvolgimento diretto degli utenti nel mantenimento e nella gestione. Tale aspetto è inoltre sviluppato con la scelta di inserire la maggior quota possibile di orti condominiali e privati, al fine di garantire una manutenzione diretta dei suoli vegetati progettati per il raggiungimento di un BAF ottimale, puntando alla produzione in loco di risorse alimentari. Le scelte progettuali richiedono di essere improntate al ripristino del senso di comunità per agire sulla sostenibilità sociale, puntando alla concezione dell'isolato non solo come sistema a rete per la gestione delle acque, ma anche come luogo di reti relazionali in grado di caratterizzarsi come "cellula resiliente" all'interno di un sistema urbano complesso, sollecitato dalle nuove sfide del cambiamento climatico e dalla crisi della disponibilità di risorse.

NOTE

1. (...)intesa sia come capacità di recupero nei confronti degli impatti sia come quella di adattarsi ai fattori di stress climatico e ambientale". Walker B. and Salt D., Resilience Practice : Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Functions, Island Press. Washington DC. Gideon T. (1965), Space, time and architecture, Hoepli, Milano, page. 67.
2. Technical University Berlin, Humboldt University Berlin, University of Applied Sciences Neubrandenburg.
3. Senate Department for Urban Development, Innovative Water Concepts, Service Water Utilization in Buildings; Rainwater Management Concepts, Greening buildings, cooling buildings. Planning, Construction, Operation and Maintenance Guidelines. Berlin, 2010. Technical University Berlin, Humboldt University Berlin, University of Applied Sciences.
4. dati raccolti nello studio della Technical University Berlin sugli impatti dei diversi tipi di superfici sulle fasi del ciclo dell'acqua.
5. Technical University Berlin.
6. Seminar : Changing Climate / Shifting Culture: Reconsidering Comfort and Designing Environmental Conditions,(2011), Prof. R. D'Alençon, Habitat Unit, Faculty of Architecture, Technical University Berlin. Per le ipotesi 2, e 3 il costo dell'intervento è stato valutato come delta (differenza di prezzo) tra la soluzione impiantistica tradizionale e la soluzione proposta, nell'ipotesi di una ristrutturazione delle unità ambientali considerate o dell'intera unità immobiliare
7. Riciclaggio dell'acqua nel blocco 103_Kreuzberg : effetti sul nostro benessere all'interno dell'ambiente costruito.
8. Dipartimento di Architettura, Università degli studi di Napoli "Federico II"

9. Finanziamento per l'avvio di ricerche originali 2010. Spazi aperti urbani resilienti alle acque meteoriche in regime di cambiamenti climatici, Prof. M.F. Palestino, Dipartimento di Architettura, Università degli studi di Napoli "Federico II" 10 After the Earthquake of 1980, the government promoted an housing programme to people affected by earthquake damages.

10. Dopo il terremoto del 1980, il governo ha promosso un programma di alloggi per le persone affette da danni del terremoto

11. Zoonizzazione PRG Napoli. 2004.

12. A Berlino test hanno dimostrato che i tetti verdi trasformano il 58% della radiazione in evaporazione durante la stagione estiva che raggiunge complessivamente una quota tra il 65-70% delle precipitazioni annuali (Senate Department for Urban Development, 2010)

13. Considerando che un tetto verde può trattenere fino il 70% della precipitazione annua in climi con una precipitazione annuale inferiore ai 500mm (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. 2002)

14. LEED è uno strumento valutativo per la sostenibilità degli edifici elaborato dal U.S. Green Building Council (USGBC); ITACA è sviluppato dall'Istituto per la Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale (cfr. Asdrubali 2015)