

# UPLanD

*Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*



Research & experimentation  
Ricerca e sperimentazione

## THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON LOCAL WATER MANAGEMENT STRATEGIES. LEARNING FROM ROTTERDAM AND COPENHAGEN

Eduardo Bassolino

*Department of Architecture DiARC, University of Naples, IT*

### HIGHLIGHTS

- Analysis of Copenhagen and Rotterdam local policies to cope climate change.
- Water management strategies to reduce risks for population due to extreme rainfall and pluvial flooding.
- Climate adaptive design strategies to make cities climate proof.

### ABSTRACT

Cities around the world, as highly anthropized areas, are negatively suffering the impact of climate change. The awareness of intergovernmental and national institutions, has allowed the development in recent decades of policies and strategies for the reduction of climate-changing gas emissions in the environment, through the implementation of adaptation and mitigation actions, in order to implement local actions aimed at managing the different problems arising from the effects of climate change in the cities.

The characteristics of the urban environment amplify the effects of climate change, sometimes with disastrous consequences, especially on people. Among the phenomena that have most direct effects on the population, extreme rainfall and pluvial flooding put the safety of people at risk. Water management has thus become one of the most addressed topics in local adaptation policies and strategies.

The objective is to investigate policies, strategies and plans for adapting to climate change by the cities of Copenhagen and Rotterdam, in order to understand the implementation processes and identify environmental climate adaptive design actions as best practices to be replicated in others urban contexts relating to the water management issues, to define an urban system of spreaded actions on the surface of cities to make them climate proof.

### ARTICLE HISTORY

Received:	March 5, 2019
Reviewed:	March 13, 2019
Accepted:	March 28, 2019
On line:	April 18, 2019

### KEYWORDS

Resilient cities  
Water sensitive urban design  
Water management  
Climate adaptive design  
Environmental design

## 1. CITIES AND CLIMATE CHANGE

The impact of climate change on the urban environment is one of principal focus in the policies and visions for the development of future cities. This topic, even if in an embryonic form, sparked the debate in the scientific communities and in the national, international and intergovernmental government bodies since the 1970s and 1980s. In that historical juncture «it started to become aware about environmental issues as direct consequences of the increasing pollution and degradation of environmental assets such as air, water and soil, with effects that do not remain limited within a well-defined area, but that go beyond any possible boundary, expanding all over the globe» (Capolongo, D'Alessandro, 2017). Precisely as a result of this global awareness and the need to promote and undertake internationally coordinated policies, in 1988 the IPCC (International Panel on Climate Change), was born as a part of the UNEP - United National Environmental Program (established by the UN). In 2013, the IPCC published the "Fifth Assessment Report" on climate change, in which the phenomenon of global warming was unequivocally ascertained. This phenomenon is causing the occurrence of climate change (the increase in atmospheric and oceans temperatures, the melting of the poles and the consequent rise in sea level, and consequently a series of environmental alterations), whose cause is firmly attributed to accumulation of greenhouse gases in the atmosphere.

In this scenario, in which global average temperatures are expected to increase by 1.5-2.0 °C by the 2080-2099 period (RCP2.6 scenario), compared to pre-industrial levels (IPCC 2014), and it is likely the occurrence of unpredictable events that already affect cities and sometimes endanger the safety of citizens, such extreme rainfall and pluvial flooding, the role of cities is of fundamental importance to cope the effects of climate change through policies and local actions. The urban centers and the big cities, which host 50% of the world population and that in 2030 this data could grow up to 70% (UN-Habitat 2011, Bulkeley 2013), are the places appointed to implement strategies and actions aimed to the mitigation, and in particular to the adaptation to the climate conditions in the next future (defined by intergovernmental policies), in order to increase the ability to cope and adapt to a changing climate and its effects.

## 2. URBAN WATER MANAGEMENT POLICIES

Based on the data contained in the IPCC's Fifth Assessment Report of 2013, among the effects that most affects the cities, the increase and the alteration of short term extreme rainfall events record the most significant impacts for urban centers, subjecting urban drainage/discharge systems to intense stress with the occurrence of damages and urban flooding phenomena. The data shows that the increase in precipitation intensity at the urban level could intensify between 10% to 60% to 2100 (compared with the period 1961-1990). This indicates that the greater problems that will occur are related to sewer subsystems, inadequate to withstand intense and short term events, causing the rapidly collapse with consequent overflowing of water into the streets, determining the pluvial flooding phenomenon.

As a result of increasingly intense and impacting events on a more and more vulnerable urban environment, the approaches of national governments and local administrations have been different in order to be able to cope with the effects of climate change. In different countries, as well as in Italy, national plans have been drawn up to adapt to climate change, re-proposing which are the actions and objectives identified by international technical policies, which, however, being unable to focus into individual contexts, merely providing general, programmatic and regulatory indications on strategic actions to be taken in the short and long term. In this scenario, it is essential to transform programmatic actions into local plans aimed at creating site-specific programs and interventions to cope the effects of climate change.

For this purpose, some local communities, also strengthened by their technical background and ability to implement urban transformation processes in the short-medium term, have understood the importance and the scope of ongoing climate/environmental change process, proposing local plans that provide widespread actions. Among the first to undertake localized (spot) processes of adaptation to climate impacts, with particular attention to the water management related phenomena and to the impacts on urban centers and their inhabitants, the cities of Copenhagen and Rotterdam have undertaken long-term processes, with a target set for both of them to 2025 and which will see the two cities of northern Europe implement widespread actions that can make cities resistant

to urban flooding and generally climate proof. The measures of water management used for adaptation and mitigation on climate change conditions, are often the result of community financing programs (HORIZON 2020, LIFE, URBACT, etc.) and of innovative technical-productive processes involving technicians, companies and local administrations, which defines new operational and verification tools of the applicability and effectiveness of low and smart technologies (fig. 01), as well as to bridge the knowledge gap on the effects of climate change in the city (for example through the diffusion of the Clima-ADAPT platform), in order to increase the level of resilience of the cities. Some of the most sensitive and active cities in managing the effects of climate change, join international city-networks, such as C40 Cities and 100 Resilient Cities. These networks, whose purpose cooperation, sharing of knowledge, strategies, results and best practices in order to achieve the global goals set by the international community, allow cities to obtain more resources for research and development in technological innovation.

### 3. LOCAL STRATEGIES FOR ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE: THE CASES OF COPENHAGEN AND ROTTERDAM

The cities of Copenhagen and Rotterdam, as result of the problems caused by heavy rain events, such as the one in Copenhagen in 2011, have un-

dertaken short-to-medium-term urban transformation processes to deal with the pluvial flooding phenomenon. These actions are aimed at the widespread management of excess water in the city through a framework of spot actions that can make cities climate proof.

#### 3.1 The Cloudburst Management Plan of Copenhagen

The rainfall events that caused the flooding of the city of Copenhagen have caused extensive damage to infrastructure, commercial activities and private properties, creating a social damage for the entire community. These phenomena concern exceptional events with an extremely reduced return time compared to predictions, 1000 year storm event, which highlight the inadequacy of the sewer system, calibrated for 10 year storm events. Following these events, and considering the possible increase in the occurrence of these phenomena in the future, the Copenhagen Climate Adaptation Plan was drawn up in 2011, followed by the Cloudburst Management Plan in 2012, developed in order to manage the phenomena of the pluvial flooding caused by extremely intense rain events. Indeed, it is expected that in the future the rainfall will increase, while at the same time the rain events will decrease, with the result of more intense rain events and possible urban flooding phenomena.

The goal of the Cloudburst Management Plan is to reduce the vulnerability due to the increase



**Figure 1:** Rain(a)Way Katshoek Garden, Rotterdam. The “Flood Permeable” floor is composed of two different types of concrete. The lower layer is water-infiltrating and allows the rainwater to slowly seep into the ground, while the empty spaces of the upper layer accumulate water allowing users to walk freely. *Source: Rain(a)Way*

in the frequency of urban flooding events on the city’s urban system. The plan provides that the implementation of adaptation measures takes place over a period of at least 20 years, with the implementation of individual projects according to the priority identified in agreement with the Copenhagen Climate Adaptation Plan.

The risk of pluvial flooding is thus faced through adaptive measures that allow to store or drain excess water at ground level, such as:

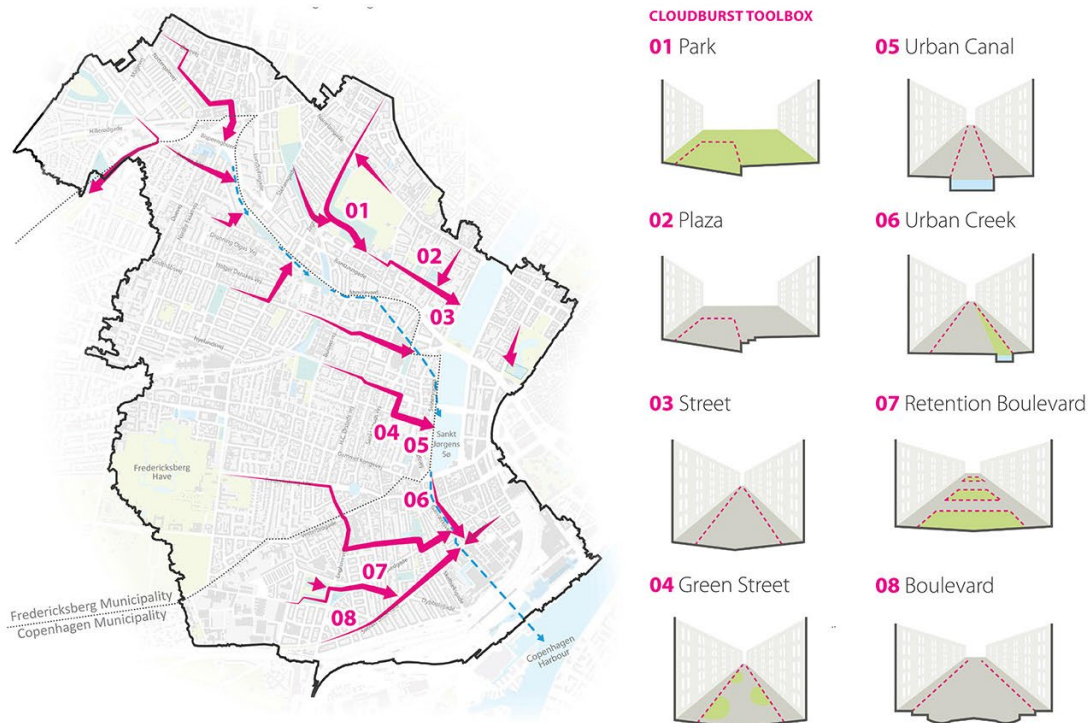
- *Stormwater roads* and channels that carry water to the lakes and the port;
- *Detention roads* for water storage;
- *Detention areas* for the storage of large quantities of water, for example parks that could turn into lakes during flood events;
- *Green roads* to retain and conduct water into secondary roads (fig. 04).

A first prototype project in the Ladegads-Aen area led to the creation of the Copenhagen Cloudburst Formula and the Cloudburst Toolkit, i.e. a set of blue-green eco-efficient steps, analyzes, strategies and technical solutions based on a typological approach of urban elements (fig. 02).

Hereafter, some projects have already been com-

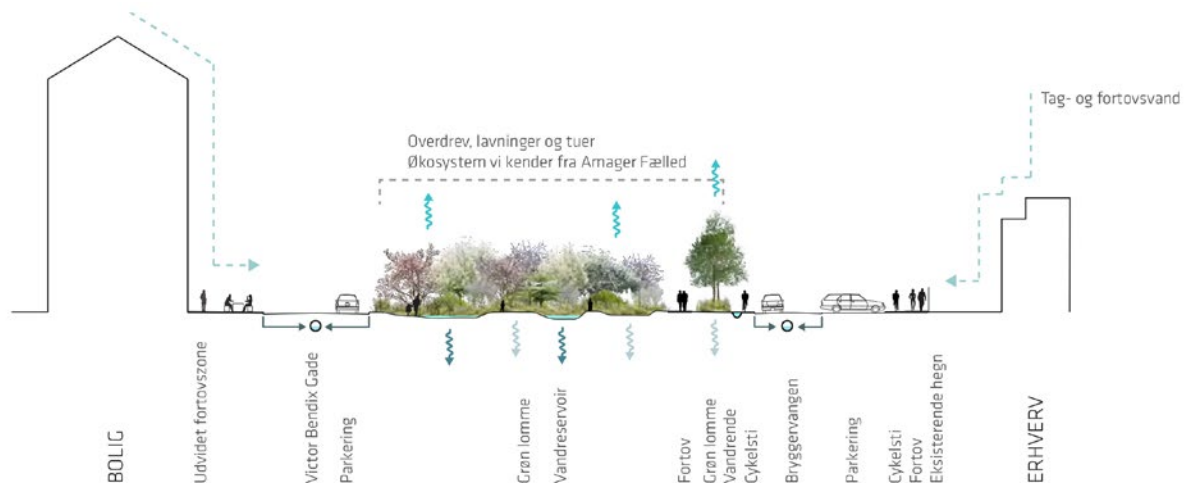
pleted or are in the engineering phase, such as Tåsinge-Plads, a pilot project for the planned site-specific climate-adaptive urban redevelopment of the entire Saint Kjeld’s Kvarter, where the square becomes a water retention basin of the sewerage network, in which the raingardens and the green areas take the function of collecting rainwater surplus coming from the 4,300 m<sup>2</sup> of surrounding roads, while the water coming from the roofs is conducted into underground collection tanks, also used for irrigation.

The entire masterplan of the neighborhood, defined by Tredje Natur, provides the creation of green areas (green corridors, trees, rain gardens, etc.), for an amount of 50,000 m<sup>2</sup> compared to the 270,000 m<sup>2</sup> of current paved streets, to reduce paved areas by 20% in favor of areas with greater permeability and water infiltration capacity during extreme rainfall events. The implementation of the masterplan shows the definition of several spot projects that will be implemented in the next years, such as the Tåsingegade and the Saint’Kjeld Plads, examples of adaptive design of urban spaces included in an eco-systemic vision of the city, in which the water-related criticalities and environmental qualities will find fulfilment in the



**Figure 2:** The Copenhagen Cloudburst Toolkit defines eight types of intervention for roads, parks and squares aimed at mitigating urban flooding. Ramboll Studio Dreiseitl.

Source: *The Municipality of Copenhagen*



**Figure 3:** Road section of the project for the Skt. Kjelds Plads and Bryggervangen. Identification of storage systems, water retention and evapotranspiration phenomena. SLA Landskabsarkitekter. Source: *The Municipality of Copenhagen*

definition of multi-functional design and technical solutions, increasing the urban resilience and ecological capabilities of the neighbourhood. The project called “The Soul of Nørrebro” by the SLA Landskabsarkitekter is an integrated urban project of climate adaptation for the Hans Tavsens Park and the Korsgade of the Nørrebro district. The project combines the aspects of naturalization of the city, local community and smart cloudburst solutions, where rainwater is collected and used locally, while the water of exceptional events will be conducted by the Hans Tavsens Park to the Peblinje urban basin, filtered and cleaned by the city biotopes along the Korsgade road.

In these projects, the naturalization of the urban landscapes of some parts of the city of Copenhagen through the use of green areas and vegetation, together with the increase in the capacity of soil’s infiltration aimed at the water management during extreme rainfall events, is combined with an integrated vision of the management of problems related to climate change, such as the increase of temperatures in the city and generally the reduction of CO<sub>2</sub> emissions. The planting of new essences for the creation of shadow areas at least for 50% of the irradiated surface, the increase of green areas for more than 50% of the entire surface in order to increase infiltration and evapotranspiration ca-



**Figure 4:** Typological road sections of Cloudburst solutions for the city of Copenhagen: stormwater roads (a); detention roads (b); detention areas (c); green roads (d). SLA Landskabsarkitekter. Source: *The Municipality of Copenhagen*



**Figure 5:** Tåsings Plads, Copenhagen's first climate adaptive square. *Photo by: Charlotte Brøndum, courtesy of The Municipality of Copenhagen*

capacity, the reduction of the width of the roadways in favour of raingardens and also to decrease the speed of the vehicles and reduce the polluting gases, and to the creation of cycle lanes used as elements for channelling rainwater, are emblematic practices and solutions of a holistic and ecosystemic environmental design.

### 3.2 *The Climate Change Adaptation Strategy of Rotterdam*

A similar experience is about the Rotterdam Climate Change Adaptation Plan of 2013, which is based on a systemic approach that investigates and proposes solutions to adapt to the different effects of climate change on the city. This approach assimilates the programmatic actions of previous experiences developed in almost two decades, such as Waterplan 1 of 2000, Waterplan 2 of 2007 (still current), and Rotterdam Climate Proof (RCP) of 2008. All these plans have the same goal to reach, make the city of Rotterdam fully resilient to climate change by 2025.

Despite the effects due to climate change to which is subjected the city of Rotterdam, such as extreme temperatures and droughts, the water management (pluvial flooding, extreme rainfall and urban flooding due to the increase of the water level of

the city river), represents the cornerstone of the adaptation strategy implemented by the local administration. From a water quality issue (Waterplan 1), over time a wider vision of water management has been linked to the consequences of climate change. With the Waterplan 2, the city of Rotterdam became aware of the importance of the problem, immediately implementing strategies to adapt to climate change. In fact, in the consolidated parts of the city, the city center and the old neighborhoods, it is possible to provide soft solutions, such as green roofs, watersquares, green areas, etc., for the temporary storage of excess water avoiding to strengthen the sewage system (on the contrary the strengthen of the sewage systems could last even some decades).

Since 2013, Rotterdam's adaptation strategy to climate change has been the main document that establishes a clear direction and provides the framework for documents and site-specific implementation plans. Together with the RCP, the concept is defined to combine water issues related to climate change with opportunities for urban transformation and socio-economic development. Climate adaptation, territorial planning and adaptive design allows the development of innovative project experiences in the water management related to climate change.

The actions proposed by the Rotterdam Climate Change Adaptation Plan includes the introduction of measures spread throughout the city, with targeted and innovative solutions, which can be integrated and strengthen the current defense system, consisting of barriers and dikes, canals and lakes, sewers and pumping stations.

The watersquares, floodable multifunctional squares, emblem of the city of Rotterdam for water management during extreme rainfall events, have become a best practice in adaptation strategies. These acts as additional water reservoirs during extreme events, acting as a remedy for the flooding of surrounding roads. Installed in public spaces, in normal conditions, the watersquare can be a recreational and socializing space, improving the quality of the urban space, while, during events of strong and sudden rains, these are filled with excess rainwater that subsequently will be removed by slow pumping systems.

The idea of watersquares was developed by the group of designers De Urbanisten, realizing the "Water Square Benthemplein" in 2013. The square consists of three basins, two smaller ones collect water every time it rains, while the deeper basin, it is involved only when the capacity of the other two is insufficient, conducting excess water through stainless steel collection channels. At the end of the rain events the water of the two smaller basins flows into a storage area for the groundwater infiltration, while the water of the deeper basin is conducted into the open waters system in a maximum time of 36 hours. In this way the water no longer weighs on the sewer system, separating black and grey waters. Green roofs, used as polder roofs, are identified as a strategic solution to temporarily detain water during heavy rains. The green roof absorbing rainwater, reduces the speed of water by delaying run-

off into the sewage system.

The Climate Proof ZoHo project by the De Urbanister group aims to demonstrate the effectiveness of the Rotterdam Climate Change Adaptation Plan at the neighborhood level, transforming the ZoHo district of Rotterdam into an urban laboratory where climate adaptation measures are combined with transformation action of urban development and local initiatives (Fig. 06). An innovative approach with participatory decision-making processes. The project involves the creation of a network of permeable public spaces and green areas that can temporarily store water destined for underground infiltration and local storage. The neighborhood thus becomes the place for the design experimentation of solutions, many of which have already been carried out, such as the aforementioned Benthemplein watersquare, green roofs on parking roofs (the "Katshoek" garage), boulevard with high water absorption (Katshoek Rain(a)way Garden) and raingardens (ZoHo Raingarden), thus obtaining 800 m<sup>3</sup> of additional water storage capacity, a 20% reduction in wastewater spill events, a reduction of 0.5 °C of surface temperature (Climate Adapte, 2018).

The implementation of an eco-systemic strategy to cope climate change, will guide towards a choral ecological vision in which the set of technical solutions of water sensitive design, such as rainstreets, rainways (fig.01), increase of surface permeability, raingardens and solutions for the temporary storage of water, generally urban greening, represent low-impact, low-tech and relatively low-cost solutions, whose goal is to provide a framework of effective and replicable solutions aimed to the global management of phenomena related to climate change, such as the increase in urban temperatures and droughts.

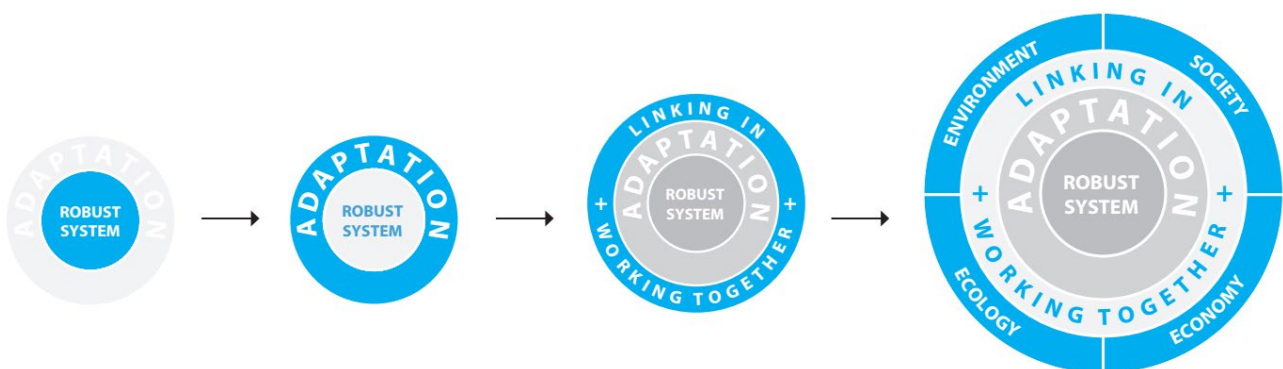


Figure 6: Rotterdam climate adaptation strategy. Source: De Urbanisten



**Figure 7:** The adaptive climate masterplan for the Zoho district, Rotterdam. *Source: De Urbanisten*

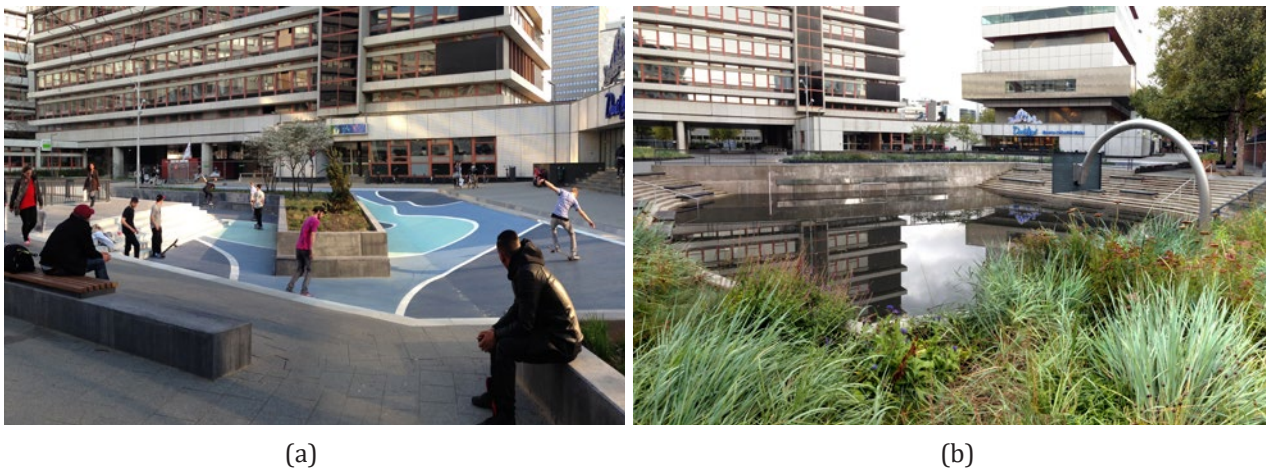
#### 4. ENVIRONMENTAL MANAGEMENT STRATEGIES AT URBAN LEVEL

From these experiences of managing the problems deriving from the effects of climate change in cities, and in particular those due to extreme rainfall events, it can be seen how the adoption of integrated multidisciplinary plans succeed in bridging the gap between urban planning and site-specific solutions. The strategies adopted for Copenhagen and Rotterdam include multi-scalar and capillary approaches. A holistic and shared vision that allows to approach and mediate between the instances of the different actors of the urban transformation processes, such as engineers, hydraulic experts, computer operators, GIS planners, architects, urban planners, economists and landscape architects, citizens, investors and local politicians, enables the sharing of approaches, methodologies, solutions and social and economic interests, which can lead in the medium-long term to targeted and functional transformations.

The solutions of urban adaptation to climate

change, can and must constitute the foundation of local plans, tools and projects, even where these are sometimes excluded upstream because in those areas where there are no problems due to the effects of climate change. Proposals and actions of urban transformation, in this way, are oriented to the definition of targeted, studied and metabolized actions, after these are developed in synergy between local stakeholders, becoming an opportunity for local development. At the same time, the transferability in other urban contexts of practices, technical solutions and operational tools tested for Rotterdam, Copenhagen and the other cities belonging to the international city-networks, becomes one of the main objectives to be pursued by local administrations to cope the problems due to the effects of climate change, especially in relation to phenomena related to extreme rainfall events. The role of local administrations is to define the specific problems arising from different climatic, social and economic conditions, in which the contribution of the designers represents the main “interface” for the exchange and rationalization of the multiple information and





(a)

(b)

**Figura 8:** Rotterdam's Water Square Benthemplein: playground use (a); filled with water as a result of extreme rainfall (b). *Source: De Urbanisten*

specific local needs for the transformation of cities in resilient environments.

Solutions and local adaptation plans thus become the opportunity to safeguard cities while laying the foundations for transformation into quality urban environments. The adaptation actions intended as combinations of blue-green eco-efficient technical solutions represent the future for the creation of increasingly ecological urban landscapes, and at the same time, to implement processes for the improvement of the socio-economic conditions of the local population. The adoption of these strategies represents the triggering of a reasoning at three hundred and sixty degrees on the management of problems related to climate change in urban contexts. In the case of water management in conditions of urban stress due to extreme events, sustainable urban drainage systems (SuDS) represent an opportunity for holistic urban transformation for the definition of ecosystemic interventions, in which nature and city merges (understood as public and common spaces), and at the same time, prove to be an opportunity for the creation of new economic opportunities and the improvement of social benefits.

In this way, as Gangemi states, «rebuilding a meaningful relationship between living and water means avoiding constant removal, hiding, marginalization of water from the visual space of the city and architecture. The immaterial character of water appears to adhere perfectly to the most innovative design aspirations, which uses immaterial entities such as light, energy, as tools for urban configuration [...]» (Gangemi, 2009) So water becomes one of the priority aspects in environmental design, which defines the principles of urban open space design, in which all natural components such as water, light and wind are controlled to maximize the conditions of well-being and safety for users.

New resilient ecological urban landscapes represents the paradigm for the creation of public spaces for contemporary and the future, culturally and socially lively spaces that can trigger economic recovery processes, to improve the quality of life and contribute to urban well-being.

The cases analyzed represent virtuous examples in the management of urban heritage and adaptation to the extreme phenomena affecting cities. The definition of strategic plans linked to regeneration actions through site specific adaptive design solutions, helps to define a wide framework of actions aimed to controlling the effects of climate change in cities. With a vision aimed to spreading and re-proposing models and solutions for adaptation to climate change in other urban contexts, it is necessary to compare these model to local issues linked to the different environmental conditions and to the different phenomena that can be generated.

The adaptive design processes widely used in the cities of Rotterdam and Copenhagen are a powerful and effective tool, in which the set of technical solutions defines solutions capable of contributing to a systemic adaptation to climate change (pluvial flooding, drought and rising temperatures), and sometimes able to create self-sufficient subsystems in the management of natural resources (in particular water).

The theme of adaptation and management of extreme phenomena closely related to the regeneration of urban public spaces must be identified as actions to be prioritized in the lines of intervention at the local level. The aim is to establish a widespread network of interventions that can contribute to the determination of highly resilient cities capable of actively contributing to the achievement of global objectives for containing greenhouse gases emissions and at the same time mitigating climate alterations.

# L'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE STRATEGIE LOCALI DI WATER MANAGEMENT. IMPARARE DA ROTTERDAM E COPENHAGEN

## 1. CITTÀ E CAMBIAMENTI CLIMATICI

L'impatto dei cambiamenti climatici in ambiente urbano è uno dei temi centrali nelle politiche e nelle visioni per lo sviluppo delle città del futuro. Il tema, anche se in forma embrionale, accese il dibattito nelle comunità scientifiche e negli organi di governo nazionali, internazionali e intergovernativi già dagli anni Settanta e Ottanta. In quel frangente storico già «si iniziava a prendere coscienza della problematica ambientale come diretta conseguenza del crescente inquinamento e del degrado dei beni ambientali quali aria, acqua e suolo, con degli effetti che non rimangono circoscritti all'interno di una ben determinata area, ma che travalicano ogni possibile confine, fino a espandersi in tutto il globo terrestre» (Capolongo, D'Alessandro, 2017). Proprio a seguito di questa presa di coscienza globale, e sulla necessità di promuovere e intraprendere politiche coordinate a livello internazionale, nel 1988 nacque da una costola dell'UNEP - United National Environmental Programme (istituito dall'ONU), l'IPCC (International Panel on Climate Change). Nel 2013 l'IPCC pubblica il "Fifth Assessment Report" sui cambiamenti climatici, in cui è acclarato inequivocabilmente il fenomeno del riscaldamento globale. Ciò sta provocando il verificarsi dei cambiamenti climatici (l'aumento delle temperature atmosferiche e degli oceani, lo scioglimento dei poli e il conseguente innalzamento del livello del mare, e di conseguenza una serie di alterazioni ambientali), la cui causa è fermamente attribuita all'accumulo di gas serra in atmosfera.

In questo scenario, in cui si prevede che le temperature medie globali possano aumentare di 1,5-2,0 °C (scenario RCP2.6), rispetto ai livelli pre-industriali nel trentennio 2080-2099 (IPCC 2014), è probabile il verificarsi di eventi imprevedibili che, già oggi colpiscono le città e talvolta mettono in pericolo l'incolumità dei cittadini, quali in particolare *extreme rainfall* e *pluvial flooding*, il ruolo delle città risulta di fondamentale importanza nel

contrastare gli effetti dal cambiamento climatico attraverso politiche ed azioni locali. I centri urbani e le grandi città, che ospitano il 50% della popolazione mondiale e che nel 2030 tale dato potrebbe crescere fino al 70% (UN-Habitat 2011, Bulkeley 2013), sono i luoghi deputati all'attuazione di strategie e azioni volte alla mitigazione, ma in particolare modo, all'adattamento alle condizioni del clima nel prossimo futuro (definite da politiche intergovernative), al fine di accrescere la capacità di fronteggiare e adattarsi a un clima in mutamento e ai suoi effetti.

## 2. LE POLITICHE LOCALI DI WATER MANAGEMENT

Sulla base dei dati del Fifth Assessment Report dell'IPCC del 2013, tra gli effetti che maggiormente stanno colpendo le città, l'aumento e l'alterazione negli eventi di *extreme rainfall* di breve durata fanno registrare gli impatti maggiormente significativi per i centri urbani, sottoponendo ad intenso stress i sistemi drenaggio/scarico urbano con il verificarsi di danni e fenomeni di *flooding* urbano. I dati mostrano che l'aumento dell'intensità delle precipitazioni alla scala urbana potrebbe intensificarsi tra il 10% e il 60% al 2100 (comparato con il trentennio 1961-1990). Questo indica che i maggiori problemi che si verificheranno sono relativi ai sottosistemi fognari, inadeguati a sopportare eventi intensi e di breve durata, provocandone il rapido collasso con conseguenti riversamenti dell'acqua in eccesso nelle strade, provocando il fenomeno del *pluvial flooding*. A seguito di eventi sempre più intensi ed impattanti sull'ambiente urbano che diventa maggiormente vulnerabile, differenti sono stati gli approcci dei governi nazionali e delle amministrazioni locali al fine di poter fronteggiare gli effetti del cambiamento climatico in atto. In diverse nazioni, come anche in Italia, si è provveduto a redigere piani nazionali di

adattamento ai cambiamenti climatici, riproponendo quelle che sono le azioni e gli obiettivi individuati dalle politiche tecniche internazionali, che però non potendo calarsi nei singoli contesti, limitandosi a fornire indicazioni generali, programmatiche e normative sulle azioni strategiche da adottare nel breve e nel lungo periodo. In questo scenario diventa fondamentale trasformare azioni programmatiche in piani locali finalizzati alla realizzazione di programmi ed interventi *site-specific* per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici.

A tale scopo, alcune comunità locali, forti anche del proprio *background* tecnico e della capacità di attuare processi edilizi di trasformazione urbana nel breve-medio periodo, hanno compreso l'importanza e la portata del processo di mutamento climatico/ambientale in atto, proponendo piani locali che prevedono interventi diffusi e capillari. Tra i primi a intraprendere processi localizzati (*spot*) di adattamento agli impatti climatici, e con particolare attenzione verso la gestione dei fenomeni legati all'acqua ed agli impatti che questi hanno sulle città e sui loro abitanti, le città di Copenhagen e di Rotterdam hanno intrapreso processi a lungo termine, con un target prefissato per entrambe al 2025 e che vedranno le due città del nord dell'Europa attuare azioni diffuse che possano rendere le città a prova di allagamenti urbani e, più in generale, *climate proof*.

Le misure messe in campo di adattamento e mitigazione finalizzate al *water management* in condizioni di *climate change*, sono spesso il risultato di programmi di finanziamento comunitario (HORIZON 2020, LIFE, URBACT, ecc.) e di processi tecnico-produttivi innovativi che coinvolgono tecnici, aziende e amministrazioni locali, che servono a definire nuovi

strumenti operativi e la verifica reale dell'applicabilità e dell'efficacia di tecnologie *low* e *smart* (fig. 01), oltre che per colmare il gap di conoscenza sugli effetti dei cambiamenti climatici in città (per esempio mediante la diffusione della piattaforma Clima-ADAPT), al fine di elevare il grado di resilienza delle città.

Alcune delle città maggiormente sensibili e attive nella gestione degli effetti dei cambiamenti climatici, aderiscono a city-network internazionali, quali ad esempio C40 Cities e 100 Resilient Cities. Tali network, il cui scopo è la collaborazione, la condivisione di conoscenze, strategie, risultati e *best practice*, al fine di raggiungere gli obiettivi globali prefissati dalla comunità internazionale, consentono alle città di ottenere maggiori risorse per la ricerca e per lo sviluppo in innovazione tecnologica.

### 3. STRATEGIE LOCALI DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: I CASI DI COPENHAGEN E ROTTERDAM

Le città di Copenhagen e Rotterdam, a seguito dei problemi causati da importanti eventi di pioggia intensi, come ad esempio quello del 2011 a Copenhagen, hanno intrapreso processi edilizi di trasformazione urbana a breve-medio termine per fronteggiare il fenomeno del *pluvial flooding*. Tali azioni sono mirate alla gestione capillare dell'acqua in eccesso in città attraverso un framework di azioni *spot* che potranno rendere le città *climate proof*.



**Figura 1:** Rain(a)Way Katshoek Garden in Rotterdam. Il pavimento "Flood Permeable", è composto da due diversi tipi di calcestruzzo. Lo strato inferiore in calcestruzzo drenante consente all'acqua piovana di filtrare lentamente nel terreno, mentre le vaschette dello strato superiore accumulano acqua permettendo agli utenti di poter camminare liberamente. Fonte: Rain(a)Way

### 3.1 Il Cloudburst Management Plan di Copenhagen

Gli eventi pluviometrici che hanno causato l'allagamento della città di Copenhagen hanno provocato ingenti danni alle infrastrutture, alle attività commerciali e alle proprietà private creando un vero e proprio danno sociale per l'intera comunità. Tali fenomeni, riguardano eventi eccezionali con tempo di ritorno estremamente più ridotto rispetto alle previsioni, *1000 year storm event*, che mettono in luce l'inadeguatezza del sistema fognario, calibrato per eventi di tipo *10 year storm event*.

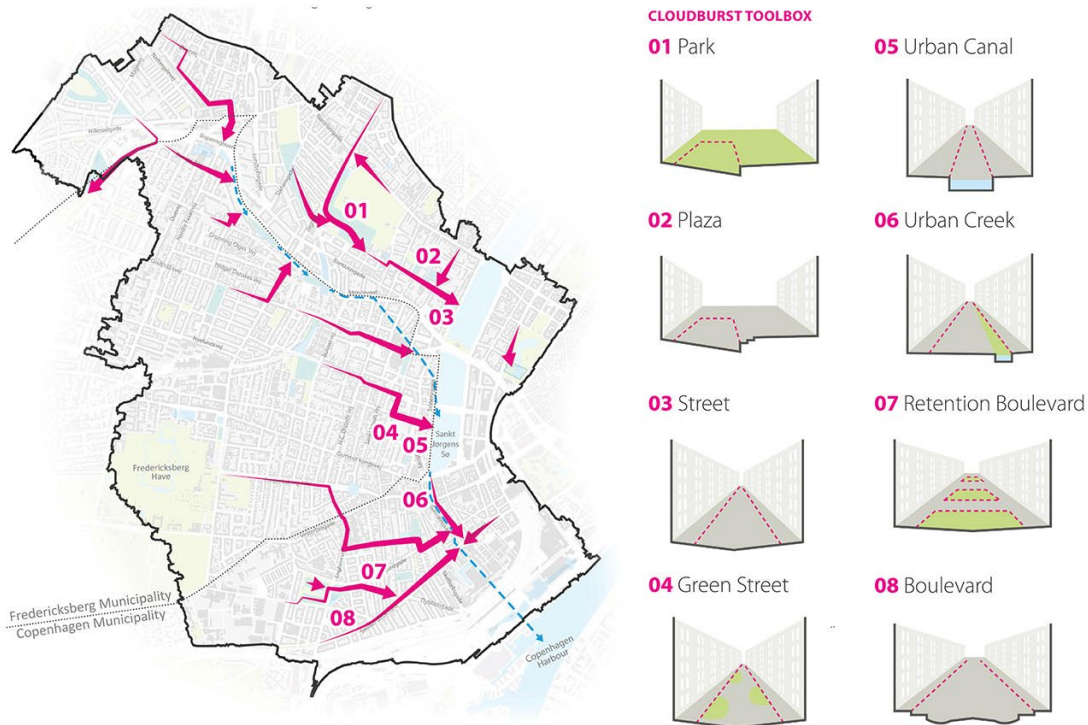
A seguito di tali eventi, e considerando il possibile aumento nel verificarsi di tali fenomeni in futuro, è stato redatto nel 2011 il *Copenhagen Climate Adaptation Plan*, al quale ha fatto seguito nel 2012 il *Cloudburst Management Plan*, sviluppato al fine di gestire i fenomeni del *pluvial flooding* causati da eventi di pioggia estremamente intensi. Si prevede infatti, che in futuro le precipitazioni aumenteranno, mentre allo stesso tempo diminuiranno gli eventi di pioggia, con il risultato di eventi di pioggia più intensi e possibili fenomeni di allagamenti urbani.

Allo scopo di individuare quelle aree della città maggiormente vulnerabili agli eventi di pioggia estrema,

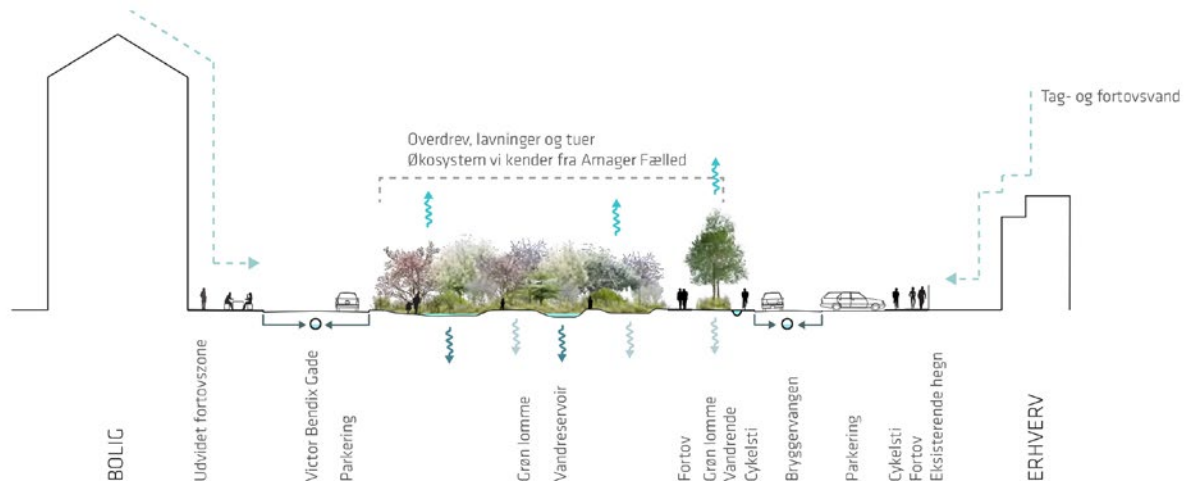
è stato realizzato un modello matematico di deflusso idrico sul sistema urbano della Città di Copenhagen mediante l'uso di software GIS. Questo ha permesso di analizzare le condizioni esistenti e di proiettare l'impatto degli allagamenti urbani dovuti ai cambiamenti climatici. Sono stati valutati differenti scenari (2060, 2100 e 2110) con frequenza di differenti eventi pluviometrici (*10, 20, 100 year storm event*) con e senza misure di adattamento. I risultati mostrano che, in tutti i casi analizzati, gli eventi saranno maggiormente disastrosi, a meno che non vengano utilizzate misure di adattamento di *water sensitive urban design* (WSUD) che ridurrebbero sensibilmente il runoff superficiale e le aree allagabili (City of Copenhagen, 2011).

L'obiettivo del *Cloudburst Management Plan* è di ridurre la vulnerabilità del sistema urbano della città all'aumento della frequenza di eventi di *flooding* urbano. Il piano prevede che l'attuazione delle misure di adattamento avvenga in un arco temporale di almeno 20 anni, con l'attuazione di singoli progetti a seconda della priorità individuata in accordo con il *Copenhagen Climate Adaptation Plan*.

Il rischio di *pluvial flooding* è così fronteggiato attraverso misure adattative che consentano di stoccare o drenare l'acqua in eccesso a livello del suolo, quali:



**Figura 2:** Il Copenhagen Cloudburst Toolkit, definisce otto tipologie di intervento per strade, parchi e piazze finalizzati alla mitigazione degli allagamenti urbani. Ramboll Studio Dreiseitl. Fonte: The Municipality of Copenhagen



**Figura 3:** Sezione stradale del progetto per la Skt. Kjelds Plads e Bryggervangen. Individuazione dei sistemi di stoccaggio, trattenimento dell'acqua e dei fenomeni evapotraspirativi. SLA Landskabsarkitekter. Fonte: The Municipality of Copenhagen

- *Stormwater roads* e canalizzazioni che trasportano l'acqua verso i laghi e il porto;
- *Detention roads* per lo stoccaggio di acque;
- *Detention areas* per lo stoccaggio di grandi quantità di acque, ad esempio parchi che potrebbero trasformarsi in laghi durante gli eventi di piena;
- *Green roads* per trattenere e convogliare l'acqua in strade secondarie (fig. 04).

Un primo progetto prototipo sull'area di Lade-gads-Aen ha portato alla creazione della Copenhagen *Cloudburst Formula* e di un *Cloudburst Toolkit*, ovvero ad un insieme di passaggi, analisi, strategie e soluzioni tecniche eco-efficienti di tipo *blue-geen*

basato su di un approccio tipologico di elementi urbani (fig. 02).

In seguito, alcuni progetti sono già stati realizzati o sono in fase di ingegnerizzazione, come ad esempio la Tåsinge-Plads, progetto pilota per la riqualificazione urbana clima-adattiva *site specific* programmata dell'intero Saint Kjeld's Kvarter, dove la piazza diventa un vero e proprio bacino per lo staccato dell'acqua dalla rete fognaria, in cui i *raingarden* e le aree verdi assolvono alla funzione di superfici di captazione delle acque piovane in eccesso provenienti dai 4.300 m<sup>2</sup> di strade circostanti, mentre l'acqua proveniente dai tetti, viene convogliata in serbatoi di raccolta sotterranei, destinata anche a usi irrigui.



**Figure 4:** Sezioni stradali tipologiche di soluzioni Cloudburst per la città di Copenhagen: stormwater roads (a); detention roads (b); detention areas (c); green roads (d). SLA Landskabsarkitekter. Fonte: The Municipality of Copenhagen



**Figura 5:** Tåsinge-Plads, la prima piazza climadattiva di Copenhagen. Foto di: Charlotte Brøndum, courtesy of The Municipality of Copenhagen

L'intero masterplan del quartiere, definito dallo studio Tredje Natur, prevede la creazione di aree verdi (corridoi verdi, alberi, *rain garden*, ecc.), per un totale di 50.000 m<sup>2</sup> a fronte dei 270.000 m<sup>2</sup> di strade attuali, allo scopo di ridurre del 20% le aree asfaltate a favore di aree a maggiore permeabilità e capacità di infiltrazione d'acqua durante gli eventi di pioggia estremi. L'attuazione del masterplan ha visto la definizione di diversi progetti spot che saranno realizzati nei prossimi anni, quali ad esempio la *Tåsingegade* e la *Saint'Kjeld Plads*, esempi di design adattivo dello spazio urbano inseriti in una visione eco-sistemica della città, nella quale le criticità legate all'acqua e le qualità ambientali trovano compiutezza nella definizione di soluzioni progettuali e tecniche di tipo multifunzionale, aumentando la resilienza urbana e le capacità ecologiche del quartiere.

Il progetto denominato "The Soul of Nørrebro" dello studio SLA, è un progetto urbano integrato di progettazione urbana di adattamento climatico per l'Hans Tavsens Park e la Korsgade del quartiere di Nørrebro. Il progetto combina gli aspetti di naturalizzazione della città, di comunità locale e soluzioni *cloudburst* intelligenti, dove l'acqua piovana è raccolta e utilizzata localmente, mentre l'acqua

di eventi eccezionali verrà convogliata dall'Hans Tavsens Park al bacino urbano di Peblinø, filtrata e ripulita dai biotopi cittadini lungo la strada di Korsgade.

In questi progetti, la naturalizzazione dei paesaggi urbani di alcune parti delle città di Copenhagen mediante l'uso di aree verdi e vegetazione, di concerto all'aumento della capacità di infiltrazione del suolo finalizzate alla gestione idrica durante eventi di pioggia estrema, si coniuga ad una visione integrata di gestione delle problematiche legate ai cambiamenti climatici, come anche l'aumento delle temperature in città e più in generale la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. La piantumazione di nuove essenze per la creazione di zone d'ombra per almeno il 50% della superficie irraggiata, l'aumento di aree verdi per oltre il 50% della superficie totale allo scopo di aumentare la capacità di infiltrazione e di evapotraspirazione, la riduzione dell'ampiezza delle carreggiate a favore dei *rain-garden* anche per diminuire la velocità dei veicoli e ridurre i gas inquinanti e la creazione di piste ciclabili usate anche quali elementi di canalizzazione delle acque piovane, sono pratiche e soluzioni emblematiche di una progettazione ambientale olistica ed ecosistemica.

### 3.2 Il Climate Change Adaptation Strategy di Rotterdam

Analoga esperienza è quella del *Rotterdam Climate Change Adaptation Plan* del 2013, che si fonda su di un approccio sistemico che investiga e propone soluzioni di adattamento ai diversi effetti dei cambiamenti climatici sulla città. Tale approccio assimila le azioni programmatiche di esperienze precedenti sviluppate in quasi due decenni, quali il *Waterplan 1* del 2000, dal *Waterplan 2* del 2007 (valido ancora oggi), e dal *Rotterdam Climate Proof* (RCP) del 2008. Tutti questi piani hanno quale obiettivo comune quello di puntare a rendere la città di Rotterdam totalmente resiliente ai cambiamenti climatici entro il 2025.

Nonostante gli effetti dovuti ai cambiamenti climatici di cui è “affetta” la città di Rotterdam, quali temperature estreme e siccità, la gestione dell’acqua (*pluvial flooding*, piogge estreme e allagamenti urbani per l’aumento dei livelli d’acqua fluviale), rappresenta il caposaldo della strategia di adattamento messa in atto dall’amministrazione locale. Da un problema di qualità dell’acqua (*Waterplan 1*), si è passati nel tempo ad una visione più ampia sul *water management* legato alle conseguenze dei cambiamenti climatici. Con il *Waterplan 2*, la città di Rotterdam ha preso coscienza dell’importanza del problema, ponendo in atto fin da subito strategie di adattamento al cambiamento climatico. Di fatti, nelle parti consolidate della città, il centro cittadino ed i vecchi quartieri, è possibile prevedere interventi di tipo *soft*, quali ad esempio tetti verdi, *watersquare*, aree verdi per lo stoccaggio temporaneo delle acque in eccesso, ecc., evitando di intervenire sul sistema delle fognature (al contrario l’adeguamento sugli impianti fognari potrebbe durare anche alcuni decenni).

Dal 2013, la strategia di adattamento ai cambia-

menti climatici di Rotterdam è il documento principale che stabilisce una chiara direzione e fornisce il *framework* per documenti e piani di attuazione *site-specific*. Di concerto con l’RCP, il concetto viene definito per unire le questioni idriche legate al cambiamento climatico ad occasioni, opportunità di trasformazione urbana e di sviluppo socio-economico. L’adattamento climatico, la pianificazione territoriale e il design adattivo permettono di sviluppare esperienze di progetto innovative nella gestione dell’acqua legata ai cambiamenti climatici. Le azioni proposte dal *Rotterdam Climate Change Adaptation Plan* prevedono l’introduzione di misure diffuse in tutta la città, con soluzioni mirate ed innovative, che possano andare ad integrarsi e potenziare l’attuale sistema di difesa, costituito da barriere e dighe, canali e laghi, fognature e stazioni di pompaggio.

Le *watersquare*, piazze multifunzionali allagabili, emblema della città di Rotterdam per la gestione delle acque durante eventi di pioggia estrema, sono diventate una pratica consolidata nelle strategie di adattamento. Queste fungono da serbatoi d’acqua supplementari durante eventi estremi, ponendosi quale rimedio agli allagamenti delle strade circostanti. Installate all’interno di spazi pubblici, in condizioni normali, le *watersquare* possono diventare spazi ricreativi e di socializzazione migliorando la qualità dello spazio urbano, mentre, durante eventi di forti e improvvise piogge, queste si riempiono dell’acqua piovana in eccesso che, successivamente viene allontanata attraverso sistemi di pompaggio lenti.

L’idea delle *watersquare* è stata sviluppata dal gruppo di progettisti De Urbanisten, realizzando la “Water Square Benthemplein” nel 2013. La piazza è costituita da tre bacini, due più piccoli raccolgono l’acqua ogni qual volta che piove, mentre il bacino più profondo, viene coinvolto solo quando

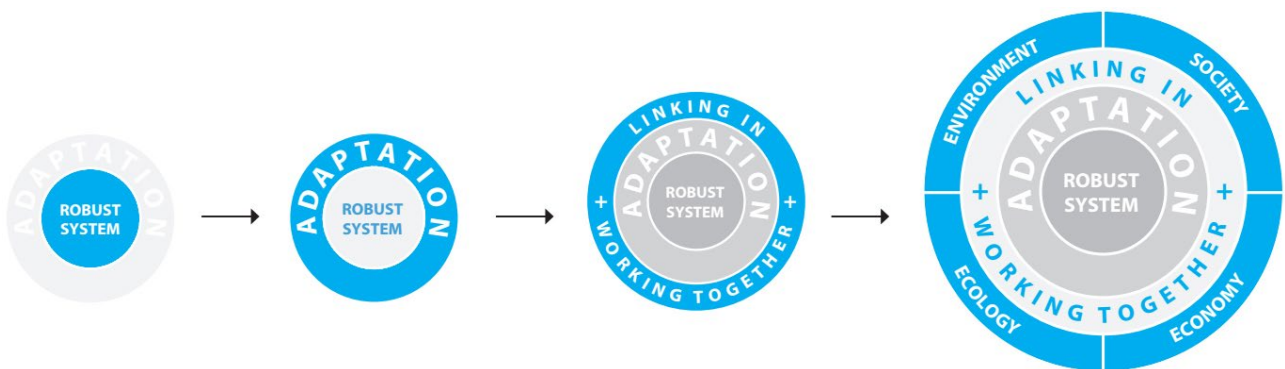


Figura 6: Strategia di adattamento climatico di Rotterdam. Fonte: De Urbanisten



**Figura 7:** Il masterplan clima adattivo per il quartiere Zoho, Rotterdam. *Fonte: De Urbanisten*

la capacità degli altri due risulta insufficiente, con l'acqua in eccesso che viene convogliata attraverso canaline di raccolta in acciaio inossidabile. Al termine degli eventi di pioggia l'acqua dei due bacini più piccoli fluisce in un dispositivo per l'infiltrazione in falda, mentre l'acqua del bacino più profondo è immessa nel sistema delle acque libere in un tempo massimo di 36 ore. L'acqua in questo modo non grava più sul sistema fognario, separando anche acque nere e acque grigie.

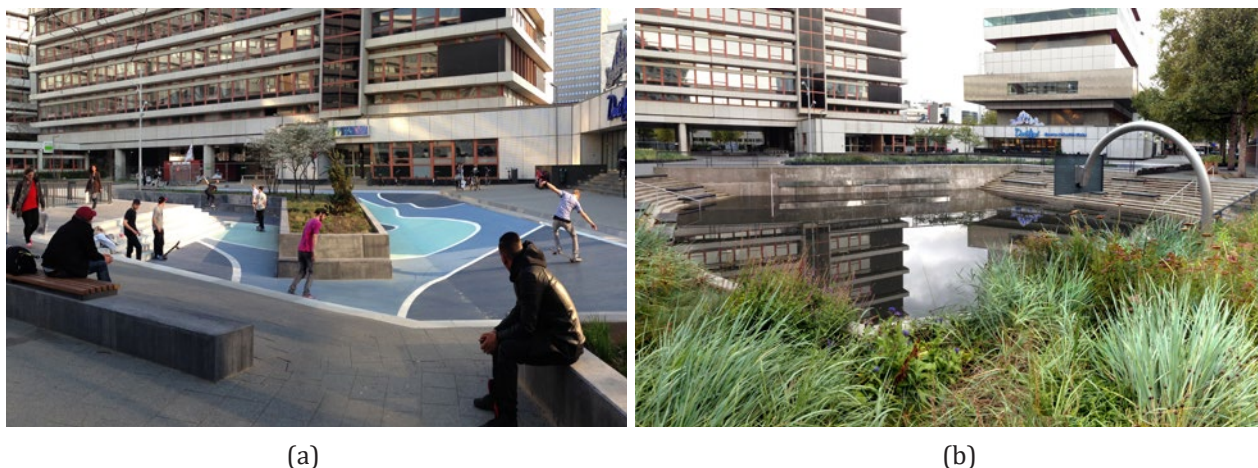
I tetti verdi, usati come *polder roof* (tetti accumulatori), sono individuati quale soluzione strategica per trattenere temporaneamente l'acqua durante le piogge intense. Il tetto verde assorbendo l'acqua piovana, riduce la velocità del deflusso delle acque piovane ritardando il deflusso nel sistema fognario.

Il progetto Climate Proof ZoHo del gruppo De Urbanister, vuole invece dimostrare l'efficacia del Rotterdam Climate Change Adaptation Plan alla scala di quartiere, trasformando il quartiere di ZoHo di Rotterdam in un laboratorio urbano dove

le misure di adattamento climatico sono combinate ad azione di trasformazione urbana e di iniziative locali (fig. 07). Un approccio innovativo con processi decisionali partecipativi. Il progetto prevede la creazione di una rete di spazi pubblici permeabili e di aree verdi che possano conservare temporaneamente l'acqua destinata all'infiltrazione sotterranea e allo stoccaggio locale. Il quartiere diventa così il luogo per la sperimentazione progettuale di soluzioni, molte delle quali sono già state realizzate, come la già citata *watersquare* di Benthemplein, tetti verdi sui tetti dei parcheggi (il garage "Katshoek"), boulevard ad elevato assorbimento d'acqua (Katshoek Rain (a) way Garden) e *raingarden* (ZoHo Raingarden), ottenendo in tal modo 800 m<sup>3</sup> di capacità aggiuntiva di stoccaggio dell'acqua, la riduzione del 20% degli eventi di tracimazione delle acque reflue, la riduzione di 0,5 gradi Celsius della temperatura superficiale (Climate Adapte, 2018).

L'attuazione di una strategia eco-sistemica in risposta ai cambiamenti climatici, guiderà verso





(a)

(b)

**Figura 8:** La Water Square Bentheplein di Rotterdam: uso playground (a); quando riempita d'acqua a seguito di *extreme rainfall* (b). Fonte: De Urbanisten

una visione ecologica corale in cui l'insieme delle soluzioni tecniche di *water sensitive design*, quali *rainstreet*, *rainway* (fig.01), aumento della permeabilità delle superfici, *raingarden* e soluzioni per lo stoccaggio temporaneo dell'acqua, e più in generale di greening urbano, rappresentano soluzioni *low-impact*, *low-tech* e relativamente *low-cost*, il cui obiettivo è quello di fornire un *framework* di soluzioni efficaci e replicabili finalizzate alla gestione globale dei fenomeni legati ai cambiamenti climatici, quali anche l'aumento delle temperature urbane ed i fenomeni di siccità.

#### 4. STRATEGIE DI GESTIONE AMBIENTALE ALLA SCALA URBANA

Da queste esperienze di gestione dei problemi derivanti dagli effetti del cambiamento climatico sulle città, ed in particolare quelli dovuti agli eventi estremi pluviometrici, si evince come l'adozione di piani integrati di livello multidisciplinare riescano a colmare quel divario che spesso si viene a creare tra una pianificazione urbana *tout court* e le soluzioni *site-specific*. Le strategie adottate per Copenhagen e Rotterdam prevedono approcci multiscalari e capillari. Una visione olistica e condivisa che permette di avvicinare e mediare tra le istanze dei diversi attori dei processi edilizi di trasformazione urbana, quali ingegneri, esperti idraulici, operatori informatici, pianificatori GIS, architetti, urbanisti, economisti ed architetti paesaggisti, cittadini, investitori e politici locali, e consente di condividere approcci, metodologie, soluzioni ed interessi sociali ed economici, che possano porta-

re nel medio-lungo periodo a trasformazioni mirate e funzionali.

Le soluzioni di adattamento urbano ai cambiamenti climatici, potranno, e dovranno, costituire il fondamento di piani, strumenti e progetti locali, anche lì dove queste sono talvolta escluse a monte perché in quelle aree dove non si sono riscontrate problematiche dovute agli effetti dei cambiamenti climatici. Le proposte e le azioni di trasformazione urbana, in questa logica, sono orientate alla definizione di azioni mirate, studiate e metabolizzate, dopo che esse sono sviluppate in sinergia tra gli *stakeholder* locali, diventando occasione di sviluppo locale. Al tempo stesso, la trasferibilità in altri contesti urbani di pratiche, soluzioni tecniche e strumenti operativi sperimentati per Rotterdam, Copenhagen e le altre città aderenti ai *city-network* internazionali, diventa uno degli obiettivi principali da perseguire da parte delle amministrazioni locali per fronteggiare le problematiche derivanti dagli effetti dei cambiamenti climatici, soprattutto in relazione ai fenomeni legati agli eventi di pioggia estremi. Il ruolo delle amministrazioni locali è quello di definire le problematiche specifiche derivanti da condizioni climatiche, sociali ed economiche differenti, in cui il contributo dei progettisti rappresenta la principale "interfaccia" per lo scambio e razionalizzazione delle molteplici informazioni ed esigenze locali specifiche per la trasformazione delle città in ambienti resilienti. Le soluzioni e i piani di adattamento locali diventano così l'occasione per salvaguardare le città mentre sono gettate le basi per la trasformazione in ambienti urbani di qualità. Le azioni di adattamento intese quali combinazioni di soluzioni tecniche eco-efficienti di tipo *blue-green* rappresen-

tano il futuro per la creazione di paesaggi urbani sempre più ecologici, e contemporaneamente di attuare processi per il miglioramento delle condizioni socioeconomiche della popolazione locale. L'adozione di tali strategie rappresenta l'innesco di un ragionamento a trecentosessanta gradi sulla gestione dei problemi legati ai cambiamenti climatici in contesti urbani. Nel caso del *water management* in condizioni di stress urbano dovuto ad eventi estremi, i *sustainable urban drainage system* (SuDS) rappresentano un'occasione di trasformazione urbana di tipo olistico per la definizione di interventi ecosistemici, in cui natura e città (intesa come spazio pubblico e spazio comune), si fondono e al tempo stesso si dimostrano occasione per la creazione di nuove opportunità economiche ed il miglioramento delle prestazioni sociali.

In tal senso, come afferma Gangemi, «ricostruire una relazione significativa tra l'abitare e l'acqua vuol dire evitare la costante rimozione, l'occultamento, l'emarginazione dell'acqua dallo spazio visivo della città e dell'architettura. Il carattere immateriale dell'acqua appare perfettamente aderente alle aspirazioni progettuali più innovative, che utilizza come strumenti di configurazione urbana entità immateriali come la luce, l'energia [...]» (Gangemi, 2009) Così l'acqua diventa uno tra gli aspetti prioritari nella progettazione ambientale, che definisce i principi del progetto dello spazio aperto urbano, in cui tutte le componenti naturali quali acqua, luce e vento sono controllate per massimizzare le condizioni di benessere e di sicurezza per gli utenti.

I nuovi paesaggi urbani ecologici e resilienti, rappresentano il paradigma per la creazione degli spazi pubblici della contemporaneità e per il futuro, spazi culturalmente e socialmente vivaci che

possano innescare processi di ripresa economica, di miglioramento della qualità della vita e contribuire al benessere urbano.

I casi analizzati rappresentano esempi virtuosi nella gestione del patrimonio urbano e l'adattamento ai fenomeni estremi che colpiscono le città. La definizione di piani strategici legati ad interventi di rigenerazione attraverso soluzioni di *adaptive design site specific*, contribuisce a definire un ampio *framework* di azioni finalizzate al controllo degli effetti dei cambiamenti climatici in città. In un'ottica di diffusione e riproposizione di modelli e soluzioni per l'adattamento ai cambiamenti climatici in altri contesti urbani, risulta necessario confrontarsi con tematiche locali legate alle differenti condizioni ambientali e ai differenti fenomeni che vi si possono generare.

I processi di *adaptive design* diffusamente adottati nelle città di Rotterdam e Copenhagen, risultano uno strumento potente ed efficace, in cui l'insieme delle soluzioni tecniche definiscono interventi capaci di contribuire ad un adattamento sistemico al cambiamento climatico (*pluvial flooding*, siccità e aumento delle temperature), e talvolta capaci di creare sottosistemi autosufficienti nella gestione delle risorse naturali (in particolare quelle idriche). Il tema dell'adattamento e della gestione dei fenomeni estremi strettamente legati alla rigenerazione degli spazi pubblici urbani, devono risultare quali azioni prioritarie nelle linee di intervento alla scala locale. Lo scopo è quello di costituire una rete diffusa di interventi che possano contribuire alla determinazione di città altamente resilienti e capaci di contribuire attivamente al raggiungimento degli obiettivi globali per il contenimento delle emissioni di gas climalteranti e al tempo stesso mitigare le alterazioni del clima.

## REFERENCES

- Berndtsson, J. C. (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering*, 36(4), 351-360. doi: 10.1016/j.ecoleng.2009.12.014
- Boer, F., Jorritsma, J., & Van Peijpe, D., (eds.) (2010). *De Urbanisten and the Wondrous Water square*. Rotterdam, NL: 010 Publishers.
- Bulkeley, H. (2013). *Cities and Climate Change*. Abingdon, UK: Routledge.
- C40 Cities (2016). *Climate Change Adaptation in Delta Cities Climate. Good Practice Guide*. Retrieved from [https://www.c40.org/networks/connecting\\_delta\\_cities](https://www.c40.org/networks/connecting_delta_cities)

City of Copenhagen (2011). *Copenhagen Climate Adaptation Plan*. Retrieved from <https://international.kk.dk/artikel/climate-adaptation>

City of Copenhagen (2012). *Cloudburst Management Plan 2012*, Retrieved from <https://international.kk.dk/artikel/climate-adaptation>

City of Rotterdam (2007). *Waterplan 2 Rotterdam*, retrieved from <https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/waterplan-2/>

City of Rotterdam (2010). *Rotterdam Climate Proof Programme (RCP)*, retrieved from <http://deltacityofthefuture.com/cities/rotterdam/main-publications>

City of Rotterdam (2013). *Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy*, retrieved from <http://deltacityofthefuture.com/cities/rotterdam/main-publications>

D'Ambrosio, V., & Leone, M. F. (eds.) (2016). *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza. Environmental Design for Climate Change adaptation. Innovative models for the production of knowledge*. Napoli, IT: CLEAN.

D'Ambrosio, V., & Leone, M. F. (2015). Climate change risks and environmental design for resilient urban regeneration. Napoli Est pilot case. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, 10, 130-140.

Dierna, S. (1995). Tecnologie per il progetto ambientale. Per una trasformazione sostenibile degli assetti insediativi. In M. Sala (ed.), *Florence International Conference for Teachers of Architecture - Tecnologie del Progetto Ambientale*. Firenze, IT: Alinea Editrice.

EEA - European Environment Agency (ed.) (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator based report. EEA Report n. 1/2017*. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., ... & Mikkelsen, P. S. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542. doi: 10.1080/1573062X.2014.916314

Gangemi, V. (2009). Valorizzazione e risparmio della risorsa acqua nell'architettura e nell'ambiente. In A. Passaro (ed.), *Civiltà delle acque. Valorizzazione e risparmio della risorsa acqua nell'architettura e nell'ambiente*. Napoli, IT: Luciano Editore.

Gathing, W., & Puckett, K. (2013). *Design for Climate Change*, London, UK: RIBA Publishing.

IPCC (ed.) (2014). *Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2014 - Mitigation of Climate Change*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lerer, S. M., Righetti, F., Rozario, T., & Mikkelsen, P. S. (2017), Integrated hydrological model-based assessment of stormwater management scenarios in Copenhagen's first climate resilient neighbourhood using the three point approach, *Water*, 9(11). doi: 10.3390/w9110883

Losasso, M. (2016). Climate risk, Environmental planning, Urban design. *UPLand-Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, 1(1), 219-232. doi: 10.6092/2531-9906/5039

Mazzi, P., & Pelizzaro, P., (2016). *La città resiliente. Strategie e azioni di resilienza urbana in Italia e nel mondo*. Milano, IT: Altreconomia.

Moccia, F. D., & Palestino, M. F. (eds.) (2013). *Planning Stormwater Resilient Urban Open Spaces*. Napoli, IT: CLEAN.

Molenaar, A., & Gebraad, C. (2014). Rotterdam resilient delta city connecting water and adaptation with opportunities, *Water governance*, n.01/2014, 43-47.

Pelsmakers, S. (2015). *The Environmental Design Pocketbook, 2nd ed.*. London, UK: RIBA Publishing.

- Reven, J., (2011). Cooling the Public Realm: Climate-Resilient Urban Design. In K. Otto-Zimmermann (ed.), *Resilient Cities Cities and Adaptation to Climate Change - Proceedings of the Global Forum 2010* (pp.451-463). Dordrecht, NL: Springer. doi: 10.1007/978-94-007-0785-6\_45
- Sgobbo, A. (2016). La città che si sgretola: nelle politiche urbane ed economiche le risorse per un'efficace manutenzione. *BDC. Bollettino Del Centro Calza Bini*, 16(1), 155-175. doi: 10.6092/2284-4732/4121
- Sgobbo, A. (2017). Eco-social innovation for efficient urban metabolisms. *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, 14, 337-344. doi: 10.13128/Techne-20812
- Sgobbo, A. (2018). *Water Sensitive Urban Planning. Approach and opportunities in Mediterranean metropolitan areas*. Rome, IT: INU Edizioni.
- UN-HABITAT (ed.) (2011), *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements*, retrieved from <https://unhabitat.org/books/cities-and-climate-change-global-report-on-human-settlements-2011/>
- Wolch, J. R., Byrne, J., & Newell, J. P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and Urban Planning*, 125, 234-244. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.01.017
- Zhou, Q. (2014). A review of sustainable urban drainage systems considering the climate change and urbanization impacts. *Water*, 6(4), 976-992. doi: 10.3390/w6040976
- Zhou, Q., Mikkelsen, P. S., Halsnæs, K., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2012). Framework for economic pluvial flood risk assessment considering climate change effects and adaptation benefits. *Journal of Hydrology*, 414, 539-549. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.11.031
- Zimmermann, B., Elsenbeer, H., & De Moraes, J. M. (2006). The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: implications for runoff generation. *Forest ecology and management*, 222(1), 29-38. doi: 10.1016/j.foreco.2005.10.070