

UPLand

Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design



Research & experimentation
Invited paper

THE SUSTAINABILITY OF THE URBAN SYSTEM FROM A HYDROLOGICAL POINT OF VIEW: A PLANNING PRACTICE PROPOSAL

F. Gobattoni^a, R. Pelorosso^a, A. F. Piccinni^b, A. Leone^a

^a *Università della Tuscia, Dipartimento DAFNE, IT.*

^b *Politecnico di Bari, Dipartimento DICATECh, IT.*

HIGHLIGHTS

- A planning practice proposal for sustainable storm water management is presented.
- The multifunctional role of green areas in a study area is discussed.
- Two scenarios (base and SUDS) have been simulated with SWMM model.
- SEA and modelling have been proposed as strategic tools for a new performance-based green infrastructure planning

ABSTRACT

Environmental protection issues are often considered as a toll to be paid and not as a proactive development engine in urban planning. The issue of green areas needs to be re-interpreted as a real infrastructure, which is able to provide tangible benefits to the health and safety of citizens. These aspects represent fundamental issues of the applied research, which should explore methods and techniques able to provide the ecological concerns with the ability to operate efficiently. This paper aims to provide an answer to these questions focusing the attention on the greenery in the city and on one of its most important ecosystem services, which is mitigation of flooding events. The experimentation was carried out in an urban area, verifying, in quantitative terms, the role of the green, engineered with some SUDS, to mitigate the hydrological alteration that the urban development involves. Finally, two proposals have been presented to move from traditional planning based on normative standards to a more flexible, site-specific performance-based planning.

ARTICLE HISTORY

Received: July 01, 2017
Reviewed: September 15, 2017
Accepted: September 21, 2017
On line: December 15, 2017

KEYWORDS

Water regulation
ecosystem services
Resilience
Green Infrastructure
Performance-based planning
SWMM model

1. INTRODUCTION

This paper offers some considerations and consequent proposals for environmental sustainability in urban plans, given the evident gap between the evolution in city planning practice and the evolution, much more refined, in the theoretical analysis. The reasons are many, maybe the main of them lies in the plan object, which always is a complex system (the city, the landscape), while the practice necessarily tends to simplify. Added to this, Environmental Sciences are still facing an adolescent phase, so that satisfying paths to sustainable planning and management are not yet fully mature. Therefore, environmental protection issues are often considered as a toll to be paid and not as a proactive development engine. As an example, at landscape scale, natural systems surely need to be protected, but it's now clear that a passive protection, with a simple "fence" is no longer sufficient while the biotic world, through the logic of ecosystem services, plays a dynamic role for a virtuous growth of the whole socio-ecological system.

In the same way, at urban scale, the issue of green areas needs to be no longer interpreted as a numerical requirement to be fulfilled (e.g. the famous old Italian green planning standard of 9 m²/ab) and the consequent cartographic theme, but it needs to be considered as a real infrastructure, which is able to provide tangible benefits to the health and safety of citizens, such as the mitigation of floods and extreme summer temperatures, therefore tangible benefits that can also be quantified in terms of money, a useful tool to raise the awareness of decision makers.

These aspects represent fundamental issues of the applied research, which should explore methods and techniques able to provide the ecological concerns with that ability to operate which still needs to grow (Leone, 2014). The real applications often move between mere declarations of intent, green maquillage or theses based on a ponderous and erudite theoretical apparatus, which rarely results in the correct planning and management of complex systems. As a consequence, this issue is left to the traditional approach, "simple" and reductionist, from which a series of misunderstandings on main stream themes derives. For example, the so called sustainable building, biased towards new constructions (today even in a fewer number), with amazing energy performances and punctually surrounded by green.

A problem of coherence immediately arises, because urban planning deals with complexity, while the practice requires simplification, so then the risk is to reach the oxymoron and the vicious circle, to be overcome with the competence and the humility typical of science. So, in terms of sustainability, the contemporary challenge is the practice, knowledge synthesis, which is soft and slippery selection choices, that must be based on ability and intelligence, to simplify without trivializing. It is essential to face this risk, knowing that the map is not the territory, but that is still a useful representation, provided you do not hope to be able to go beyond the representation of information specifically useful and limited. This paper aims to provide an answer to these questions, looking for the right balance and focusing, the attention, in particular, on the greenery in the city and on one of its most important effects on the urban environment, which is the higher permeability of the soil, associated with the lower frequency of flooding and, therefore, risk mitigation. There are two basic approaches to the problem: the traditional one, typical of the engineering and plant design, where land use is given as an independent variable, on which the interventions are carried out in retrospect with the urban drainage network; the other one of prevention, in the planning phase, or strategic environmental assessment (SEA), in which we focus on land use to prevent the flooding events.

2. STATE OF ART

For obvious reasons, urban development increases the soil imperviousness and, therefore, determines an alteration in the hydrological cycle, with an increase in surface runoff volumes and peaks. This phenomenon is doomed to grow, for several synergic reasons: the constant increase of urbanized surfaces (urban sprawl); the continuous urban drift; the ongoing climatic changes, which exacerbate precipitation events extreme and concentrated in space and time, to which the urban environment is particularly sensitive, also for hydrological reasons, given the small concentration times typical of urban systems. The resulting set of problems are inducing the planner to put between the top of his agenda this environmental process which is also synergic with other ones related to the presence of green spaces in the city, such as the urban heat island, climate-altering gases, the maintenance/increase of biodiversity (Pelorosso et al., 2016). The considerations made above lead to the need to reverse the traditional approach, which faces a question *ex post*, neglecting the causes and resorting to plant-design interventions with a huge increase in the costs. A concrete approach to sustainability and prevention/mitigation of impacts, should therefore look at the change in land use and, in particular, the urbanization associated with the removal of agricultural or natural soil, which alters various factors of the natural structure, in a negative synergy in terms of environmental impacts. Among these, the alteration of the hydrological cycle, with increased volumes and peaks of surface runoff (Ahiablame et al., 2012; Barbosa et al., 2012; Fox et al., 2009; Leone, 2011). Flooding events, in vulnerable urban areas, lead to considerable damage to public goods and property, and also risks for people, with the inevitable economic and social costs (Petit-Boix et al. 2015). Moreover, the pollution load carried by runoff waters should be taken into account since it can impact the health of people and ecosystems (e.g. contamination sites, food and water bodies). The degradation of aquatic ecosystems needs particular attention, due to the release (from nonpoint sources) of pollutants present in the territory, both urban (organic residues and emissions of motor vehicles, etc.) and rural territories, (nutrients and pesticides used in agriculture); pollutants that can be transported to the water bodies through the runoff (Villareal et al., 2004; Fioretti et al., 2010; Galligan et al., 2010; Barbosa et al., 2012). The WFD 2000/60/EC (European Union Water Framework Directive, 2000) has transposed these issues, requiring Member States to prepare measures to prevent the deterioration of water bodies, improve their state and, finally, ensure a sustainable use of the water resources. Fundamental starting point is the integrated use of simulation models, environmental monitoring and study of actions and techniques aimed at reducing the surface runoff and the consequent pollutant loads (from nonpoint sources) to the water bodies, both in rural (e.g. Turpin et al., 2005; Ripa et al., 2006; Leone et al., 2008) and urban areas (e.g. Mitchell, 2005; Ellis and Revitt, 2008; Sholz and KazemiYadzi, 2009).

At urban scale, there is a considerable ferment in the scientific world in relation to the management of rainwater and, in this context, on the theme of the city-sponge or the so-called water-sensitive cities, able to absorb the runoff thanks to the support of its "engineered" green infrastructure with respect to the specific problem. Particularly active in this field is the Chinese and Australian Technical and scientific world, including the planning sector, with important experiments about these techniques in many major cities (Wong and Brown 2009; Chung-Ming et al., 2015).

In response to these needs, a series of techniques for the design of green areas have been developed, with the aim to control the surface flow of urban meteoric waters. They have taken various definitions according to the objective and the countries in which they have been developed and adopted; in this work we will refer to the acronym SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems, see for example the manual CIRIA, 2015).

In addition to being cheap, these interventions are advantageous for their great multifunctionality, because they have, at the same time, various other properties: thermoregulation, through the evapotranspiration and absorption of the incident solar radiation; Habitat for animal and plant species;

aesthetic factors, because they are factors of qualification and urban identity; development of the interactions between citizens and, therefore, of the share capital (Dahlenburg and Birtles, 2012). Examples of urban SUDS can be found in several publications and manuals (example: Akbari, 2009; CIRIA, 2015).

Moreover, these techniques present another advantage, which is valuable in the management of complex systems: the redundancy compared to the solution, because they are not alternatives, but they assist the traditional hydraulic drainage, so they become factors of increasing complexity, which is "nourished" by the city. They therefore have all the cards in order to generate antifragility, sensu Bleicic and Cecchini (2016).

In Italy the sustainable management of urban meteoric waters and its integration into spatial and urban planning is still at the dawn, limiting itself to isolated cases of municipal plans or guidelines. Perhaps the most organic case is that of the municipality of Bozen (see the relative website) that has developed a specific algorithm: the index of building impact reduction (RIE), in order to regulate the construction activity to the new energy savings needs and less impact on the urban hydrological system (Pelorosso et al. 2013). This is true for the new edification; for the compact city the approach certainly is more difficult due to space issues, but the results of some experiences are encouraging (Pelorosso et al., 2016). Given this context, this work supports the thesis of planning green areas taking into account their added value, that derives from the ecosystem services they are able to provide. This choice appears strategic to try to fill the eternal scarcity of green areas of most Italian cities, because it allows to prove its value, even economic.

The experimentation was carried out in an urban area, verifying, in quantitative terms, the role of the green, engineered with some SUDS, to mitigate the hydrological alteration that the urban development involves. The project of the green areas, in this way, is based on a precise territorial process, which then brings, as added value, to the identity, quality and enjoyment of the environment, to the improvement of the microclimate, to the construction of the local ecological network, to the well-being and the socialization opportunity.

3. STUDY AREA

The case study taken into consideration is an urban area of about 10 ha in the municipality of Sannicandro di Bari (Fig. 1), where residential areas are planned to cover about 4 ha, public car parks will be realized on about 1800 m², green areas will be designed for about 5500 m² together with the realization of a cycle lane connecting these green areas and an area for common or religious interest goods (Fig. 2). This scenario was then analysed according to the generation of surface water runoff that it generates, in the pre and post conditions. This is one of the most important territorial processes, because, inevitably, urbanization induces soil imperviousness, and, in common practice, the drainage network is used to manage water, taking away as fast as possible the water from the urban area. This is a rigid infrastructure, which does not increase the antifragility, because it is subject to obsolescence and is overcome by the growth of the city or by climate change; it is also necessary to consider the costs, already high during the realization and often prohibitive in the case of reconstruction. More interventions are needed, therefore, and they should be obviously not substitutive, but additional and supplementary. There's the need to overturn the "traditional" logic based on hydrological evaluations and sewer design made only after the design of land use changes. It is necessary to integrate such things, through the evaluation of the soil use and the hydrological process (runoff volumes and peak flow) considered as an indicator of the consequences on the waters of the urban transformation. In concrete terms, a real and accurate Strategic Environmental Assessment (SEA) is needed, that is, the process of

environmental assessment contextual to the plan, which assists the choices. Then, the most appropriate mitigation and compensation strategies have been identified to face the imperviousness resulting from the sector plan, identifying the SUDS most opportune to the specificities of the project. The evaluation of the effectiveness of the mitigation measures was carried out through the US-EPA Storm Water management model (SWMM, Release 5.1.008), which allows to simulate the urban landscape, i.e. the complex dynamic system formed by buildings, infrastructure (drainage channels and piping) and land use (permeable and waterproof surfaces, green infrastructure and SUDS). SWMM was developed already in 1971 and has had several important updates, with numerous applications in urban contexts and simulations of best practices, which make it the most tested model internationally (Zhou, 2014). The managerial models belong to that particular category of the numerical simulation technologies in which the physical system is rebuilt focusing it on the use of the land, therefore they are the most suitable models to support the decisions, to increase the degree of objectivity in the design choices.



Figure 1: Study area.





Figure 3a:
Subdivision of the study area in two sub-basins.

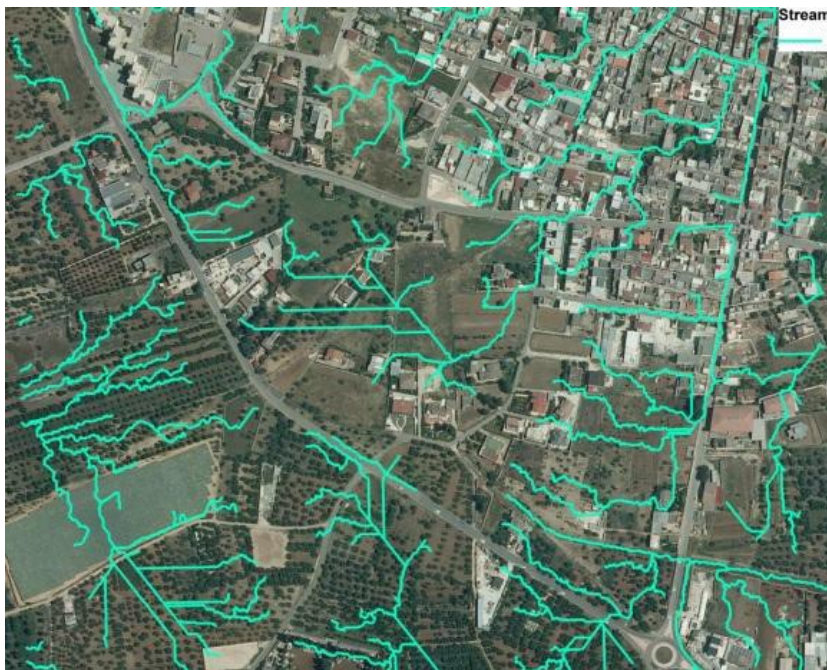


Figure 3b:
Flow lines for surface runoff derived from LIDAR Dataset elaborations.

In particular, SWMM allows to assess the impacts, in hydrological terms, of the urban intervention and, at the same time, to identify areas and typologies useful to mitigate the impacts.

The application of SWMM has been carried out on the two main sub-basins in which the study area can be divided (Fig. 3a), while all the parameters required by the model (area, morphological and hydrological parameters, etc.) have been calculated in the GIS environment.

The data acquisition steps can be summarized as:

1. Morphology: derived from the Regional technical map (scale 1:5000) and the LiDAR dataset in 3d (step 1 m).
2. Definition of the critical precipitation event, with the return time of 5 years, significant precipitation to simulate because, according to regulations, it provides the basis of the urban drainage design.
3. Soil characteristics, based on the data available in the literature in order to satisfy the physical model of water infiltration provided by SWMM.
4. Land use map, obtained by digitizing the high-resolution aerial orthophotos (30 cm) available online (year 2012, Fig. 3).

Through SWMM simulations, the effect of the chosen precipitation event has been simulated, as shown in in diagrams of Fig. 4: few minutes after the beginning of the rain the runoff starts (expressed as flow, in L/s), represented by a continuous curve in time that reaches a Maximum and then returns to zero, with a certain delay compared to the end of the event. From the diagram, hydrological indicators can be derived with the aim to evaluate the two scenarios of land use, before and after urbanization: the runoff volume (area below the diagram) and the maximum peak flow. Table 1 shows a summary of the obtained results.

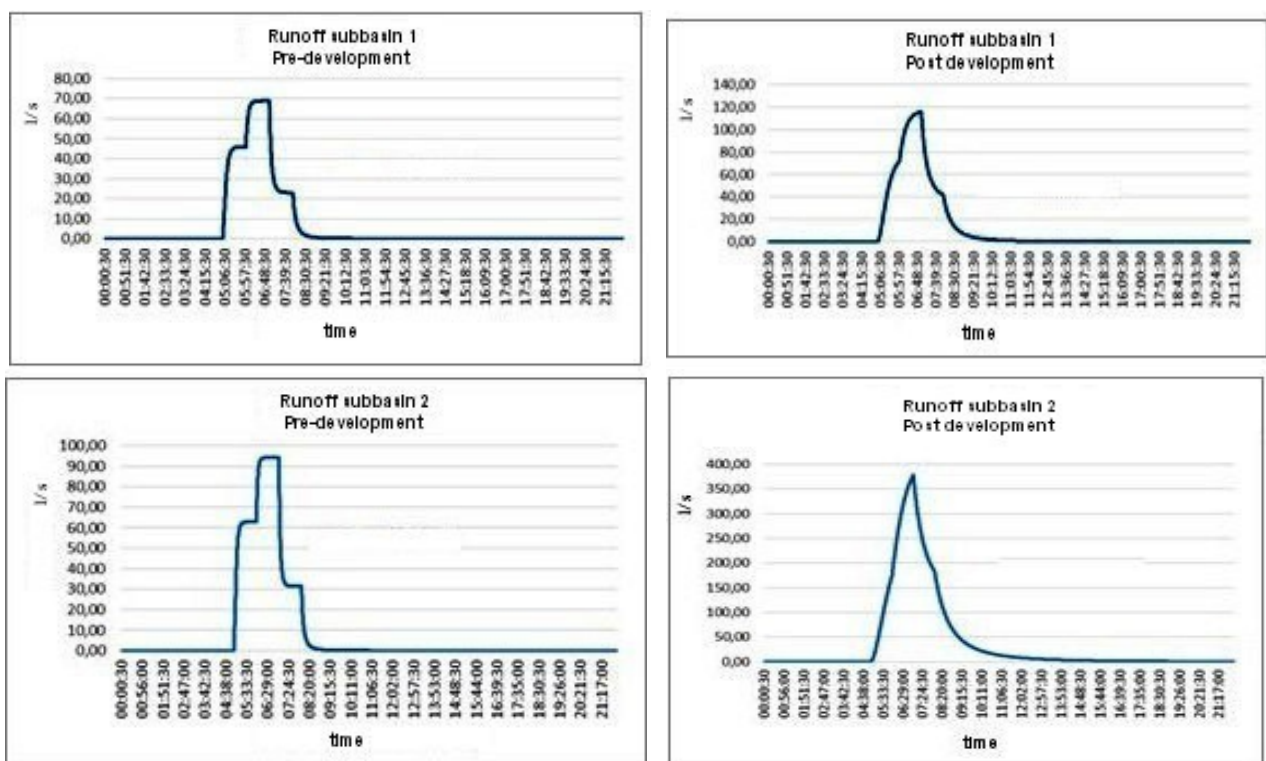


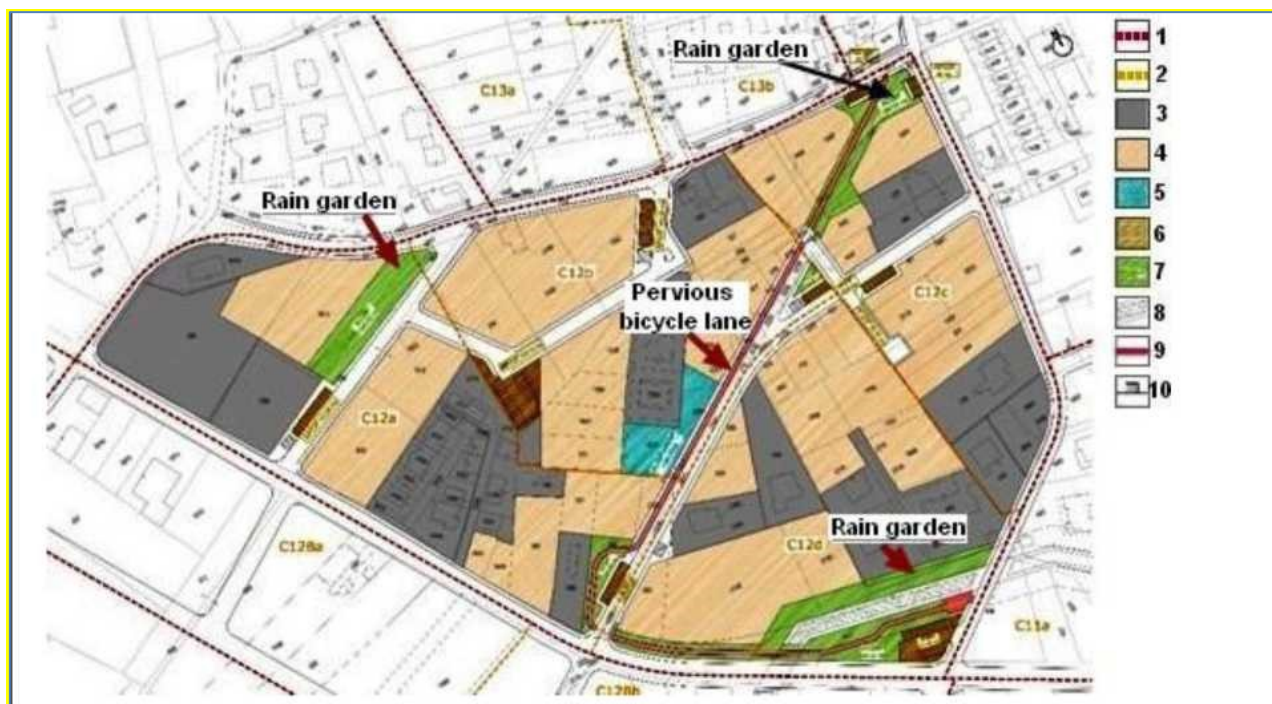
Figure 4: Surface runoff trends in the two sub-basins simulated with SWMM for the two scenarios of land use.

Table 1: Main results obtained from the SWMM simulations.

Sub-basin	Runoff Volume (m ³ /Ha)		Variation in runoff volume pre-post (m ³ /Ha)	Peak flow (l/s)		Runoff coefficient		
	Pre	Post		Pre	Post	Pre	Post	Δ pre-post
1	185	314	129	68,9	115,6	0,42	0,71	+ 69,0 %
2	92	406	314	94,2	378,3	0,21	0,92	+ 338,1 %

By postponing the detailed comments to the discussion, it is immediately clear the impact of urbanization on all hydrological parameters. At this point the traditional intervention consists in making an adequate rain drainage system. The experiment consisted in testing the "green" alternative, i.e. an integrated system of SUDS superimposed on the green already foreseen for the considered urban area, according to the Standards of Law (Ministerial Decree 1444/1968).

For obvious reasons, unlike the legislation, the ecosystem service is not a static concept and addressed only to the quantity (the area imposed by the standard) but to the quality of the function, in the specific case to reduce the surface water, in favour of those amounts of water that infiltrate the soil, through a correct and efficient use and management of the land. In other words, the same green surfaces do not deviate from the compositional and "traditional" landscape design but, with the methodological proposal of this study, an added value is attributed to them, with a further hydrological function, which can be achieved with small and inexpensive measures related to SUDS, not requiring complex structures (CIRIA, 2015).

**Figure 5:** SUDS scenario aimed to meet the hydraulic invariance condition.

The SUDS considered in this experience are reported in Fig. 5. Their effect was simulated with the

SWMM model without considering the presence of the drainage network, with the aim to fully focus the role of the green. The fixed reference point is the so-called hydraulic invariance, i.e. the "restoration" of hydrological conditions prior to urbanization, summarized in Fig. 6.

The results obtained from the carried-out simulations highlight that, for the sub-basin 1, the target can be reached with only one rain garden of about 400 m² within the green area designed in the urban compartment and with the use of permeable materials for the realization of a parking lot of approximately 140 m². As regards sub-basin 2, where the hydrological load is heavier, the hydraulic invariance is assured by the presence of 1500 m² of rain garden and an area (e.g. the cycle path) with permeable pavement for about 1000 m². The location of these interventions is to be chosen appropriately, on the basis of the preferential flow lines that LIDAR technology allows to evaluate with excellent precision, in a GIS environment (Fig. 3b).

4. DISCUSSIONS

The results demonstrate two incontrovertible factual evidences, perhaps predictable, but that need to be underlined because too often neglected in practice. The importance and the real usefulness of the managerial model is, namely, to clarify to the planner and to the decision makers the multiple aspects of a complex reality, difficult to govern only mentally and with a reductionist approach.

Namely, the data in Fig. 3 and Tab. 1 show that not all territories are equal, because, even at the same precipitation event, differences in morphology and land use generate appreciably different runoffs, albeit in contiguous basins. This also influences the impact of urban development, which, as the tab. 1 (third column) reports, is considerably different between the two basins, precisely because of their intrinsic characteristics. As the last column in the table shows, the urbanization "pushes" a large amount of water per hectare to the surface, because of the considerable imperviousness induced by the change of land use, but much greater is that of the sub-basin 2.

Taking into account this aspect, the general scheme can be repeated underlining that the environmental impact is the result of the complex interaction between intrinsic vulnerability of the system (or danger if we use the terminology of the Italian hydrogeological planning plans) and load on it, induced by the land use. Sustainability does not therefore have absolute and universal values, but it always springs from the relationships between these two characteristics, for which it always has relativistic and site-specific nature.

It is important to underline the importance of this type of elaboration in the phase of strategic

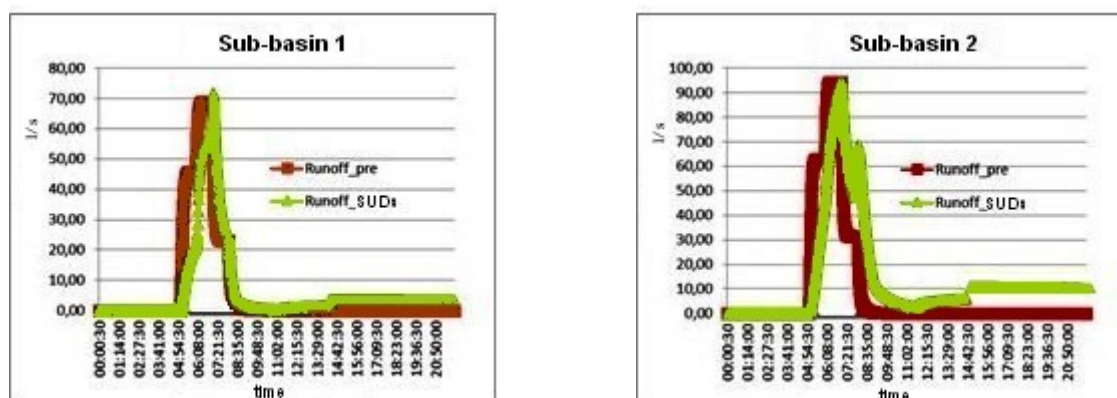


Figure 6: Hydraulic invariance for the two sub-basins simulated with SWMM.

environmental assessment of urban plans.

In general, then, the results of this study demonstrate the relevance and delicacy of the subject matter and how much can be saved, even from the financial point of view, in terms of hydraulic risk reduction. The results achieved also allow new and intriguing visions to be opened with regard to green urban planning standards. It can be agreed now passed the rigid index (9 sqm/AB or whatever it can become) because, if criticisable yesterday (Salzano, 2017), it is even more criticisable today, epoch in which the technological evolution allows the planner to make a refined process analysis, like that shown in the illustrated case.

The strategic idea is to integrate the traditional logic, of plant interventions only, in retrospect, to make the system more robust, through the instrument that supports the plan, the SEA in *primis*. In the proposed approach the green areas are "engineered", with the attribution of further functions; in other words, the flooding issues is tackled from the point of view of the land use, highlighting the contribution that permeable areas can provide to solve, in a preventive manner, the problem.

The results of the research presented here show that this is possible and, indeed, is sufficient only a part of the green to cover the hydrological necessity expressed by the regulations on urban drainage.

In other words, the 5-year return time rainfall amount is fully absorbed by the planned SUDS, by cancelling, in practice, the hydrological impact of the new urbanization, with the advantage, compared to the traditional rain sewer system, to make much more complex and multifunctional system.

This does not mean to neglect the importance of a drainage system, but it is the guide to integrating and optimizing the two things, leaving the engine function of resilience and antifragility to the green, because it is the stimulus factor of new and unexpected evolutions of land use. In this sense it assumes the role of a real infrastructure, of higher rank, because of its ability to make the system more complex and proactive, with lower costs.

Two roads are open about the green standard: keeping the current fixed green standards (i.e. as identified by the DM 1444), seeking for its engineering, with the appropriate measures and the multifunctions that these present, without anything to take away from the traditional design of green areas. The alternative can be to establish a performance-based standard directly, based on the ecosystemic services needed to mitigate and compensate for environmental impacts. This article demonstrates the technical feasibility and the practicability of both these roads. In the first case it seems strategic the role of the SEA and its environmental relationship, based on precise and rigorous environmental processes. The second hypothesis requires a more articulated methodological path, but now easily achievable thanks to the development of the territorial information systems and their interfacing with managerial models such as SWMM.

The ideal practical site appears the general plan of the vast area (the regional and/or provincial coordination plan), which should have the resources to realize the information system, based on the modelling analysis of land uses. The above plan should then make available to local administrations simple and immediate tools (e.g. meta-models derived from the information system, which can also be used online) to be used at the municipal Plan scale. This article demonstrates the relative ease with which interesting results can be reached in terms of measurable sustainability, then design. The toughest challenge is that of the consolidated city, for obvious reasons of space, but also here there are encouraging results (Pelorosso et al., 2016b; Recanatesi et al., 2017).

5. CONCLUSION

The generation of runoff (volumes and peak flow) is a fundamental process, not only hydrological, but relative to the general layout of a territory, because it is the litmus test of its metabolism. As a result, it assumes the role of a powerful and immediate indicator of the sustainability of land use. Especially today

that is fully involved in the environmental issue, the science and the technique of the Government of land use must consider this phenomenon, also because it allows the real solution to the issue of hydrogeological instability, if applied in an endogenous and preventive manner, in the phase of the plan, rather than with the expensive infrastructure, retrospectively, repairing the damage.

Therefore, the process analysis like the one illustrated in this article has to become a plan practice or, at least, to be a pillar of SEA procedures. The case presented in this study shows that there are instruments to act in this direction, with techniques now consolidated. The advantages are manifold: the system acquires complexity and robustness, the costs are contained and the traditional green design remains substantially unchanged, while its product is enriched with functions, otherwise called ecosystem services. In the case study the ability to regulate the water cycle by the urban green (water-flow regulation service) is evaluated through the indicator of the peak of runoff.

This proxy indicator for urban green ecosystem service, as demonstrated by the case study, is able to support planning and design choices through a scenario comparison. This indicator, although not related to direct economic benefits, defines numerically the complexity of water/land use relationships occurring in urban transformation proposals and, therefore, it can provide an objective criterion of judgement for the realization of interventions. The inclusion of these ecosystem service indicators derived from the modelling approach in plan practice is the next step to be taken to move from traditional planning based on normative standards to a more flexible, site-specific one, based on the performance of land use (see also Frew et al., 2016).

To achieve these goals, we suggest two alternative tactical measures: to assess the adequacy of the green standard, or (better) to set a priori a dynamic standard, deriving from environmental processes and no longer based on the rigid and "cold" today's parameter, according to the ex-ministerial decree 1444/1968. The two solutions proposed are both in the direction of improving the traditional approach. It is clear that in the practice and variety of situations, hybrid approaches can be adopted, for example by entering into the traditional planning process the evaluation of only some ecosystem services relevant to the area under consideration.

It is thus possible to guarantee the minimum supply to green according to the law requirements but increased in functionality, by means of repositioning and design aimed, for example, to the regulation of rainwater runoff, to the usability by disadvantaged population classes etc. Whatever the approach, the strategy should be based on the performance of land uses, which pursues the quantitative assessment of sustainability and the complex auto-poietic systems that can evolve in a positive way, maybe unpredictable, but certainly virtuous.

1. INTRODUZIONE

Questo articolo offre alcune riflessioni e conseguenti proposte per la sostenibilità ambientale nella prassi di piano, perché sembra evidente il gap fra l'evoluzione di quest'ultima e quella, ben più raffinata, dell'analisi teorica. Le ragioni sono tante, forse la principale sta proprio nell'oggetto del piano, che è sistema complesso (la città, il paesaggio), mentre la prassi necessariamente tende a semplificare. A questo si aggiunge la fase ancora adolescenziale delle scienze ambientali, per cui non sono ancora del tutto maturi percorsi soddisfacenti per il progetto e la gestione. Ne consegue il rischio frequente di considerare le istanze di tutela ambientale come pedaggio da pagare e non come motore proattivo di sviluppo. Ad esempio, a scala di paesaggio, i sistemi naturali vanno certamente tutelati, ma ormai è chiaro che non è più sufficiente la tutela passiva, la semplice "recinzione", occorre che il mondo biotico, attraverso la logica dei servizi ecosistemici, assuma un ruolo dinamico per una crescita virtuosa. Speculare, a scala urbana, è la questione del verde, da interpretarsi non più come obbligo numerico (i famosi 9 mq/ab) e conseguente tematismo cartografico, ma come vera e propria infrastruttura, che apporta benefici tangibili, quali la mitigazione degli allagamenti e delle temperature estive, quindi della salute e sicurezza dei cittadini, anche monetizzabili, cosa certamente utile per muovere le sensibilità del decisore.

Questi sono temi fondamentali della ricerca applicata, che deve esplorare metodi e tecniche che sappiano dare alle istanze ecologiche quella capacità dell'operare che ha ancora bisogno di crescere (Leone, 2014). La realtà delle applicazioni oscilla spesso fra semplici dichiarazioni d'intenti, maquillage verde o tesi basate su un ponderoso e dotto apparato teorico, che raramente sfocia nel giusto saper pianificare e gestire sistemi complessi. Ne consegue che questo tema è lasciato all'approccio tradizionale, "semplice" e riduzionista, da cui discende una serie di fraintendimenti su temi main stream. Si pensi alla cosiddetta edilizia sostenibile, sbilanciata sulle nuove costruzioni (poche), dalle mirabolanti prestazioni energetiche e puntualmente "immerse nel verde".

In tema di sostenibilità, quindi, la sfida contemporanea principale è la prassi, quindi il saper fare sintesi, ovvero scelte delicate e selezione scivolosa, basata su capacità e intelligenza per semplificare senza banalizzare. Nasce immediatamente un problema di coerenza, perché pianificazione ed urbanistica trattano la complessità, mentre l'operatività richiede semplificazione, si rischia l'ossimoro ed il circolo vizioso, da superare con la competenza e l'umiltà tipici della scienza. È indispensabile affrontare il rischio, con la consapevolezza che la mappa non è il territorio, ma che comunque è una sua utile rappresentazione, a patto di non illudersi di poter andare al di là dell'utile da rappresentare.

Il presente articolo cerca di dare una risposta alle problematiche sin qui sollevate, alla ricerca del giusto equilibrio e concentrando, nello specifico, l'attenzione sul verde della città ed uno dei suoi più importanti effetti sull'ambiente urbano, ovvero la maggiore permeabilità del suolo, cui consegue la minore frequenza di allagamenti e, quindi, attenuazione del rischio idraulico. Due sono gli approcci essenziali al problema: quello tradizionale, ingegneristico-impiantistico, in cui l'uso del suolo è dato come variabile indipendente, su cui si interviene a posteriori con la rete di drenaggio urbano; quello della prevenzione, in fase di piano, di rigenerazione urbana o di Valutazione Ambientale Strategica (VAS), in cui ci si concentra sull'uso del suolo per prevenire i problemi idraulici.

2. LO STATO DELL'ARTE

Per ovvi motivi, lo sviluppo urbano aumenta sensibilmente l'impermeabilizzazione del territorio e, quindi, determina un'alterazione del metabolismo idrologico, con un incremento dei volumi e dei picchi dei deflussi superficiali delle acque meteoriche. Il fenomeno è destinato a progredire, sia per il contributo che vi deriva dalla costante crescita delle superfici urbanizzate (urban sprawl), dato il

costante inurbamento della popolazione, sia per i cambiamenti climatici in atto, che accentuano i fenomeni pluviometrici estremi e concentrati nello spazio e nel tempo, per i quali l'ambiente urbano è molto sensibile, per ragioni idrologiche (tempi di corrivazione brevi).

Le conseguenti problematiche spingono il pianificatore a mettere tra i primi posti della sua agenda questo processo ambientale, per altro sinergico ad altri legati alla presenza del verde in città, quali l'isola urbana di calore, l'emissione di gas clima-alteranti, il mantenimento/incremento della biodiversità (Pelorosso et al., 2016). Tutto ciò porta alla necessità di ribaltare la logica tradizionale, che affronta il problema ex post, per cui ne trascura le cause e lo affronta attraverso interventi impiantistici, che, tra l'altro, fanno lievitare i costi. Questo è il concreto approccio alla sostenibilità e alla prevenzione/mitigazione degli impatti, perché il cambiamento dell'uso del suolo ed, in particolare, l'urbanizzazione associata alla rimozione del suolo agrario o naturale, altera vari fattori dell'assetto naturale, in una sinergia tutta negativa in termini di impatti ambientali. Tra questi, l'alterazione del ciclo idrologico, con incremento dei volumi e dei picchi di deflusso superficiale delle acque (Ahiablame et al., 2012; Barbosa et al., 2012; Pelorosso et al., 2009; Leone, 2011). Questi volumi di acqua in eccesso, soprattutto in caso di precipitazioni intense, possono determinare in zone vulnerabili il danneggiamento di proprietà e beni pubblici urbani con rilevanti costi economici e sociali (Petit-Boix et al. 2015). Il carico inquinante trasportato dalle acque può poi impattare la salute delle persone e degli ecosistemi (e.g. contaminazione siti, cibo ed acque). Di particolare attenzione è il degrado degli ecosistemi acquatici, per il rilascio (in forma diffusa) di inquinanti presenti sul territorio, sia urbano (residui organici e delle emissioni di autoveicoli ecc.) che rurali (nutrienti e pesticidi usati in agricoltura) che possono essere trasportati ai corpi idrici attraverso il deflusso (Villareal et al., 2004; Fioretti et al., 2010; Gerundo et al., 2010; Barbosa et al., 2012).

La direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE (European Union Water Framework Directive, 2000) ha recepito queste esigenze, richiedendo agli stati membri di approntare misure per prevenire il deterioramento quali-quantitativo dei corpi idrici, migliorarne lo stato e, infine, assicurare un utilizzo sostenibile della risorsa idrica.

Fondamentale punto di partenza è l'uso integrato di modelli di simulazione, monitoraggi ambientali e studio di azioni e tecniche finalizzate alla riduzione del deflusso superficiale e del conseguente apporto di inquinanti (in forma diffusa sul territorio) ai corpi idrici, sia in ambiti rurali (e.g. Turpin et al., 2005; Ripa et al., 2006; Leone et al., 2008) sia urbani (e.g. Mitchell, 2005; Ellis and Revitt, 2008; Sholz and KazemiYadzi, 2009).

A scala urbana, esiste un apprezzabile fermento nel mondo scientifico nella gestione delle acque meteoriche sul tema della città-spugna (Chung-Ming et al., 2015) o delle cosiddette water-sensitive cities (Wong and Brown 2009), in grado cioè di assorbire i deflussi grazie al supporto delle infrastrutture di verde "ingegnerizzato" in tal senso. Particolarmente attivo in questo ambito è il mondo tecnico e scientifico cinese ed australiano, pianificazione compresa, con importanti sperimentazioni di queste tecniche in molte grandi città.

In risposta a queste esigenze si sono sviluppate una serie di tecniche per il progetto di verde capace anche di controllo dello scorrimento superficiale delle acque meteoriche urbane. Esse hanno assunto varie definizioni in funzione dell'obiettivo e dei paesi in cui sono state sviluppate ed adottate; in questo lavoro si farà riferimento all'acronimo SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems, vedi ad esempio il manuale CIRIA, 2015). Oltre che economici, questi interventi sono vantaggiosi per la loro grande multifunzionalità, perché hanno, contemporaneamente, varie ed altre proprietà: di termoregolazione, attraverso l'evapotraspirazione e l'assorbimento della radiazione solare incidente; ecologica, come habitat per specie animali e vegetali; estetica, perché fattori di qualificazione ed identità urbana; di sviluppo del capitale sociale e delle interazioni fra cittadini e, quindi, di sviluppo del capitale sociale (Dahlenburg and Birtles, 2012). Esempi di SUDS urbane possono essere ritrovati in diverse pubblicazioni e manuali (esempio: Akbari, 2009; La Loggia, 2010; CIRIA, 2015). Inoltre, queste tecniche

presentano un altro vantaggio, che è prezioso in tema di gestione di sistemi complessi: la ridondanza rispetto alla soluzione, perché esse non sono alternative, ma coadiuvanti il drenaggio tradizionale idraulico, per cui diventano fattori di incremento della complessità, cosa di cui si “nutre” la città. Esse hanno quindi tutte le carte in regola per generare antifragilità, *sensu* Blečić e Cecchini (2016).

In Italia la gestione sostenibile delle acque meteoriche urbane e la sua integrazione nella pianificazione territoriale e nella progettazione urbana è ancora agli albori, limitandosi a casi isolati di piani comunali o regolamenti. Il caso forse più organico è quello del Comune di Bolzano (Pelorosso et al., 2013) che ha messo a punto uno specifico algoritmo: l'indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio (RIE), allo scopo di regolamentare l'attività edilizia alle nuove esigenze di risparmio energetico e minor impatto sul sistema idrologico urbano. Questo vale per la nuova edificazione, per la città compatta, l'approccio certamente è più difficile per questioni di spazio, ma i risultati di alcune esperienze sono incoraggianti (Pelorosso et al., 2016).

Dato questo contesto, il presente lavoro sostiene la tesi di pianificare il verde attribuendogli valore aggiunto, quello che deriva dai servizi ecosistemici. Questa scelta appare strategica per cercare di colmare l'eterno gap di dotazione verde della maggior parte delle città italiane, perché consente di dimostrare il suo valore, anche economico. La sperimentazione è stata effettuata in un comparto urbanistico, verificando, in termini quantitativi, il ruolo del verde di quest'area, ingegnerizzato con alcune SUDS, per mitigare l'alterazione idrologica che lo sviluppo urbanistico comporta.

Il progetto delle aree verdi, in tal modo, si basa su un preciso processo territoriale, che poi porta, come valore aggiunto, alla qualità identitaria e fruitiva dell'ambiente, al miglioramento del microclima, alla costruzione della rete ecologica locale, al benessere ed all'occasione di socializzazione.

3. AREA DI STUDIO

L'area di studio presa in considerazione è un comparto urbanistico di circa 10 ha nel comune di Sannicandro di Bari (fig. 1), dove sono previste aree residenziali per circa 4 ha, parcheggi pubblici per circa 1800 mq, aree a verde per circa 5500 mq, la realizzazione di una pista ciclabile che connette queste ultime ed un'area adibita ad attrezzature di interesse comune o religiose (Fig. 2). Si è quindi analizzato questo assetto in base ai deflussi delle acque di pioggia che esso genera, pre e post progetto urbano. Questo è uno dei più importanti processi territoriali, perché, inevitabilmente, l'urbanizzazione impermeabilizza il territorio e, nella prassi comune, si rimedia con la rete di drenaggio. Si tratta di un'infrastruttura rigida, che non incrementa l'antifragilità, perché soggetta ad obsolescenza e ad essere superata dal crescere della città o dal cambiamento climatico; si devono poi considerare i costi, già elevati in fase di realizzazione e proibitivi in caso di rifacimento.

Serve altro, quindi, ovviamente non sostitutivo, ma aggiuntivo ed integrativo. Serve ribaltare la logica rispetto a quella “tradizionale” idrologica, del progettare la fognatura pluviale a valle del progetto di suolo. Occorre integrare le cose, attraverso la valutazione dell'uso del suolo ed il processo idrologico (volumi di deflusso e picco di portata) considerato come indicatore delle conseguenze sulle acque della trasformazione urbanistica. In termini concreti, serve una vera VAS, ovvero quel processo di analisi ambientale contestuale al piano, che coadiuva le scelte. Si è quindi proceduto all'identificazione delle più opportune strategie di mitigazione e compensazione dell'impermeabilità conseguente al piano di comparto, individuando le SUDS più calzanti le specificità del progetto. La valutazione dell'efficacia delle misure di mitigazione è stata effettuata attraverso il modello manageriale US-EPA Storm Water Management Model (SWMM, release 5.1.008) che consente di simulare l'assetto del paesaggio urbano, vale a dire il complesso sistema dinamico formato da edifici, infrastrutture (canali e tubazioni del drenaggio) e uso del territorio (superfici permeabili e impermeabili, infrastruttura verde e SUDS). SWMM è stato sviluppato già nel 1971 ed ha avuto diversi aggiornamenti importanti, con

numerossime applicazioni in contesti urbanistici e simulazioni di Best Practices, che ne fanno il modello più collaudato internazionalmente (Zhou, 2014).

I modelli manageriali appartengono a quella particolare categoria delle tecnologie di simulazione numerica, con cui si ricostruisce il sistema fisico focalizzandolo sull'uso del suolo, quindi sono i più adatti come ausilio alle decisioni, per incrementare il grado di oggettività delle scelte progettuali. Nello specifico del presente lavoro, SWMM permette di valutare gli impatti, in termini idrologici, del progetto urbano e, al contempo, di identificare aree e tipologie utili alla mitigazione degli impatti.

L'applicazione di SWMM è stata effettuata sui due principali sottobacini in cui è diviso il comparto urbanistico (fig. 3a), di cui sono stati poi calcolati, in ambiente GIS, tutti i parametri richiesti dal modello (area, parametri morfologici ed idrologici ecc.).

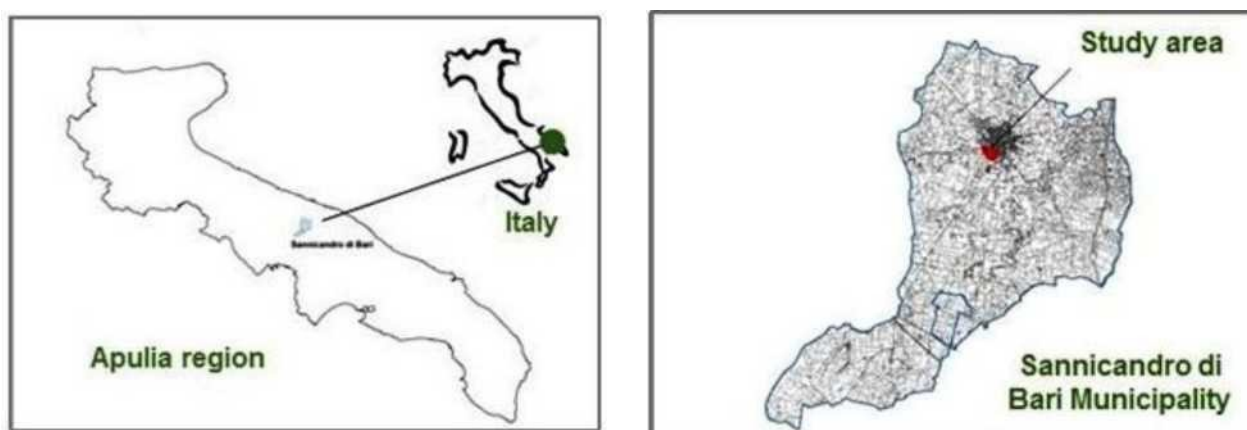


Figura 1: Inquadramento territoriale.



**Figura 3a:**

Suddivisione dell'area di studio in due sottobacini.

**Figure 3b:**

linee di deflusso superficiale derivate da dato LIDAR.

Figura 3b: linee di deflusso superficiale derivate da dato LIDAR.

I passaggi di acquisizione dei dati sono:

- 1) Morfologia: derivata dalla Carta Tecnica Regionale (scala 1:5000) e dal rilievo LIDAR in 3D (passo 1 m).
- 2) Definizione della pioggia critica, scelta con tempo di ritorno di 5 anni, precipitazione significativa da simulare perché, secondo normativa, alla base della progettazione del drenaggio urbano.
- 3) Caratteristiche dei suoli, in base ai dati disponibili in letteratura, in modo da poter soddisfare il modello fisico di infiltrazione dell'acqua previsto da SWMM.
- 4) Carta dell'uso del suolo, redatta digitalizzando le foto aeree ad alta risoluzione (30 cm) disponibili online (anno 2012, Fig. 2).

Attraverso SWMM si è simulato l'effetto della pioggia di progetto, ricostruito nei diagrammi di fig. 4: alcuni minuti dopo l'inizio della pioggia si manifesta il deflusso (espresso come portata, in l/s), rappresentato da una curva continua nel tempo che raggiunge un massimo e quindi torna a zero, con un certo ritardo rispetto al termine dell'evento. Dal diagramma si ricavano gli indicatori idrologici utili per la valutazione che si vuole fare per i due scenari di uso del suolo, prima e dopo l'urbanizzazione: il volume di deflusso (area sotto il diagramma) ed il picco massimo di portata.

Si riporta in Tabella 1 una sintesi di questi risultati.

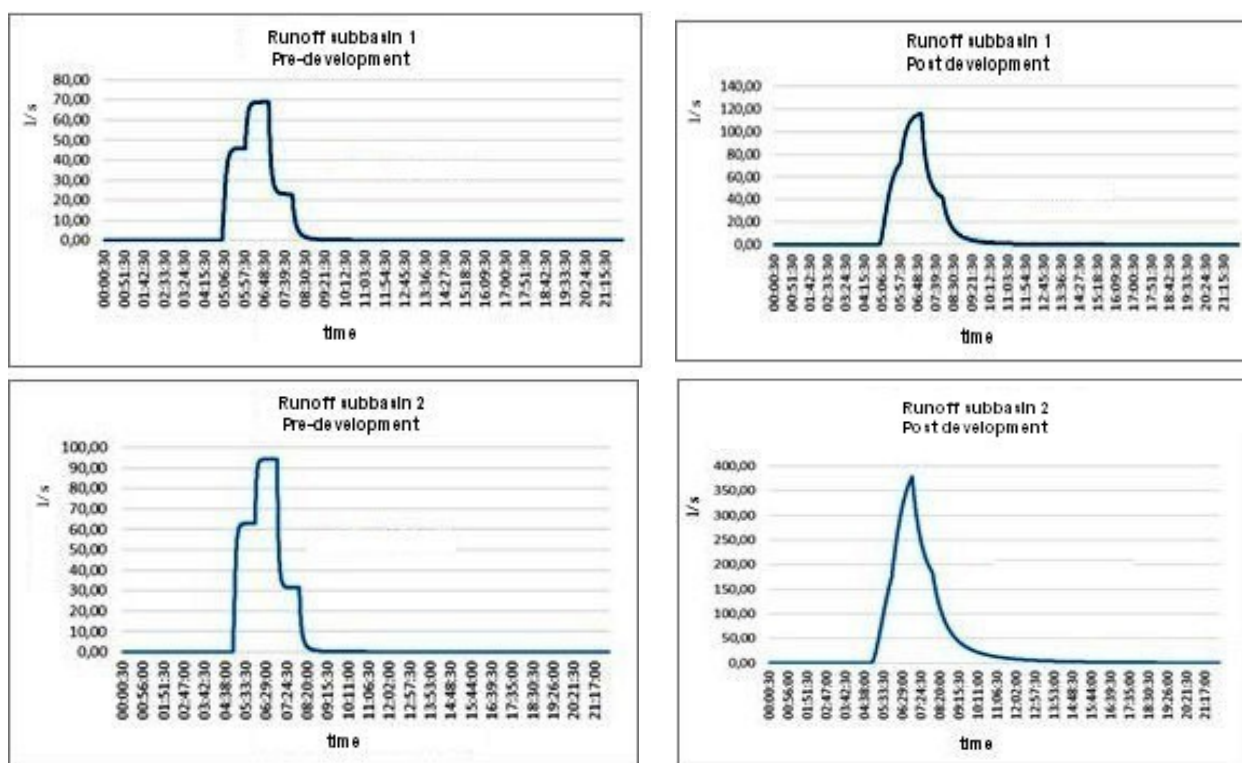


Figura 4: Andamento dei deflussi nei sottobacini simulati con SWMM per i due scenari di uso del suolo.

Tabella 1: Risultati più significativi delle simulazioni con SWMM.

Sotto-bacino	Volume deflusso (m ³ /Ha)		Variazione volume di deflusso pre-post (m ³ /Ha)	Picco di deflusso (l/s)		Coefficiente di deflusso		
	Pre progetto	Post		Pre progetto	Post	Pre progetto	Post	Δ pre-post
1	185	314	129	68,9	115,6	0,42	0,71	+ 69,0 %
2	92	406	314	94,2	378,3	0,21	0,92	+ 338,1 %

Rimandando i commenti dettagliati alla discussione, è immediatamente chiaro l'impatto dell'urbanizzazione su tutti i parametri idrologici. A questo punto l'intervento tradizionale consiste nel realizzare un'adeguata rete fognaria pluviale. L'esperimento è consistito nel testare l'alternativa "verde", ovvero un sistema integrato di SUDS sovrapposto al verde già previsto per il comparto in esame, secondo gli standard di legge (D.M. 1444/1968). Per ovvi motivi, a differenza della normativa, il servizio ecosistemico non è statico e indirizzato alla sola quantità (l'area prevista dallo standard) bensì alla qualità della funzione, nel caso specifico ridurre le acque in superficie, a favore di quelle che si infiltrano nel suolo, attraverso il suo uso e gestione. In altri termini, le stesse superfici verdi non si discostano dalla progettazione paesaggistica e compositiva "tradizionale", ma, con la proposta metodologica di questo studio, gli si attribuisce un'ulteriore dotazione funzionale, per altro con piccoli accorgimenti, anche in termini di costi perché le SUDS non richiedono accorgimenti particolari (CIRIA, 2015).



Figura 5: Ipotesi di realizzazione di BMP al fine di raggiungere l'invarianza idraulica sull'area di studio.

Le SUDS previste in questa esperienza sono riportate in Fig. 5. Il loro effetto è stato simulato con il modello SWMM senza considerare la presenza di rete di drenaggio, proprio per focalizzarne appieno il ruolo. Il punto di riferimento fissato è la cosiddetta invarianza idraulica, ovvero il "ripristino" delle condizioni idrologiche precedenti l'urbanizzazione, schematizzate nella Fig. 6.

Dalle simulazioni effettuate è emerso che, per il sottobacino 1, l'obiettivo è raggiungibile con un solo *rain garden* di circa 400 m² nell'ambito dell'area verde progettata nel piano di comparto e con l'utilizzo di materiali permeabili per la realizzazione del parcheggio pubblico, pari a circa 140 m². Per quanto riguarda il sottobacino 2, in cui il carico idrologico è più gravoso, l'invarianza idraulica è assicurata dalla presenza di 1500 m² di *rain garden* ed un'area (ad esempio la pista ciclabile) con materiali permeabili per circa 1000 m². L'ubicazione di questi interventi è da scegliersi opportunamente, ovvero sulle linee preferenziali di deflusso (Fig. 3b) che la tecnologia LIDAR consente di valutare con ottima precisione, in ambiente GIS.

4. DISCUSSIONE

I risultati dimostrano due evidenze fattuali incontrovertibili, forse scontate, ma che è giusto sottolineare perché troppo spesso trascurate nella prassi. Questa, per altro, è l'utilità del modello manageriale: chiarire al pianificatore i molteplici aspetti di una realtà complessa, difficile da governare solo mentalmente e con approccio riduzionista.

Infatti, i dati in Fig. 3 e Tab. 1 dimostrano che non tutti i territori sono uguali, perché, anche a parità di evento meteorico, le differenze di morfologia e, soprattutto, di uso del suolo generano deflussi sensibilmente diversi, seppur in bacini contigui. Questo influenza anche l'impatto dello sviluppo urbano, che, si osserva dalla Tab. 1 (terza colonna) è sensibilmente diverso fra i due bacini, per loro caratteristiche intrinseche. Come dimostra l'ultima colonna in tabella, l'urbanizzazione "spinge" in superficie una quantità di acqua per ettaro decisamente elevata, a causa della notevole impermeabilizzazione indotta dal cambio d'uso del suolo, ma molto maggiore è quella del bacino 2.

Anche sotto questo aspetto si ripete lo schema generale secondo il quale l'impatto è frutto dell'interazione complessa fra vulnerabilità intrinseca del sistema (o pericolosità se si usa la terminologia dei piani di assetto idrogeologico) e carico su di esso, esercitato dall'uso del suolo. La sostenibilità non ha quindi valori assoluti ed universali, ma scaturisce sempre e comunque dal rapporto fra queste due caratteristiche, per cui essa ha sempre natura relativistica e sito-specifica.

Si deve poi sottolineare quanto importante sia questo tipo di elaborazione in fase di Valutazione Ambientale Strategica dei piani urbanistici.

In generale, poi, i risultati di questo studio dimostrano la rilevanza e delicatezza del tema trattato e quanto si possa risparmiare, anche dal punto di vista finanziario, in termini di riduzione del rischio idraulico.

Gli stessi dati consentono punti di vista nuovi e intriganti riguardo agli standard urbanistici a verde. Si può concordare ormai superato l'indice rigido ($9 \text{ m}^2/\text{ab}$ o qualunque esso possa diventare) perché, se criticabile ieri (Salzano, 2017), lo è ancor più oggi, epoca in cui l'evoluzione tecnologica consente al pianificatore raffinate analisi di processo, come quella mostrata nel caso qui illustrato. L'idea strategica consiste nell'integrare la logica tradizionale, del solo intervento impiantistico, a posteriori, per rendere più robusto il sistema, attraverso lo strumento che coadiuva il piano, VAS in primis. Nell'approccio proposto le aree verdi sono "ingegnerizzate", attribuendovi ulteriori funzioni; in altri termini il problema allagamenti è affrontato dal punto di vista dell'uso del suolo, evidenziando il contributo che le aree permeabili possono fornire a risolvere, a monte, il problema.

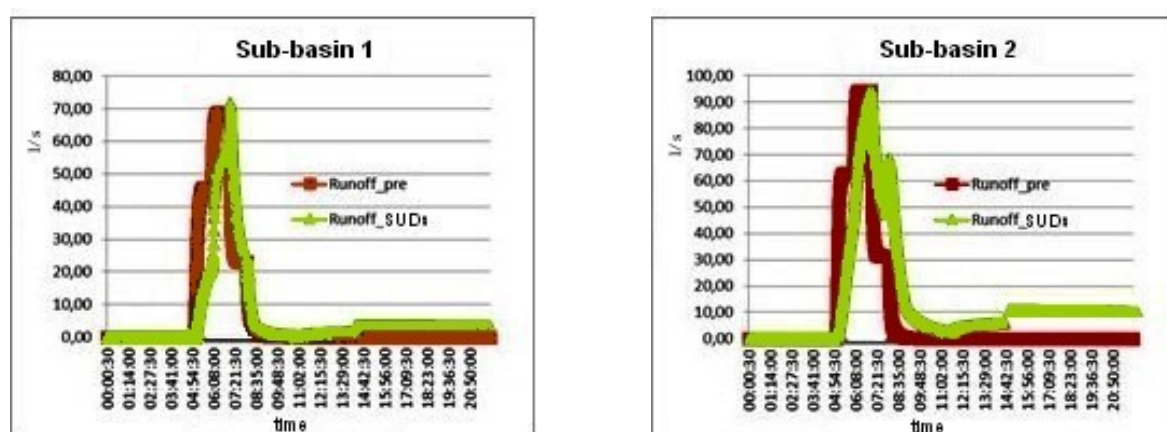


Figura 6: L'invarianza idraulica per i due sottobacini simulata da SWMM.

La ricerca qui presentata dimostra che questo è possibile e, anzi, è sufficiente solo una parte del verde a standard, per coprire la necessità idrologica espressa dalla normativa sul drenaggio urbano. In altri termini, le piogge di tempo di ritorno 5 anni sono tutte assorbite dalle SUDS previste, annullando, in pratica, l'impatto idrologico della nuova urbanizzazione, con il vantaggio, rispetto all'impianto fognario pluviale tradizionale, di rendere molto più complesso e multifunzionale il sistema. Questo non significa fare a meno del drenaggio, ma occorre integrare le due cose, per arrivare ad un sistema antifragile, lasciando al verde questa funzione, perché esso è fattore di stimolo di nuove e inaspettate evoluzioni, senza dimenticare i suoi minori costi e, soprattutto, le sue multifunzionalità.

In questo senso esso assume il ruolo di vera e propria infrastruttura, per altro di rango superiore, proprio per la capacità di rendere più complesso e proattivo il sistema.

Si aprono di conseguenza due strade rispetto allo standard a verde: conservando quello attuale, cercare la sua ingegnerizzazione, con gli opportuni accorgimenti e le multifunzioni che queste presentano, senza nulla togliere al tradizionale progetto del verde stesso. L'alternativa può consistere nello stabilire direttamente uno standard, sulla base del servizio ecosistemico necessario alla mitigazione e compensazione degli impatti ambientali. Il presente articolo dimostra la fattibilità tecnica e la percorribilità di entrambe queste strade. Nel primo caso sembra strategico il ruolo della VAS e del relativo rapporto ambientale, basato su precisi e rigorosi processi ambientali. La seconda ipotesi richiede un percorso metodologico più articolato, ma ormai facilmente realizzabile grazie allo sviluppo dei sistemi informativi territoriali e la loro interfacciabilità con modelli manageriali come SWMM. La sede pratica ideale appare il piano generale di area vasta (il piano di coordinamento regionale e/o provinciale), che dovrebbe disporre delle risorse per realizzare il sistema informativo, basato sull'analisi modellistica relativa agli usi del suolo. Il piano sovraordinato dovrebbe poi mettere a disposizione delle amministrazioni locali meta-modelli da utilizzare alla scala di piano comunale.

Il presente articolo dimostra la relativa facilità con cui si può giungere a risultati molto lusinghieri in termini di sostenibilità misurabile, quindi progettuale. Sfida più ardua è quella città consolidata, per evidenti motivi di spazio.

5. CONCLUSIONI

Quello dei deflussi (volumi e picco di portata) è un processo fondamentale, non solo idrologico, ma dell'assetto generale di un territorio, perché è cartina al tornasole del suo metabolismo. Di conseguenza, assume il ruolo di potente ed immediato indicatore di sostenibilità dell'uso del suolo. Soprattutto oggi che è appieno coinvolta nella questione ambientale, la scienza e la tecnica del governo dell'uso del suolo deve considerare questo fenomeno, anche perché consente la vera soluzione del problema della difesa dai dissesti idrogeologici, fatta in tal modo in maniera endogena e preventiva, in fase di piano, piuttosto che con la costosa infrastruttura riparatrice, a posteriori, dei danni.

Per questo, analisi di processo come quella illustrata in questo articolo deve divenire prassi e, quanto meno, essere un pilastro delle procedure di VAS.

Il caso presentato in questo studio dimostra che ci sono gli strumenti per agire in questa direzione, con tecniche ormai consolidate. I vantaggi sono molteplici: il sistema acquisisce complessità e robustezza, i vantaggi sono multipli, i costi contenuti ed il tradizionale progetto a verde rimane sostanzialmente immutato, mentre il suo prodotto è arricchito di funzioni, altrimenti dette servizi ecosistemici. Nel caso studio la capacità di regolazione del ciclo delle acque da parte del verde urbano (water-flow regulation service) è valutata attraverso l'indicatore del picco di runoff. Tale proxy indicator di servizio ecosistemico del verde urbano, come dimostrato dal caso studio, è in grado di supportare speditivamente le scelte pianificatorie e progettuali attraverso un confronto di scenario. Tale indicatore, sebbene non relazionabile a benefici economici diretti, definisce numericamente la complessità delle

relazioni acqua/uso del suolo che si verificano nelle proposte di trasformazione urbana e, perciò, esso in grado di fornire un criterio di giudizio oggettivo per la realizzazione di interventi. L'inserimento di questi indicatori di servizio ecosistemici derivati dall'approccio modellistico nella prassi di piano è il passo successivo da compiere per passare dalla pianificazione tradizionale basata su standard normativo ad una più flessibile, sito-specifica, basata sulla performance degli usi del suolo (vedi anche Frew et al., 2016).

Per raggiungere questi obiettivi, si suggeriscono quindi due accorgimenti tattici alternativi: valutare l'adeguatezza dello standard a verde fissato, o (forse meglio) fissare a priori uno standard dinamico, derivante da processi ambientali e non più basato sul rigido e "freddo" parametro di oggi, ex D.M. 1444/1968. Le due soluzioni proposte vanno entrambe nella direzione di migliorare l'approccio tradizionale. E' chiaro che nella prassi e nella varietà delle situazioni, approcci ibridi possano essere adottati, ad esempio inserendo nel processo tradizionale di pianificazione la valutazione solo di alcuni servizi ecosistemici rilevanti per l'area in esame. Si potrà così garantire la minima dotazione a verde di legge ma incrementata in funzionalità, mediante riposizionamento e progettazione mirate, ad esempio, alla regolazione delle acque meteoriche, alla fruibilità di classi di popolazione svantaggiate etc. Quale sia alla fine l'approccio definito dovrà comunque rimanere di fondo la strategia basata sulla performance degli usi del suolo che persegue la valutazione quantitativa della sostenibilità e sistemi complessi auto-poietici che possono evolvere in modo positivo, magari imprevedibile appieno, ma certamente virtuoso.

REFERENCES

- Ahiablame L.M., Engel B.A., Chaubey I. (2012). Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research. *Water Air Soil Pollution*, 223, 4253-4273.
- Akbari H., S. Menon (2009). Global Cooling: Increasing World-wide Urban Albedos to Offset CO₂. *Climatic Change*, 94, 275-286
- Barbosa A.E., Fernandes J.N., David L.M. (2012). Key issues for sustainable urban storm water management. *Water Research*, 46 (20), 6787-6798 doi: 10.1016/j.watres.2012.05.029.
- Blecic I., Cecchini A. (2016), *Verso una pianificazione antifragile. Come pensare al futuro senza prevederlo*. Collana Studi urbani e regionali, Franco Angeli, 198, ISBN: 9788891727756.
- Chung-Ming L., Jui-Wen C., Ying-Shih H., Ming-Lone L., Ting-Hao C. (2015), Build Sponge Eco-cities to Adapt Hydroclimatic Hazards, pp 1997-2009 in: Walter Leal Filho (ed.), *Handbook of Climate Change Adaptation*, ISBN: 978-3-642-38669-5 (Print) 978-3-642-38670-1 (Online).
- CIRIA, (Woods-Ballard B. Kellagher R. Jefferies C. Bray R. Shaffer P.) (2007). *The SUDS Manual C753*. 1st ed. [ebook] London: Ciria.
- Dahlenburg J. and Birtles P. (2012). All roads lead to WSUD: exploring the biodiversity, human health and social benefits of WSUD. *7th International Conference on Water Sensitive Urban Design*, February 2012, Melbourne, Australia.
- Ellis J.B. & Revitt D.M. (2008). Quantifying Diffuse Pollution Sources and Loads For Environmental Quality Standards in Urban Catchments. *Water Air Soil Pollution: Focus*, 8, 577-585.
- European Union Water Framework Directive (WFD) (2000). Directive of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy, 2000/60/EC.
- Fioretti R., Palla A., Lanza L.G., Principi P. (2010). Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*, 45, 1890-1904

- Frew, Travis, Douglas Baker, and Paul Donehue. 2016. Performance Based Planning in Queensland: A Case of Unintended Plan-Making Outcomes. *Land Use Policy* 50, 239–51.
- Gerundo R., Fasolino I., Grimaldi M., Siniscalco A. (2010). L'indice di sostenibilità. *Urbanistica Informazioni*, 233/234, 1214
- Leone A. (2011). *Ambiente e pianificazione. Analisi, processi, sostenibilità*. Franco Angeli Ed.
- Leone A. (2014), Planificación, física de la complejidad, entropía. Cerrar la brecha entre los principios teóricos y la praxis, *Plurimondi*, VII, 15, 2014, 141-167.
- Leone A., Ripa M.N., Boccia L., Lo Porto A. (2008). Phosphorus export from agricultural land: a simple approach. *Biosystems Engineering*, 101, 270-280.
- Mitchell G. (2005). Mapping hazard from urban non-point pollution: a screening model to support sustainable urban drainage planning. *Journal of Environmental Management*, 74, 1-9.
- Pelorosso, Raffaele, Federica Gobattoni, Nicola Lopez, and Antonio Leone. 2013. Verde Urbano E Processi Ambientali: Per Una Progettazione Di Paesaggio Multifunzionale. *Journal of Land Use, Mobility and Environment* 6(1), 95-111
- Pelorosso R., Leone. A., Boccia L. (2009). Land cover and land use change in the Italian central Apennines: A comparison of assessment methods. *Applied Geography*, 29, 35-48. ISSN: 0143-6228.
- Pelorosso R., Gobattoni F., Leone A. (2016a). Green Courtyards as Urban Cool Islands: towards Nature-based climate adaptation plans of compact cities. *City Safety Energy Journal*, 1, 27-36.
- Pelorosso, R., Gobattoni, F., Leone A., Lopez, N. (2016b). Verde Urbano e regolamentazione delle acque meteoriche: l'approccio modellistico come base per nuovi standard urbanistici. *Sentieri Urbani* 19, 71-77. ISSN 2036-3109.
- Petit-Boix, a et al. 2015. Environmental and Economic Assessment of a Pilot Stormwater Infiltration System for Flood Prevention in Brazil. *Ecological Engineering* 84, 194-20.
- Recanatesi F, A Petroselli, Ripa M N; Leone A (2017), Assessment of stormwater runoff management practices and BMPs under soil sealing: a study case in a peri-urban watershed of the metropolitan area of Rome (Italy). *Journal of Environmental Management*, doi 10.1016/j.jenvman.2017.06.024.
- Ripa M.N., Leone A., Gamier M., Lo Porto A. (2006). Agricultural Land Use and Best Management Practices to Control Nonpoint Water Pollution. *Environmental Management*, 38(2), 253-266.
- Salzano E. (2017), intervista di Andrea Pantaleo, <https://www.youtube.com/watch?v=3JgC3ysDUok&app=desktop>. Accessed April 2017.
- Sholz M. and Kazemi Yadzi S. (2009). Treatment of Road Runoff by a Combined Storm Water Treatment, Detention and Infiltration System. *Water Air Soil Pollution*, 198, 55-64.
- Turpin N., Bontems P., Rotillon G., Barlund I., Kaljonen M., Tattari S., Feichtinger F., Strauss P., Haverkamp R., Garnier M., Lo Porto A., Benigni G., Leone A., Ripa M.N., Eklo O.M., Romstad E., Bordenave P., Bioteau T., Birgand F., Laplana R., Piet L., Lescot J.M. (2005). AgriBMPWater: systems approach to environmentally acceptable farming. *Environmental Modelling and Software*, 20, 187-196.
- Villareal, E.L., Semadeni-Davies, A., Bengtsson, L., 2004. Inner city stormwater control using a combination of best management practices. *Ecological Engineering* 22 (4), 279-298.
- Wong, T. H. F. and R. R. Brown. 2009. The Water Sensitive City: Principles for Practice. *Water Science and Technology* 60, 673-82.
- Zhou, O. (2014). A Review of Sustainable Urban Drainage Systems Considering the Climate Change and Urbanization Impacts. *Water*, 6(4), 976-992.