

## TERRACINI IN TRANSIZIONE: LA SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA COME LIVING-LAB DELLA SOSTENIBILITÀ

Alessandra Bonoli<sup>1</sup>, Francesca Cappellaro<sup>2</sup>

### SOMMARIO

Numerose comunità universitarie in Italia e all'estero hanno avviato processi importanti verso la sostenibilità ambientale, a partire dalle attività di ricerca per arrivare ad azioni concrete di gestione e di governance. Questo caso studio dimostra come attraverso un processo “bottom up” inserito in un percorso di “transizione”, mutuando su scala di campus le esperienze sempre più diffuse delle “transition town”, sia possibile facilitare il cambiamento verso la sostenibilità e al contempo avviare nuove opportunità e utili feedback per le attività di ricerca, di didattica e di gestione sostenibile dei plessi universitari. Questo lavoro intende presentare come caso studio il percorso avviatosi con “Terracini in Transizione”, relativamente alla nuova sede di via Terracini della Scuola di Ingegneria e Architettura dell'Università di Bologna, percorso che si pone l'obiettivo di trasformare la Scuola di Ingegneria e Architettura in un living-lab della sostenibilità.

---

<sup>1</sup> DICAM, Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale, Materiali, via Terracini 28. 40131 Bologna, [alessandra.bonoli@unibo.it](mailto:alessandra.bonoli@unibo.it) (corresponding author)

<sup>2</sup> DICAM, Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale, Materiali, via Terracini 28. 40131 Bologna, e ENEA Bologna. [francesc.cappellaro2@unibo.it](mailto:francesc.cappellaro2@unibo.it)

## **1. Introduzione**

La transizione è un approccio emergente per la facilitazione dei processi di cambiamento e di innovazione verso la sostenibilità, attraverso l'identificazione di un approccio efficace per affrontare le sfide della crisi globale e i problemi ambientali.

In questo contesto, adottare l'approccio di transizione a livello di università può facilitare il cambiamento di queste istituzioni verso azioni e buone pratiche volte alla riduzione degli impatti e al miglioramento della sostenibilità dei plessi universitari. Da alcuni anni l'Università di Bologna ha avviato un percorso di sostenibilità sia a livello di intero ateneo che di singoli plessi. Le misure e gli interventi sono contenuti nel Piano della sostenibilità ambientale.

Nell'ultimo piano triennale risulta presente anche una sezione dedicata alla nuova sede di via Terracini della Scuola di Ingegneria e Architettura. Si tratta di un plesso abbastanza recente, che ben si presta all'attuazione di misure e interventi di sostenibilità, che prevedono iniziative non solo da un punto di vista tecnico ma anche strutturale e sociale.

Numerosi sono i temi di ricerca collegati a "Terracini in Transizione" e diverse le applicazioni che vedono il coinvolgimento di ricercatori, docenti, personale tecnico, amministrativo e studenti. In particolare, nel corso dell'ultimo periodo, è stato avviato un percorso che ha visto già, in parte, alcune realizzazioni e che ha avanzato numerose altre proposte mirate alla progettazione di interventi di sostenibilità da realizzare nel corso dei prossimi tre anni.

In particolare in questo lavoro verranno esposti i progetti più significativi dal punto di vista del contesto urbano e di città resiliente in cui la sede universitaria si inserisce.

## **2. Cambiamenti climatici e misure a scala urbana**

Il fenomeno del cambiamento climatico è da attribuire in parte a cause naturali, ma per lo più a cause antropiche. L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ha sviluppato numerosi documenti in cui si afferma che la temperatura media della Terra è senza alcun dubbio aumentata di 0,7°C dalla fine del XIX secolo e che la maggior parte del riscaldamento osservato durante gli ultimi anni è attribuibile alle attività umane. Le temperature minime stanno crescendo in media ad un tasso circa doppio delle massime (0,2°C per decennio). L'aumento della concentrazione nell'atmosfera di CO<sub>2</sub> e di altri gas responsabili dell'effetto serra, connessi in particolare all'uso di combustibili fossili, contribuisce ad accrescere in modo esponenziale il riscaldamento del nostro pianeta, con conseguente cambiamento climatico. Particolarmente evidenti risultano le alterazioni climatologiche a livello urbano: incremento delle probabilità di formazione delle precipitazioni nella città, riduzione delle aree complessive su cui le precipitazioni raggiungono il

suolo, riduzione del flusso orizzontale del vento per la presenza delle barriere costituite dagli edifici che ne vanificano, in buona parte, l'effetto refrigerante impedendo il rimescolamento delle masse d'aria, l'aumento di calore proveniente dal suolo. Tali alterazioni climatiche urbane caratterizzano il fenomeno della cosiddetta "isola di calore" (Urban Heat Island), fenomeno dell'innalzamento della temperatura delle aeree urbane rispetto alla temperatura delle aree rurali con differenze di temperatura anche fino a 6°C. In estate si determina un pericoloso picco di assorbimento elettrico per il condizionamento e rischio di black out, unito ad un innalzamento del livello di inquinamento e ad un aumento delle malattie e della mortalità. Le strategie individuate dall'EPA per ridurre il surriscaldamento urbano (Urban Warming) sono: incremento delle aree verdi, raffreddamento dei tetti degli edifici con pitture o membrane riflettenti (Cool Roofs), raffreddamento delle pavimentazioni urbane. Nel centro delle città, la grande concentrazione delle aree edificate e le pavimentazioni stradali, unite alla elevata conducibilità termica di alcuni materiali determinano un assorbimento del 10% in più di energia solare rispetto ad una corrispondente area coperta da vegetazione. Gli spazi "cementificati", inoltre, si riscaldano molto velocemente e si raffreddano molto lentamente, al contrario di quanto accade nelle campagne circostanti. La differenza di temperatura tra città e campagna è infatti massima qualche ora dopo il tramonto ed è minima nelle prime ore del pomeriggio. L'accumulo di energia termica e la difficoltà di disperderla poi nello spazio sono dovuti anche alla forma stessa degli spazi urbani, spesso caratterizzati da un'edificazione di tipo intensivo.

Con la diminuzione delle aree verdi si è andati incontro a una diminuzione della trattenuta idrica del terreno e all'aumento della velocità di scolo dell'acqua con conseguenze sempre più drammatiche per le aree fortemente urbanizzate nei periodi di forti piogge. Inoltre, un decremento delle aree verdi ha comportato, oltre al cambiamento a livello paesaggistico, anche una riduzione della capacità delle piante di trattenere inquinanti e di produrre ossigeno.

Un'inversione di tendenza potrebbe essere possibile adottando tecniche di cosiddetta "resilienza" urbana (vedi paragrafo 3), mirate all'individuazione di strategie volte a ridurre l'effetto isola di calore, a far fronte agli eventi improvvisi e violenti di pioggia, raccogliendo e regimentando le acque meteoriche, a valorizzare il verde pubblico anche con finalità di tipo sociale.

## **2. L'approccio di Transizione a scala di Campus Universitario**

La Transizione è un movimento culturale impegnato nel traghettare la nostra società dall'attuale modello economico, basato sulla logica di consumo delle risorse e di dipendenza energetica dai combustibili fossili, a un nuovo modello sostenibile non dipendente dal petrolio e caratterizzato da un alto livello di resilienza (Hopkins, 2012). Come è noto il termine resilienza esprime una

caratteristica tipica dei sistemi naturali, come capacità di un certo sistema, di una certa specie, di una certa organizzazione ad adattarsi in modo flessibile alle sollecitazioni e ai cambiamenti, anche traumatici, che provengono dall'esterno. La nostra società e in particolare le nostre città sono caratterizzate da un bassissimo livello di resilienza legato a elevati e insostenibili consumi di risorse, produzione di rifiuti, consumi energetici, inadeguato uso dell'acqua e modalità di trasporti, ecc. I progetti di Transizione mirano a creare comunità libere dalla dipendenza dal petrolio e fortemente resilienti attraverso la ri-pianificazione energetica e la ri-localizzazione delle risorse di base della comunità, dalla produzione del cibo all'uso delle risorse, alla organizzazione e condivisione dei servizi fondamentali. Si tratta per lo più di azioni e attività governate dal basso (approccio bottom-up), con una dimensione specificatamente in scala locale che però non preclude l'esistenza di altri livelli di relazione internazionale e globale.

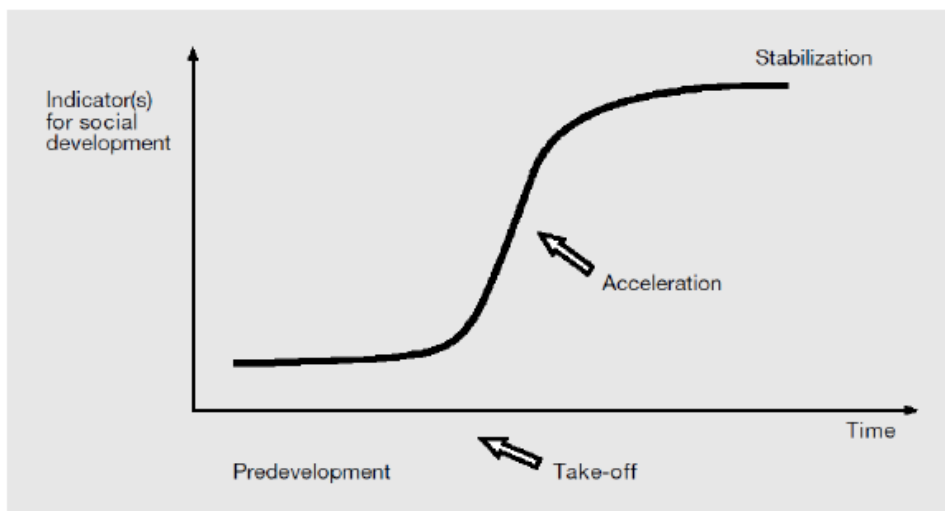
La transizione può essere definita come un graduale e continuo fenomeno di cambiamento nel quale le caratteristiche strutturali della società mutano. Essa non è né uniforme né deterministica, ci sono grandi differenze nella grandezza del cambiamento e nel periodo nel quale essa si manifesta. Il cambiamento può essere descritto come una serie di cambiamenti concatenati, che si rinforzano l'uno con l'altro, che hanno luogo in differenti aree, quali, tecnologia, economia, istituzioni, comportamento delle istituzioni e del cittadino, cultura, ecologia e religione.

Caratterizzante all'interno di questa concezione di cambiamento è la multi-dimensionalità delle dinamiche che trasversalmente attraversano più strati. Diversi sviluppi devono manifestarsi, insieme, all'interno di diverse domande per la realizzazione del mutamento. A livello concettuale si distinguono quattro differenti fasi di transizioni, riportate in figura 1 (Rotmans, J, 2001).

1. Fase di Pre-sviluppo (predevelopment): Stato di dinamico equilibrio nel quale lo status quo non subisce visibili cambiamenti
2. Fase di Decollo (take-off): Periodo in cui lo stato del cambiamento prende vita. Lo stato del sistema comincia a cambiare
3. Fase di Svolta (breakthrough): Stato nel quale visibili cambiamenti strutturali hanno luogo attraverso manifestazione socio-culturali, economiche, ecologiche e istituzionali. I mutamenti interagiscono tra loro guidando il cambiamento verso una determinata direzione. Durante questa fase di accelerazione ci sono dei processi di formazione collettiva, diffusione e propaganda, processo di inserimento all'interno del contesto coinvolto.
4. Fase di Stabilizzazione (Stabilization): stato nel quale la velocità del cambiamento diminuisce ed è cercata una nuova dinamica di equilibrio.

Il concetto di transizione può essere utilizzato a differenti livelli di aggregazione, ad esempio: industriale, settoriale, regionale o statale. In questo modo è possibile ottenere una tracciabilità dei processi di mutamento con un comune denominatore. L'omogeneità nel processo di analisi permette la comparazione tra eventi diversi. In termini di organizzazione sociale possono essere

distinti tre differenti livelli: micro, meso e macro. Il micro livello comprende gli individui e gli attori interni del sistema (aziende, movimenti per la sostenibilità). Il livello meso include le varie reti comunicative e le organizzazioni di rilievo. Infine, il livello macro comprende il conglomerato di istituzioni e organizzazioni di massimo rango (Unione Europea, federazione tra stati, movimenti internazionali).



*Figura 1 - Le quattro fasi della transizione*

Tale divisione si rifà alla suddivisione dei livelli sociali (Geels, 2005). In particolare a livello micro, si individuano delle nicchie, relative agli attori, alle tecnologie individuali e alle pratiche locali. A questo livello si possono manifestare fenomeni di cambiamento che partono dalle nuove ed alternative tecnologie oppure da mutate pratiche sociali.

Nascono così le Transition Towns, città e comunità, che sulla spinta dei propri cittadini decidono di intraprendere la strada della transizione. A scala urbana esistono le tecnologie e le competenze necessarie per costruire in pochi anni un mondo davvero diverso: la crisi profonda che stiamo attraversando è in realtà una grande opportunità che va colta e valorizzata.

Possiamo così individuare diversi ambiti applicativi; nello specifico della nostra analisi possiamo riferirci all'ambito urbano e all'ambito delle istituzioni/organizzazioni. In ambito urbano occorre verificare la fattibilità dell'applicazione dell'approccio della transizione per l'implementazione di percorsi di sostenibilità a livello di città. Per quanto riguarda l'ambito delle istituzioni/organizzazioni, come gli atenei, l'analisi deve riguardare l'implementazione di misure e di interventi che mostrano una sensibilità particolare in questo ambito. Le università possono contribuire a dimostrare la teoria e la pratica della sostenibilità attraverso azioni volte a comprendere e a ridurre gli impatti delle proprie attività. Storicamente, le esigenze di insegnamento e di ricerca hanno determinato una separazione strutturale di personale accademico

dalla gestione del campus. Ciò ha portato a ritenere che lavorare sul tema del campus sostenibile possa essere una distrazione dalla missione principale dell'università. In realtà, il campus stesso può diventare un'opportunità e un utile feedback per l'insegnamento, aiutando a mettere in pratica le attività di ricerca. E' possibile così ottenere una sinergia tra didattica, ricerca e attività del campus, sfruttando e valorizzando le competenze interne e i processi di apprendimento a beneficio del proprio sistema. L'università può così trasformarsi in una "nicchia" della transizione e in un "laboratorio vivente della sostenibilità".

#### **4. I progetti di "Terracini in Transizione"**

Il plesso Universitario di Ingegneria in via Terracini è sorto dapprima come sede dei laboratori pesanti di tutta la Scuola di Ingegneria dell'Università di Bologna e poi, da circa sei anni, ha accolto una parte dei Dipartimenti con le relative attività di ricerca e di didattica dei corsi di studio di Ingegneria Ambientale, Chimica e Gestionale. Si tratta di un plesso recente, un "Campus" sostanzialmente autonomo, che ben si presta all'attuazione di misure e interventi di sostenibilità con iniziative non solo di tipo tecnico ma anche strutturali e sociali.

Sono stati avviati negli ultimi mesi diversi progetti che si possono raggruppare nelle seguenti aree principali: sostenibilità e risparmio energetici, risparmio idrico e valorizzazione dell'acqua di rete, raccolta dei rifiuti urbani e informatici, autocostruzione di uno spazio per gli studenti adottando materiali e tecniche a basso impatto ambientale, l'applicazione dei concetti di resilienza, di green technologies e di progettazione "site specific" in ambito urbano. In particolare, si è creato un gruppo di lavoro costituito da docenti, studenti e personale tecnico-amministrativo che rappresenta a pieno titolo il primo gruppo universitario di transizione con l'obiettivo di promuovere progetti e azioni di sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

Uno degli aspetti più significativi di questa nuova iniziativa è senza dubbio il coinvolgimento degli studenti in laboratori didattici all'interno di alcuni corsi di insegnamento. Tali laboratori hanno l'obiettivo di far sperimentare agli studenti la forza della transizione, con particolare attenzione alle tematiche della sostenibilità ambientale. In questo lavoro si riportano esclusivamente i progetti ritenuti più significativi dal punto di vista della "città e delle comunità intelligenti" su scala urbana.

#### ***4.1. Interventi di Urban Green Technologies***

Fin dall'antichità il verde ha rappresentato un importante elemento ausiliario dell'architettura: le piante rampicanti impiegate per abbellire le facciate delle case o per evidenziare un ingresso, giardini pensili per arricchire un edificio o per migliorare la qualità dell'abitare. Con la nascita delle città e delle metropoli, emblema dell'evoluzione tecnologica e della continua corsa all'innovazione, tali sistemi sono in parte entrati in disuso e lo spazio destinato al verde è andato progressivamente riducendosi. La recente sensibilità nei confronti delle tematiche ambientali ha rimesso in discussione il ruolo della componente green nelle città. Il verde oggi è considerato a tutti gli effetti un materiale nella progettazione architettonica, da impiegare non solo come elemento di decorazione, ma anche come schermatura e chiusura, con molteplici benefici e vantaggi di tipo estetico, di comfort nonché di coibentazione termica e acustica.

Il verde sta assumendo quindi via via ruoli sempre nuovi, non più soltanto simbolici o decorativi, ma di reale risposta "di resilienza" urbana. Ormai è consolidato il riconoscimento dell'importante funzione microclimatica della vegetazione stimolandone un impiego "ambientale", per il comfort degli ambienti antropizzati interni ed esterni. In particolare, nell'ambito di una coscienza emergente e di fronte agli attuali squilibri ambientali della città contemporanea, sta prendendo corpo l'idea di una "green city", ovvero di una rinaturalizzazione della città attraverso vere e proprie iniziative di integrazione strutturale del verde con l'ambiente costruito. Si fanno strada, allora, interventi a grande scala, con la riprogettazione delle aree dismesse, fino a comprendere quelli di risistemazione e di piantumazione di spazi urbani minori (aree residuali e cortili). Le funzioni del verde urbano per il controllo ambientale, fino ad oggi riconosciute e dimostrate su basi scientifiche, sono quelle di: variazioni microclimatiche (temperatura, umidità, ventosità); depurazione dell'aria; attenuazione dei rumori; azione antisettica; difesa del suolo; conservazione della biodiversità; riduzione dei deflussi meteorici urbani.

Come si è detto, una delle conseguenze rilevate dall'inurbamento è sicuramente il problema del cambiamento climatico. Il disagio climatico degli ambienti urbani deriva dal surriscaldamento dell'aria, dovuto al calore, agli inquinanti in atmosfera, alla conformazione del tessuto della città. La grande concentrazione delle aree edificate e le pavimentazioni stradali, unite alla elevata conducibilità termica di alcuni materiali determinano un assorbimento del 10% in più di energia solare, rispetto ad una corrispondente area coperta da vegetazione. A parità di umidità e di temperatura, il comfort termico estivo nelle zone intensamente edificate è peggiore rispetto alle zone periferiche o rurali, a causa della diminuzione dell'intensità del vento (20-30%). La presenza della vegetazione nelle città può migliorare nettamente le condizioni microclimatiche, grazie ad una sensibile diminuzione delle temperature. Le variazioni di temperatura e

dell'umidità relativa dell'aria, indotte dalla presenza della vegetazione, sono dovute principalmente alla riduzione della radiazione solare incidente su edifici ombreggiati da vegetazione e ai processi di evapotraspirazione delle aree ricche di vegetazione.

#### *4.1.1 Tetti Verdi*

I tetti verdi sono definiti come un insieme di soluzioni progettuali di “verde tecnologico” che permette di ottenere una serie di benefici ambientali per la gestione delle risorse e la mitigazione dei cambiamenti climatici (Bonoli, 2013). I vantaggi che essi apportano sono molteplici: dal risparmio energetico alla mitigazione dell'effetto “isola di calore”, dal miglioramento del microclima all'attenuazione del deflusso superficiale, dalla riduzione della rumorosità in città alla rimozione o captazione di inquinanti atmosferici e al miglioramento della biodiversità urbana

Per quanto riguarda la struttura dei tetti verdi, essa si compone di strati di coltivazione e di drenaggio e di una copertura vegetale. La vegetazione utilizzata può andare da specie con bassissime richieste di manutenzione, ovvero quelle di tipo estensivo, ad altre con maggiori necessità perché di tipologia intensiva come ad esempio i tappeti erbosi.

Un aspetto progettuale importante è la tipologia di clima; in buona parte dell'Emilia Romagna, e in particolare a Bologna, l'ambiente è sub mediterraneo con presenza di un periodo estivo arido e limitante per la sopravvivenza delle specie vegetali. In tali condizioni climatiche è necessario utilizzare specie vegetali idonee a sopravvivere in tali contesti.

Nel plesso di Ingegneria di via Terracini recentemente è stato realizzato un tetto verde dotato di un' apposita strumentazione per la raccolta dati e per il monitoraggio ambientale (v. figura 2). Il tetto verde è stato installato sia per migliorare le performances del tetto e per una migliore integrazione della copertura vegetale con l'ambiente seminaturale circostante, sia, soprattutto, a scopo scientifico per poter indagare gli effetti delle infrastrutture verdi sul deflusso (runoff) delle acque meteoriche e sulla possibilità di utilizzare specie diverse da quelle tradizionalmente impiegate di tipo estensivo. In prospettiva sarebbe interessante la copertura totale della zona aule, come illustrato in figura 3, con l'intento di massimizzare i benefici sopra citati e offrire allo stesso tempo un ambiente gradevole e suggestivo. La copertura vegetale comprende tappeti erbosi e arbusti di medie dimensioni in modo da creare zone d'ombra in cui gli studenti possono trascorrere il tempo libero. La proposta, però, al momento risulta troppo onerosa e di difficile esecuzione.





*Figura 2 – Green Roof sui Laboratori DICAM di Ingegneria, sede Terracini*

### GreenRoof - Terracini



*Figura 3 – Ipotesi di progetto di copertura integrale*

#### *4.1.2 Pareti Verdi*

Per parete verde si intende un fronte edilizio ricoperto da specie vegetali rampicanti e/o ricadenti, aggrappate direttamente o indirettamente alla muratura tramite supporti di sostegno. Le pareti verdi possono adattarsi al contesto ambientale e alla morfologia dell'edificio, modificando la scelta della vegetazione e del sistema di sostegno. La realizzazione di una parete verde parte innanzitutto dalla scelta della tipologia di sistema. Oltre al verde verticale rampicante, "tradizionale", che sfrutta la capacità delle piante rampicanti di aggrapparsi a strutture di sostegno adeguate, esiste oggi una tipologia, molto più recente, che, inserendo in parete piante che normalmente si trovano nei giardini, crea vere e proprie opere d'arte.

L'introduzione del verde pensile rappresenta uno strumento di notevole importanza per il miglioramento delle condizioni microclimatiche, mitigando il fenomeno dell'urban warming, riequilibrando il ciclo dell'acqua meteorica, regimentando l'afflusso delle acque piovane verso le reti di drenaggio urbano, riducendo il fabbisogno energetico dell'edificio e le emissioni di CO<sub>2</sub>, filtrando una quota delle polveri inquinanti oltre che incrementare la biodiversità e riqualificare lo skyline urbano. Le piante e la vegetazione integrate negli edifici creano i presupposti per la costituzione di un involucro termico che durante il periodo estivo limita il surriscaldamento e nei mesi invernali riduce le dispersioni di calore, migliorando il comfort indoor.

I benefici ambientali che la creazione di queste scenografie botaniche porta con sé sono inoltre legati al gradevole effetto estetico, alla produzione di ossigeno, alla riduzione della radiazione solare incidente su edifici ombreggiati da vegetazione. Importante è inoltre l'abbattimento delle polveri, delle onde elettromagnetiche e degli inquinanti atmosferici: la fitta vegetazione intercetta il pulviscolo atmosferico veicolato dal vento e le polveri portate al suolo con le precipitazioni, costituendo passivamente un prezioso rilevatore della loro presenza. Ma il verde pensile offre vantaggi anche di altro genere, infatti la sua collocazione influenza la longevità degli strati d'impermeabilizzazione: oltre a tradursi in una riduzione della dispersione del calore, è associabile ad un effetto di protezione degli strati sottostanti agli sbalzi termici. La copertura a verde, infatti, protegge e tutela l'impermeabilizzazione in modo molto efficace e ne prolunga notevolmente la vita media. Le superfici non protette sono esposte a tutti i fattori climatici ed ambientali che ne determinano un rapido deterioramento: vento, pioggia, neve, grandine e raggi ultravioletti agiscono accelerando la velocità con la quale il materiale va incontro a processi degradativi.

Le ipotesi progettuali per la sede di Ingegneria vedono due soluzioni da realizzare singolarmente o in congiunzione. Il primo progetto si occupa della realizzazione di un sistema verde sulle due pareti delle aule TA02 e TA04, nella facciata laterale dell'edificio esposta a Nord-Est (figura 4 e figura 5).

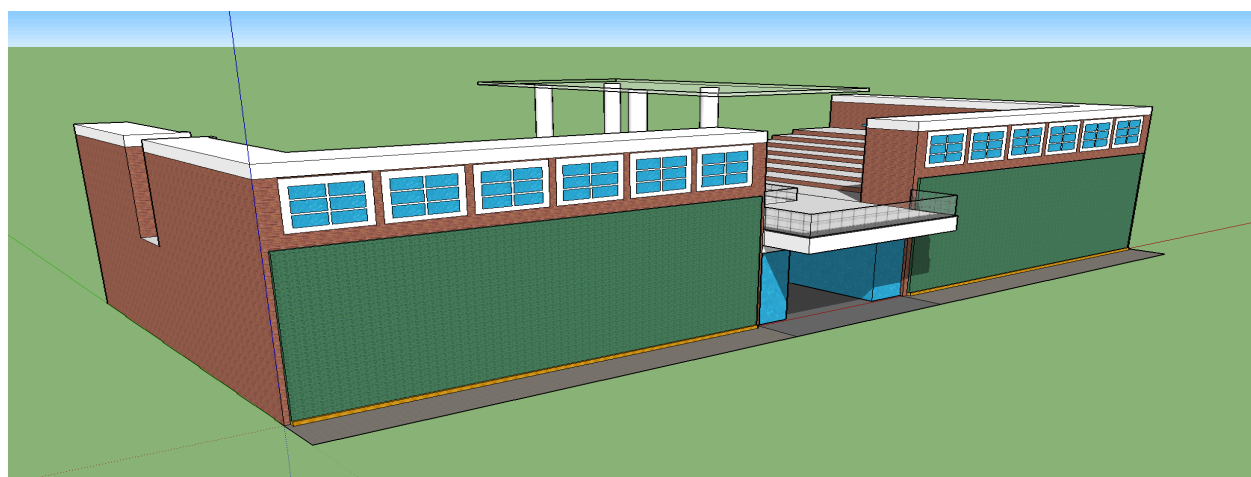
Un'importante motivazione che ha portato alla scelta di tale facciata è la sua vicinanza alla strada e a un'area fumatori, in modo da sfruttarne la capacità di assorbimento degli inquinanti presenti. La tipologia di pianta scelta è l'edera che risulta essere una delle piante maggiormente efficaci per la purificazione dell'aria. L'edera spicca tra le piante a foglia larga, con efficace funzione di assorbimento degli inquinanti, quali monossido di carbonio, anidride carbonica, polveri sottili PM10; risulta poi particolarmente efficace nel purificare l'aria dal benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> e dalla formaldeide HCHO.

Al momento dell'installazione del verde pensile occorre porre particolare attenzione alla tipologia d'impianto di sostegno per la pianta. Le piante autoportanti come l'edera hanno bisogno, all'inizio, di un supporto per meglio aderire a muri e tralicci. In seguito risultano del tutto autonome, al punto da arrivare anche a grandi altezze. I supporti più classici sono i grigliati e le reti (di metallo o plastica). Sono stati individuati inoltre altri tre parametri di progetto considerati rilevanti: la densità del verde, ovvero l'area delle foglie all'interno del volume di riferimento, la percentuale di copertura della parete, le caratteristiche geometriche della griglia di supporto. Per un certo livello di densità del verde, il flusso di calore ha una considerevole dipendenza dal valore della distanza della griglia di sostegno dal muro. Un valore maggiore di densità dà più libertà all'aria esterna che è in grado di entrare nell'intercapedine della griglia di supporto, aumentando il flusso di calore per convezione dall'esterno verso la parete dell'edificio. Di conseguenza è importante minimizzare sempre la distanza del sistema di sostegno dal muro. Inoltre, maggiore è la percentuale di copertura, maggiore sarà questa dipendenza in quanto la parete è meno esposta alla radiazione solare diretta. Una parete rivestita di edera con un valore di copertura minore del 30% tende ad avere prestazioni termiche simili a quelle di una parete non rivestita di essenze vegetali. Perciò per ottenere un vantaggio la percentuale deve essere superiore a tale valore. Comparata con una parete nuda, una parete rivestita completamente di edera (100%) è in grado di ridurre il guadagno solare fino al 37% e di portare ad un risparmio energetico complessivo dell'edificio fino al 4%.

Per creare il verde pensile per il tipo di pianta considerata, una soluzione ad hoc risulta essere la configurazione 'Gittersysteme'. Il sistema è costituito da una o più reti in acciaio inossidabile che vengono ancorate alla facciata attraverso particolari distanziatori, definiti da elementi cilindrici in acciaio inox fissati alla parete tramite viti con eventuale tassello.



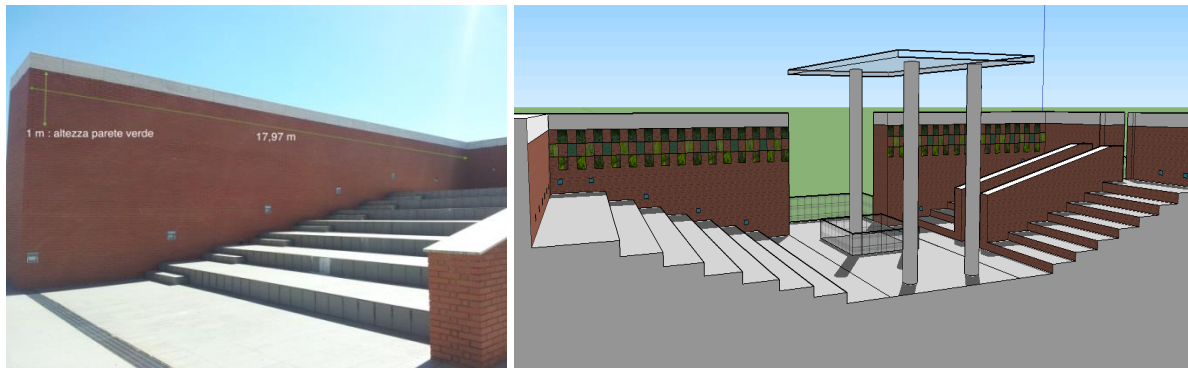
*Figura 4 – Facciata laterale dell'edificio esposta a Nord-Est (Aule TA02 e TA04), stato attuale*



*Figura 5 – Facciata laterale dell'edificio esposta a Nord-Est (Aule TA02 e TA04), ipotesi di progetto con copertura verde*



La seconda indicazione di progetto si occupa della realizzazione di un sistema di pareti verdi integrato con l'edificio (figura 6), focalizzato maggiormente su quelli che sono gli aspetti estetici che si possono ottenere dalla sua installazione con la realizzazione di una parete verde sulle due facciate orientate a Sud-Ovest della struttura. L'idea è di disporre i metri quadri di parete verde singoli, a scacchiera, in modo da coprire più superficie possibile, riducendo i costi e ottenendo un significativo beneficio di carattere energetico.



*Figura 6 – Facciata dell'edificio esposta a Sud-Ovest: stato attuale (a sinistra) e ipotesi di progetto con copertura verde a scacchiera (a destra)*

Come tipologia di parete verde, si è scelto il prato naturale, trattandosi di un sistema economico per facciate verdi integrate nell'involucro edilizio. Per creare questa soluzione unica si utilizza una composizione specifica di sementi da prato naturale, che cresce direttamente nei contenitori per substrato, con le seguenti caratteristiche: effetto prato naturale, facciata verde uniforme con zone di fioritura diverse, inverdimento totale raggiunto in poco tempo, consumo limitato d'acqua e fertilizzanti, manutenzione ridotta, peso saturo d'acqua complessivo di  $100 \text{ kg/m}^2$ . Si potrà raggiungere un effetto variegato di colori: verde con fioriture in primavera, estate e autunno, e un tappeto brunastro durante l'inverno. Insieme alla pregiata struttura in alluminio, la facciata crea una sinergia tra tecnologia, architettura e natura.

#### *4.1.3 Creazione di un orto urbano*

Negli ultimi anni, in diverse città italiane, si può notare un interesse sempre maggiore nei confronti degli orti urbani. Queste particolari aree verdi vengono viste sia come uno spazio in cui trascorrere il proprio tempo libero, in cui rilassarsi e riallacciare il contatto con la natura, sia come un luogo in cui coltivare prodotti freschi e di qualità.

Il luogo più idoneo nell'edificio di via Terracini risulta essere il giardino interno posto fra il corridoio d'ingresso della biblioteca e l'aula studio adiacente (figura 7). L'area oggetto di intervento si estende per una superficie complessiva di circa  $120 \text{ m}^2$ .

La prima fase del progetto prevede la realizzazione di un orto con contenimento al minimo di manodopera e manutenzione. I costi di realizzazione di questo intervento devono prevedere la fase di pacciamatura, ovvero la preparazione del terreno stesso con concimazione mediante l'uso di compost, e la regolarizzazione delle superfici. In questa fase deve essere anche previsto l'impianto irriguo che necessita dell'acquisto di un programmatore d'irrigazione automatico e di ali gocciolanti. La seconda fase è rappresentata dalla scelta delle piante che deve rispettare la stagionalità dei prodotti e la tipicità regionale. Si potrebbe prevedere una parte con piante aromatiche quali prezzemolo, rosmarino, salvia, ecc., ed un'altra parte dedicata alla coltivazione vera e propria degli ortaggi. La terza fase prevede la gestione dell'orto da affidare direttamente agli studenti. Come evidenziato da un sondaggio somministrato ad hoc agli studenti dell'ultimo anno della Laurea Magistrale di Ingegneria Ambientale e di Ingegneria gestionale, il 50 % degli studenti sarebbe disposto ad occuparsi dell'orto in cambio di un part-time retribuito, il 25% si è dichiarato disponibile alla cura dell'orto in cambio della suddivisione del raccolto, il 15% vorrebbe un riconoscimento in termini di crediti formativi, mentre il restante 10% gradirebbe un compenso in buoni pasto. In conclusione il progetto orto urbano non prevede dei costi eccessivi di realizzazione e manutenzione quanto piuttosto dedizione e passione.



*Figura 7 – Giardino interno idoneo alla collocazione dell'orto urbano: stato attuale (a sinistra) e ipotesi di progetto (a destra)*

#### **4. 2 Pavimentazione Drenante**

Un'importante proposta riguarda la costruzione di parcheggi drenanti maggiormente in linea con l'idea di efficacia e di tempestività della transizione, volta a un concreto miglioramento dell'ambiente circostante.

Il contesto in cui si inseriscono attualmente le pavimentazioni drenanti è molto complesso e si rendono necessarie alcune ulteriori riflessioni iniziali, oltre a quelle già indicate nei paragrafi iniziali relativamente ai cambiamenti climatici e alle azioni di resilienza urbana.

La piovosità media degli ultimi anni è decisamente diminuita e quindi l'acqua meteorica è diventata una ricchezza da salvaguardare (Cappellaro, 2013). Le stime parlano di una diminuzione della piovosità media nella zona della pianura padana fino a un 30% nei prossimi decenni. Le falde acquifere tendono quindi ad esaurirsi durante i periodi di siccità in quanto inadeguatamente alimentate. Gli eventi meteorici, soprattutto nel periodo estivo, sono brevi e di forte intensità e difficilmente la grande quantità di pioggia che cade durante questi eventi può essere raccolta dai tradizionali sistemi, quali pozzetti, caditoie di raccolta e condotte sotterranee. I sistemi tradizionali di raccolta, inoltre, convogliano le acque e le concentrano in singoli punti di dispersione e non vi è quindi una distribuzione uniforme e possono rivelarsi spesso inadeguati. Sulle pavimentazioni non drenanti le acque meteoriche "ruscellano" superficialmente creando pericoli alla circolazione e danni, ove sfociano, a strade e manufatti. Le pavimentazioni di asfalto creano un "microclima caldo" in quanto il calore accumulato durante la giornata viene liberato per irraggiamento nelle ore notturne e "intrappolano" polveri e gas inquinanti.

Le pavimentazioni drenanti non rappresentano la soluzione totale a queste problematiche, ma sono, indubbiamente, un mezzo per ottenere molteplici benefici. I drenanti infatti sono "eco-compatibili" in quanto assorbono le acque meteoriche e le lasciano permeare nel substrato favorendone il deflusso su un'ampia superficie ("effetto prato"), garantendo inoltre il mantenimento delle falde acquifere con un'alimentazione naturale, adeguato e costante. Possono contribuire alla creazione di un "microclima favorevole" in quanto non formano uno strato impermeabile e permettono alla terra di "respirare" accumulando meno calore durante l'esposizione al sole e conseguentemente irraggiando meno calore al tramonto. Infine necessitano di poca manutenzione e hanno una lunga durata, decisamente superiore e quella dell'asfalto.

Infine si possono riconoscere ulteriori vantaggi: dallo smaltimento naturale delle acque meteoriche al risparmio economico, dall'eliminazione delle barriere architettoniche alla sicurezza anche durante acquazzoni e temporali. Con gli elementi drenanti, se viene eseguita una idonea progettazione degli strati di sottofondo, è possibile eseguire urbanizzazioni prive dei tradizionali sistemi di raccolta delle acque meteoriche con notevoli risparmi in termini economici immediati (minori costi di urbanizzazione) e nel lungo periodo (minori costi di manutenzione).

La situazione attuale della zona studiata consiste in un parcheggio completamente impermeabile, per un'area complessiva di circa 3250 m<sup>2</sup> in cui le acque piovane vengono raccolte in apposite caditoie a griglia collegate all'impianto fognario. Nel caso di forti piogge, l'area è sottoposta a consistenti allagamenti che impattano negativamente sulla circolazione pedonale e veicolare. Nel

tempo, tali fenomeni comportano il degrado del manto stradale e intasamenti della rete fognaria con elevati costi di manutenzione.



*Figura 8 – Area parcheggio da destinare a superficie drenante (in giallo).*



*Figura 9 – Area parcheggio con evidenziato in rosso (ecodreno) la parte dedicata al parcheggio di motoveicoli*



Al fine di ridurre questi problemi l'intervento prevede l'applicazione di sistemi BMP (Best Management Practice) strutturali finalizzati al miglioramento della gestione delle acque piovane. In particolare, si è pensato di realizzare una pavimentazione drenante al fine di contenere i deflussi con lo smaltimento naturale delle acque meteoriche. La superficie destinata alla pavimentazione drenante è circa 1083 m<sup>2</sup> (figura 8) di cui 1010 m<sup>2</sup> realizzati in grigliato di calcestruzzo prefabbricato, destinati al parcheggio di autoveicoli, e 73 m<sup>2</sup> in ecodreno (figura 9), destinati al parcheggio di motoveicoli. L'utilizzo di due massetti differenti è importante in quanto la pavimentazione in grigliato non consente la stabilità dei motoveicoli durante il parcheggio stesso.

Sulla base dei dati pluviometrici di Bologna si è calcolato che le nuove pavimentazioni permeabili devono garantire un'infiltrazione di 20 mm. A valle della scelta dei migliori materiali, si è provveduto alla definizione delle fasi che vanno dall'esecuzione dello scavo di sbancamento all'esecuzione dello strato di sottofondo a granulometria aperta, che diventerà la parte resistente ai carichi, alla costruzione dello strato di allettamento della pavimentazione con inerte e allo stendimento di un geotessile tessuto/non tessuto ad elevata capacità filtrante e permeabile.

Successivamente alla messa in opera degli elementi drenanti e alla vibrocompattazione meccanica degli elementi, si ha il riempimento dei fori e degli interstizi degli elementi. Per la pavimentazione destinata a parcheggi costituita da grigliato inerbato gli interstizi si riempiono con terreno vegetale per favorire la crescita di erba.

#### ***4.3 Risparmio Idrico***

Il plesso di Ingegneria di via Terracini ospita circa 1500 persone ogni anno. La struttura risponde alle necessità idrico sanitarie di studenti, docenti e personale attraverso 125 WC e 125 lavandini. Per quanto riguarda i lavandini, questi si differenziano in due tipologie: i rubinetti presenti nelle zone comuni (circa il 60%) sono a pressione manuale, mentre quelli riservati alle aree ad uso di docenti e personale presentano l'apertura manuale.

Da una ricognizione mirata alla redazione di queste ipotesi progettuali si è riscontrato che una percentuale non trascurabile di WC appaiono non correttamente funzionanti e che la quasi totalità dei lavandini presenta incrostazioni di calcare significative che provocano getti non uniformi.

Nel caso dei rubinetti ad apertura classica è ipotizzabile la sostituzione del frangigetto.

Dopo aver analizzato i consumi di acqua medi nella struttura, si possono avanzare proposte di miglioramento implementabili nel breve periodo e a costi contenuti, quali:

- applicazione di adesivi distintivi sui pulsanti dei doppi scarichi dei WC (figura 10),

- distribuzione di volantini informativi o applicazione diretta di cartelli sulle pareti dei bagni per sensibilizzare maggiormente gli utenti ai temi del risparmio idrico,
- controllo delle perdite ai rubinetti,
- installazione di riduttori di flusso e di frangigetto

Nel medio e lungo termine per i bagni accessibili agli studenti, maggiormente utilizzati e più soggetti a guasti e degrado, si suggerisce l'adozione di rubinetti che erogano acqua secondo il reale bisogno dell'utente, quali rubinetti a pedale o con fotocellula, e la sostituzione delle attuali cassette dei WC con cassette start and stop a vista.



*Figura 10– Applicazione di adesivi informativi sui pulsanti dei doppi scarichi dei WC*

#### *4.3.1 Toilet Alternative*

Le soluzioni che realmente possono modificare in maniera sostanziale i consumi ed il modo di utilizzare i servizi igienici sono quelle a lungo termine. Una politica lungimirante nel settore idrico sanitario può aumentare la resilienza del luogo dove viene attuata e un investimento del genere può essere applicato pressoché ovunque, dal settore privato al settore pubblico, dal Paese industrializzato a quello in via di sviluppo.

Sono oggi in fase di studio e sperimentazione sistemi sanitari alternativi che riducono o eliminano l'utilizzo di acqua, applicabili in contesti dove può essere difficile l'approvvigionamento idrico o non è presente un adeguato sistema fognario. Presto sarà forse possibile cambiare completamente il modo di utilizzare i sistemi sanitari, con una riduzione drastica dell'uso di acqua. Al momento però l'unico sistema innovativo che può essere proposto

per il lungo termine per il plesso di via Terracini è un diverting toilet che consiste nell'utilizzo separato di due scomparti separati per geometria, in modo da raccogliere separatamente reflui liquidi e solidi; per quanto riguarda la parte legata agli scarti solidi, lo smaltimento rimane di tipo tradizionale o al massimo può essere adattato ad un sistema integrato ad hoc nella direzione del compostaggio con le attuali, scarsamente utilizzate, composting toilet.

#### *4.3.2 Recupero Acque Piovane*

Un'ulteriore strategia per la riduzione dei consumi idrici è il riutilizzo dell'acqua piovana, che può rappresentare una pratica interessante, sia per quanto riguarda la riduzione dei consumi di acqua potabile, che per la riduzione dei volumi scaricati in fognatura durante gli eventi piovosi più significativi. Un sistema di raccolta generico della pioggia si basa sui seguenti elementi principali: il sistema di intercettazione, il serbatoio, il sistema di sollevamento e quello di distribuzione delle acque per gli usi previsti. Il sistema di intercettazione, la cui funzione è quella di selezione e filtrazione delle acque destinate allo stoccaggio negli appositi serbatoi, è costituito dalla superficie di raccolta, ovvero il tetto, su cui scorre l'acqua piovana, dalle grondaie e dai discendenti che portano l'acqua dal tetto al serbatoio, dai deviatori delle acque di prima pioggia e dai filtri. Il sistema di distribuzione è a tutti gli effetti un impianto idraulico che serve a prelevare l'acqua dal serbatoio e a distribuirla agli apparecchi che la utilizzano, che devono quindi essere allacciati ad un doppio impianto che permetta il prelievo differenziato in relazione ai consumi e alla disponibilità delle riserve.

Prima di raggiungere le utenze finali, l'acqua raccolta nella cisterna deve essere trattata, al fine di eliminare qualsiasi rischio in fase di utilizzo per la salute. Il trattamento consiste in genere in processi di filtrazione e disinfezione.

## **5. Conclusioni**

L'approccio di transizione si rivela un valido supporto per la sperimentazione di nuovi modelli di sostenibilità. Inoltre le iniziative di transizione non si limitano ad agire solo a livello di singolo sistema, ma mirano ad espandersi, innescando processi partecipativi che contaminandosi permettono una diffusione del modello apportando benefici anche alla comunità locale. Grazie alla transizione è possibile generare nuove relazioni e accrescere le capacità per fronteggiare eventi di crisi verso un sistema più resiliente. Attualmente è in corso la sperimentazione dell'approccio della transizione all'interno del Plesso di via Terracini della Scuola di Ingegneria e

Architettura dell'Università degli Studi di Bologna. Una serie di idee progettuali sono state messe a punto nel corso dell'ultimo anno in tale contesto, figurando anche all'interno del Piano della Sostenibilità di Unibo. Il caso studio dimostra come attraverso un percorso di transizione sia possibile facilitare il cambiamento verso la sostenibilità e al contempo avviare nuove opportunità di intercorrelazione fra le attività di ricerca, di didattica e di "governance" dei plessi universitari. L'attività di ricerca proseguirà nell'immediato futuro con la realizzazione degli interventi e il relativo monitoraggio della loro efficacia. A questo riguardo, si procederà anche con la scelta di idonei indicatori di sostenibilità, che permetteranno di misurare quantitativamente i benefici ambientali raggiunti.

## **6. Ringraziamenti**

Le autrici desiderano ringraziare gli uffici tecnici amministrativi dell'Università per la sensibilità e la collaborazione. In particolare i responsabili di AUTC (Andrea Braschi, Roberto Battistini, Olivia Bernardi) e del Nu.Te.R. (Daria Prandstraller) e tutto il personale tecnico di via Terracini che ha collaborato ai progetti (Nicoletta Dolci, Francesca Cioffi, Stefano Benaglia).

Inoltre si ringraziano gli studenti del corso di Valorizzazione delle Risorse Primarie e Secondarie LM (AA. 2013/2014) che hanno partecipato ai progetti riportati in questo lavoro.

## **7. Bibliografia**

Bonoli, A.; Conte, A. Maglionico, M.; et al. (2013) "Green Roofs For Sustainable Water Management In Urban Areas" Environmental Engineering and Management Journal Volume: 12 Supplement: 11 Pages: 153-156.

Cappellaro, F; Bonoli, A.; Chiavetta, C. (2013) "Environmental Assessment of Introducing a Public Drinking Fountain within San Leo Town" Environmental Engineering and Management Journal Volume: 12 Supplement: 11 Pages: 145-148.

Geels F. W. (2005): The dynamics of transitions in socio-technical systems: A multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860-1930), Technology Analysis and Strategic Management, 17:4, 445-476

Hopkins R. "Manuale pratico della transizione. Dalla dipendenza dal petrolio alla forza delle comunità locali". Editore: Arianna Editrice, Febbraio 2012. ISBN: 8865880341

Rotmans, J; Kemp R. et al. (2001). "More evolution than revolution: transition management in public policy", Foresight 3 (1), .015-.031

## 8. ABSTRACT

“Transition” is an emerging approach for facilitating processes of changing and innovation towards sustainability. In this context, adopting a transition approach at University Campus level can facilitate a changing of these institutions adopting best practices aimed at reducing impacts and improving the sustainability. The University of Bologna started a sustainability process at University and single complexes level, explained in the Plan of environmental sustainability, named “Unibo Green”. In this issue several activities of "Terracini in Transition" are presented, that have the goal of transforming the School of Engineering and Architecture, Campus Via Terracini, in a living-lab of sustainability. The Campus of Via Terracini is a fairly recent plexus, which lends itself well to the implementation of measures and actions of sustainability initiatives, not only from a technical but also by structural and social point of view. There are several research topics related to "Terracini in Transition" and many applications that involve researchers, teachers, technical and administrative staff and students. Among these only some titles: roofs and green technologies for Terracini buildings, as examples of "urban green technologies", with monitoring devices for rainwater flows and thermal insulation of buildings, extension of a project for municipal waste and electrical and electronic waste collection with the aim to involve all University stakeholders to the topic of waste separation, public water valorization actions and water saving technologies application, etc. In the paper only some projects strictly merged with Urban Resilience concept and Urban Green Technologies are reported.

This case study shows how, through a process of transition, it could be possible to facilitate changing towards sustainability and at the same time to obtain new opportunities and useful feedback involving research, education and sustainable management. The transitional approach could be an effective support for the development of new models of sustainability not only at town and small social community, but also at University and public Institution scale. In addition, transition initiatives are not limited at the level of a single system, but aim to expand, triggering participatory processes that disseminate a diffusion model bringing benefits to the society. With the transition, it's possible generate new relationships more resilient respect the future challenges and crisis.