

LA RESILIENZA VERSO EVENTI ESTREMI COME CHIAVE DELLA SOSTENIBILITÀ DELLE CITTÀ DEL FUTURO

DOSSIER

Domenico Asprone, Gaetano Manfredi,
Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università di Napoli Federico II, Italia

d.asprone@unina.it
gamanfre@unina.it

La resilienza dei sistemi urbani

Le città rappresentano oggi il fulcro delle trasformazioni umane, sistemi estremamente complessi e sofisticati, ma al contempo vulnerabili. Oggi, infatti, eventi estremi, di origine naturale od antropica, minacciano più che mai le città, laddove elevatissima è l'esposizione della società contemporanea. Il governo delle città e del territorio, ovunque nel mondo, passa attraverso la mitigazione e la gestione dei rischi, agendo attraverso il governo sia dell'ambiente fisico che sociale delle città. La città infatti può essere interpretata come un sistema complesso di relazioni dinamiche tra il suo ambiente fisico costituito dalle infrastrutture, dagli spazi, dalle reti (comunicazione, trasporto, energia) dalla natura esterna, ed il suo ambiente sociale, costituito dalle comunità e dalle relazioni sociali che le governano. La gestione dei rischi e dei disastri è quindi un passaggio obbligato nell'attuale concezione del governo del territorio, che muove proprio dal sistema fisico e dal sistema sociale delle città. Una prima generica definizione di città resiliente è quindi una città costruita sulla rete tra i sistemi fisico e sociale, in grado di subire eventi estremi senza soffrire perdite devastanti, danni e ridotte funzionalità e qualità della vita (Godshalk, 2003). Numerose sono poi in letteratura le definizioni proposte di resilienza applicata ai sistemi urbani e un'ottima revisione delle varie definizioni è presentata da Zhou et al. (2010). La complessità della definizione di città resiliente nasce proprio dalla complessità nella definizione del sistema città e dalla complessità nella definizione della risposta delle città agli eventi estremi. Quale è il vero funzionamento del sistema città? Come si configura l'equilibrio dinamico attorno al quale funziona il sistema città? Cosa deve intendersi per danni limitati e mantenimento della funzionalità a

seguito di eventi estremi per il sistema città? La risposta ottimale del sistema città, ovvero la risposta "resiliente", dipende dalla tipologia di evento estremo subito? Queste sono solo alcune delle domande che fanno esplodere il concetto di resilienza delle città, declinato nella letteratura scientifica, in diverse e multidisciplinari accezioni.

A partire dagli eventi estremi che un sistema urbano può subire, questi possono dividersi in 4 categorie (O'Brien et al., 2006), per ciascuna delle quali diversi possono essere gli approcci per la costruzione di città resilienti: eventi naturali, eventi tecnologici, emergenze umanitarie, eventi indotti cambiamenti climatici. La resilienza dei sistemi urbani nei confronti dei diversi eventi è quindi differente e di conseguenza diverse sono le strategie da mettere in campo per costruire città resilienti, ovvero le tecniche di mitigazione dei rischi, di preparazione allo shock e di ripristino dei danni indotti dall'evento.

Ancora, la complessità del sistema città introduce un'ulteriore distinzione alla definizione della resilienza dei sistemi urbani, in funzione del punto di vista con cui si affronta il problema. Nell'applicazione del concetto di resilienza ai sistemi complessi, quali le città, si distinguono due approcci: la resilienza degli ecosistemi (a) e la resilienza ingegneristica (b). La prima, teorizzata e sviluppata da Holling (1973, 1986), può essere definita come la capacità di un sistema in equilibrio dinamico di subire shock esterni spostandosi in uno stadio differente, ma ancora di equilibrio dinamico. Differentemente la resilienza ingegneristica, sviluppata da Pimm ed altri autori (Pimm, 1984, Bruneau et al. 2003) può essere definita come la capacità di un sistema di assorbire uno shock esterno e ritornare rapidamente allo stadio iniziale. Apparentemente la prima definizione può risultare più

RESILIENCE TO EXTREME EVENTS AS A REQUIREMENT FOR SUSTAINABILITY OF FUTURE CITIES

Resilience of urban systems

Cities represent the keystone of any human transformation, extremely complex and vulnerable systems. In fact, today, extreme events, both natural or man-made, threaten cities, more than ever, due to the high exposure of contemporary society in cities. Hence, city government, anywhere in the world, needs to implement risk mitigation and risk management actions, aiming at resilient cities against extreme events.

Contemporary city can be interpreted as a complex system composed by dynamic relationships between its physical environment, i.e. infrastructures, space, networks and lifelines, the natural environment and his social environment, consisting of communities and their internal relationships. Hence, according to a general definition, cities can be considered resilient if are able to cope with extreme events without suf-

fering devastating losses and damages to their physical system and reduced quality of life for the inhabitants (Godshalk, 2003).

Numerous definitions of resilience applied to urban systems are available in literature and an excellent review is presented by Zhou et al. (2010). However, the difficulty of the definition of a resilient city arises from the complexity in defining the urban system and the response of cities to extreme events.

What are the real operations of the urban system? Which are the properties of the dynamic equilibrium at the basis of the urban system operations? What is meant by limited damages and preservation of functionality for the urban system after extreme events? Does the optimal response of the urban system to extreme events, i.e. the "resilient" answer, depend on the type of the extreme event? These are just some of

the questions that make the concept of resilience exploding with different and multidisciplinary meanings, as proposed in literature.

First, the extreme events that an urban system can be subjected to can be divided into 4 categories (O'Brien et al., 2006) and each of them may need different approaches in defining the resilient cities: natural events, technological events, or human-induced events, humanitarian emergencies, events induced by climate changes.

Hence, the resilience of urban systems against different events is different and therefore there are different strategies that can be implemented to build resilient cities, in terms of risk mitigation actions, shock preparedness, and recovery capability from damages.

Furthermore, the complexity of the urban system introduces a further distinction to the definition of resilience,

completa ed adatta ai sistemi urbani; riconoscendo infatti che un sistema complesso in equilibrio dinamico come il sistema città, costituito da sottosistemi fisici e sociali legati da una rete dinamica di relazioni, riesce ad essere in equilibrio, ovvero “funzionare”, in diverse configurazioni, si può concludere che una risposta positiva ad uno shock esterno può anche essere il riconfigurarsi in uno stadio di equilibrio diverso da quello precedente allo shock. Ad ogni modo, la resilienza ingegneristica assume comunque un significato importante e concreto. Si potrebbe infatti obiettare che un sistema complesso e dinamico come la città ritrovi sempre uno stadio di equilibrio dopo uno shock, poiché la capacità delle città di adattarsi ai cambiamenti improvvisi è pressoché infinita. Eppure i nuovi stadi di equilibrio dinamico post-evento potrebbero essere “peggiori” dello stadio di equilibrio precedente; ed allora la resilienza ingegneristica potrebbe cogliere le risposte “negative” agli shock, se applicata ad indicatori di qualità e performance del sistema. La città quindi può essere resiliente anche riconfigurandosi in condizioni di equilibrio diverse da quella precedente allo shock, ripensando il proprio sistema fisico e sociale, ma la città è davvero resiliente se al contempo taluni indicatori di qualità e performance del sistema ritornano ai valori precedenti allo shock.

Un ulteriore approccio al concetto di resilienza delle città conduce alla definizione della resilienza sociale; muovendo proprio dal riconoscere l'essenzialità e la centralità della comunità nel sistema urbano, ovvero la predominanza del sistema sociale all'interno del sistema città, in grado di governare quello fisico, la resilienza sociale viene definita come la capacità della comunità di sostenere shock esterni governando positivamente i cambiamenti indotti sulle infrastrutture, sull'ambiente esterno, sul si-

depending on the point of view from which the problem is dealt. In applying the concept of resilience to complex systems, such as cities, two approaches can be followed: the resilience of ecosystems (a) and engineering resilience (b). In the first, proposed and developed by Holling (1973, 1986), resilience can be defined as the ability of a system in dynamic equilibrium, subject to external shocks, to move to a different dynamic equilibrium stage. On the contrary, engineering resilience, developed by Pimm and other authors (Pimm, 1984; Bruneau et al., 2003) can be defined as the ability of a system to absorb an external shock and quickly return to the initial stage. Apparently the first definition may be more complete and suitable for urban systems; in fact, recognizing that a complex system in dynamic equilibrium (as the urban system, which consists of physical and

social subsystems linked by a dynamic network of relationships) can present different equilibrium stages (i.e. can “work”) in various configurations, it can be concluded that a positive response to a malicious external shock can also be represented by a new equilibrium stage, different than the previous one. Nevertheless, engineering resilience is also extremely meaningful. In fact, one could argue that a complex and dynamic system, as the city, always reach a state of equilibrium after a shock, because the ability of cities to adapt to changes is extremely high. But the new post-event dynamic equilibrium could be “worse” than the previous equilibrium stage; in this case only with an engineering resilience approach a “negative” response can be appreciated, using, in example, quality and performance indicators of the urban system. Hence, it can be concluded that the urban system is resilient

stema economico e sociale (Adger, 1997). La resilienza sociale, ancora secondo Adger, può essere misurata attraverso tre caratteristiche: la resistenza agli shock esterni (a), la capacità di recupero dagli shock esterni (b) e la creatività (c), ovvero la capacità di adattamento alle nuove circostanze. (Adger, 2000). Con un approccio simile Lorenz (2010) teorizza invece che la resilienza sociale risiede nella capacità adattiva (a), ovvero nella capacità di trasformarsi nel breve tempo a seguito degli shock, nella capacità di far fronte agli eventi (b), ovvero nella capacità di preservare e dare continuità al proprio sistema di relazioni a seguito degli shock e nella capacità partecipativa (c), ovvero nella capacità di auto-organizzarsi per far fronte agli shock. Appare quindi evidente come l'approccio alla resilienza sociale ponga al centro del sistema città la comunità, come sistema in grado di governare gli altri elementi fisici, ed in grado quindi di determinare la resilienza del sistema urbano.

In tutti gli approcci fin qui analizzati, comunque, la resilienza è percepita come la capacità del sistema città di avere una risposta “positiva”, se sottoposto ad uno shock esterno, come un evento estremo. La complessità nella definizione risiede nello specificare cosa sia una risposta “positiva”: il ritorno nella configurazione di equilibrio precedente all'evento o anche la riconfigurazione in uno stadio diverso? Ed in un sistema complesso e dinamico come le città, cosa individua uno stadio di equilibrio? Ed ancora, la resilienza va ritrovata sia nel sistema sociale che in quello fisico, o è il solo sistema sociale a dover essere resiliente? O meglio, la resilienza del sistema fisico si condensa nella resilienza della comunità che, rappresentando l'ente decisore, l'unico grado di libertà sul quale si possa agire, deve avere caratteristiche di resilienza?

if, after the shock, it can reach a dynamic equilibrium stage, even different from the previous one, but the urban system is really resilient if, at the same time, certain indicators of quality and performance of the system came back to pre-shock values.

A further approach to the concept of resilience of cities leads to the definition of social resilience, moving from the essentiality and centrality of community in the urban system, i.e. the predominance of the social system, governing the physical system; within this approach social resilience is defined as the ability of communities to deal with external shocks governing positively the changes induced on infrastructures, on the external environment and on the economic and social systems (Adger, 1997). The social resilience, according to Adger, can be measured by three characteristics: re-

sistance to external shocks (a) the ability to recover from external shocks (b) and the creativity (c), that is the ability to adapt to new circumstances. (Adger, 2000;). With a similar approach Lorenz (2010) theorizes instead that the social resilience lies in the adaptive capacity (a), that is the ability to change to withstand the external shocks, the ability to respond to events (b), that is the ability to preserve and give continuity to the system of relations, given the external shocks and participatory skills (c), that is the self-organization ability, aimed at coping with external shocks. Hence, the approach to social resilience puts the community at the centre of the city, capable to govern the other physical elements, and thus able to determine the resilience of the urban system.

In all the approaches so far analyzed, however, resilience is perceived as the ability of the city to have a “positive”

La complessità di tali questioni richiama la complessità del concetto di sostenibilità, laddove, alla stessa maniera, si riconosce la dipendenza dal tempo delle relazioni e delle trasformazioni che si svolgono nel sistema città e la presenza di un sistema complesso di relazioni, con ricadute ed impatti di carattere economico, sociale ed ambientale.

Rapporto tra resilienza e sostenibilità

La valutazione di sostenibilità di una trasformazione urbana va condotta analizzando nel ciclo

di vita, oltre alla fase di realizzazione, utilizzo, manutenzione e dismissione, una ulteriore fase, che incombe probabilisticamente, legata all'evento disastroso, sia naturale che antropico, che può abbattersi durante la vita utile della trasformazione e che possiamo chiamare di *hazardous event occurrence* (HEO). In tale ulteriore fase, devono essere trattati ovviamente sia gli effetti dell'evento in sé, che gli effetti delle operazioni di ripristino post-evento, e, coerentemente con l'approccio alla sostenibilità, vanno valutate le conseguenze sul piano sia economico, che ambientale e sociale, per tutti gli attori coinvolti nel processo.

A nostro avviso il link con la resilienza sta nel riconoscere che un'opzione di intervento edilizio potrà essere più sostenibile di un'altra se sarà progettata minimizzando gli impatti negativi di potenziali eventi disastrosi, sia durante che dopo l'evento, sul piano sociale, ambientale ed economico, per tutti gli attori coinvolti, ovvero se risulterà più resiliente. Elevando la scala a livello di città, ovvero utilizzando come unità funzionale l'intera città, la sostenibilità va valutata analizzandone ancora l'intero ciclo di vita. Una città, o meglio una configurazione della città, ovvero una configurazione del suo sistema fisico e sociale, sarà quindi più

response, when exposed to an external shock, such as an extreme event. The main issue is in the need to specify what is a "positive" response: the return to the previous equilibrium configuration or even a different reconfigured equilibrium stage? And in a complex and dynamic system, as the city, what is an equilibrium stage? Furthermore, is the resilience to be reached both in the social and the physical system, or only the social system must be resilient? Hence, is the physical system resilience condensed in the community resilience; and community, representing the only decision maker for urban management, the only master for city's destiny, is the key for city resilience?

Relationship between resilience and sustainability

The assessment of the sustainability of a urban transformation can be con-

ducted considering within the life cycle, a further phase, in addition to the construction, operation, maintenance and disposal phases, whose impacts are due to extreme events that can occur on the analyzed structure or infrastructure during its life time and that can only be probabilistically treated. This phase can be named hazardous event occurrence (HEO) phase. According to the approach to sustainability, within this phase, all the effects due to the event occurrence will be considered, together with the effects of the post-event recovery operations; obviously, all the effects should be evaluated in terms of economic, environmental and social burden, for all the actors involved in the process. Thus, in our opinion, the link between resilience and sustainability stays in the fact that a structure or an infrastructure will be sustainable if it is designed to minimize the nega-

sostenibile se riuscirà a garantire bassi impatti economici, sociali ed ambientali, per tutta la sua comunità e per la comunità futura, anche durante la fase di HEO; ovvero sarà più sostenibile se sarà più resiliente. La resilienza diventa quindi una delle caratteristiche che contribuiscono alla sostenibilità della città. Ma ripercorrendo le varie definizioni di resilienza, ci si chiede quale di quelle proposte meglio risponde al concetto di resilienza che si è qui sviluppato come incasellato nella complessità della sostenibilità. E qual è quindi l'approccio corretto per definire la resilienza della città? Quello della resilienza ingegneristica, dove si prevede che dopo l'evento estremo la città debba tornare allo stadio precedente, o la resilienza degli ecosistemi, dove si ammette che la città possa ritrovare un equilibrio dinamico in uno stadio differente? A nostro avviso, l'approccio corretto dovrebbe superare entrambe le concezioni. A seguito di un evento estremo infatti, la città subisce comunque delle trasformazioni, che possono essere di piccola entità o di grossa entità e possono condurre ad uno o ad un altro stadio di equilibrio. Così come la sostenibilità non può assumere carattere assoluto ma solo relativo, quindi, alla stessa maniera ha senso valutare se una trasformazione post-evento è più o meno sostenibile di un'altra, indipendentemente sia dagli stadi di equilibrio cui la trasformazione conduce, che possono essere diversi tra loro e dallo stadio di partenza pre-evento, sia dai percorsi seguiti per raggiungere lo stadio di equilibrio. Pertanto, a nostro avviso non è conveniente valutare se e come una città deve essere resiliente, discutendo se con ciò debba intendersi la capacità di tornare allo stadio precedente o raggiungere uno stadio diverso di equilibrio. Ciò che è realmente importante è determinare se il sistema di trasformazioni durante e dopo l'evento è sostenibile, o meglio se risulta più sostenibile di altri opzioni.

tive impacts of potential disasters, both during and after the events, in terms of social, environmental and economical burden, for all the actors involved, that is, its HEO phase is sustainable, or in other words it is resilient.

Raising the scale and looking at the entire city, the approach to sustainability assessment can be defined similarly, introducing the concept of life cycle as a temporal boundary condition for the analysis.

A city, or rather a configuration of the city, or, in other words, a configuration of its physical and social system, will be more sustainable if it can guarantee low economic, social and environmental benefits, for all its communities and for the future community, during the also the HEO phase; hence, it will be more sustainable if it is more resilient.

But looking at the different definitions of resilience summarized in previous

paragraph, it can be argued which of them fits well the concept of resilience here developed and hinged on the complex sustainability framework.

And then what is the correct approach to define the resilience of the city? The engineering resilience, where it is expected that after the extreme event the city should return to the previous stage, or the ecosystem resilience, where it is allowed that the city can find a dynamic equilibrium in a different stage? In our opinion, the correct approach should overcome both conceptions.

In fact, as a result of extreme events, cities undergo anyway a system of transformations, which can be small or large and can affect the physical system, the social system or both, leading to different possible equilibrium stages. Then, in our opinion is not convenient to debate whether resilience means the ability to return to the previous stage or

Riconoscendo inoltre che i sistemi urbani sono interconnessi tra di loro da un sistema fitto di relazioni complesse e dinamiche, si riconosce che la resilienza e quindi la sostenibilità delle città del futuro, vanno perseguite su scala locale, ovvero nel sistema fisico e sociale dei singoli sistemi urbani, ma anche sul piano globale, nel sistema di relazioni che legano e legheranno sempre di più le città del futuro.

REFERENCES

Adger, W.N. (1997), *Sustainability and social resilience in coastal resource use. CSERGE working paper series*, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia, Norwich and University College London, UK.

Adger, W.N. (2000), "Social and ecological resilience: are they related?", *Prog. Hum. Geogr.*, Vol. 24, No. 3, pp. 347-364.

Bruneau, M., Chang, S., Eguchi, R., Lee, G., O'Rourke, T., Reinhorn, A., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W., and von Winterfeldt, D. (2003), "A framework to quantitatively assess and enhance seismic resilience of communities", *Earthq. Spectra*, Vol. 19, No. 733-752.

Dalziell, E.P. and McManus, S.T. (2004), Resilience, vulnerability, and adaptive capacity: implications for system performance, *International Forum for Engineering Decision Making, (IFED)*, University of Canterbury, Christchurch.

Godschalk, D. (2003), "Urban hazard mitigation: Creating resilient cities", *Natural Hazards Review*, Vol. 4, 136-143.

Holling, C.S. (1973), "Resilience and stability of ecological systems", *Annu. Rev. Ecol. Syst.* Vol. 4, pp. 1-23.

Holling, C.S. (1986), "The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change", in Clark, W.C., Munn, R.E. (Ed.), *Sustainable development of the biosphere*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 292-317.

reach a different stage of equilibrium. What is really important is to determine if the transformation system occurring during and after the event is sustainable, regardless the initial pre-event and final post-event equilibrium stages.

Furthermore, since today urban systems are interconnected with each other by a complex system of relationships, it is also stated that resilience and thus the sustainability of contemporary cities, must be pursued besides on a local scale, referring at the physical and social systems, also on the global scale, referring to the system of relations which links now and will link more and more future cities with each other.

Lorenz, D.F. (2010), "The diversity of resilience: contributions from a social science perspective", *Nat. Hazards*, Vol. 67, pp. 7-24.

O'Brien, G., O'Keefe, P., Rose, J. and Wisner, B. (2006), "Climate change and disaster management", *Disasters*, Vol. 30, No. 1, pp. 64-80.

Pimm, S.L. (1984), "The complexity and stability of ecosystems", *Nature*, Vol. 307, pp. 321-326.

Zhou, H.J., Wang, J.A., Wan, J.H., and Jia, H. (2010), "Resilience to natural hazards: a geographic perspective", *Nat. Hazards*, Vol. 53, No. 1, pp. 21-41.