RIGENERAZIONE URBANA: UN INDICE AMBIENTALE CAPACE DI AUMENTARE L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Andrea Di Paolo[1], Marianna Nardino[2], Teodoro Georgiadis[2]

[1] Dottore Agronomo, socio AIAPP e AIVEP

[2] Istituto per la BioEconomia - CNR Bologna

Abstract: *La rigenerazione urbana è un'operazione di sostenibilità. A tal riguardo è stato individuato un indice ambientale capace di ridurre l'impatto edilizio. La scelta è ricaduta sul B.A.F. ma modificato, integrato e adattato alle caratteristiche di un comparto produttivo di Modena (B.A.F.MO): caso studio Villaggio Artigiano. Le motivazioni che hanno spinto all'elaborazione di questo indice, sono state principalmente: la possibilità di disporre di un efficace strumento di mitigazione e compensazione ambientale e il miglioramento dello spazio di vita per l'essere umano. Utili strumenti sono rappresentati dall'applicazione integrata delle tecnologie di gestione e recupero delle acque meteoriche con la realizzazione di superfici a verde (verde pensile, verde verticale e verde tradizionale) resilienti ai cambiamenti climatici.*

Parole chiave: *indice ambientale, mitigazione ambientale, compensazione ambientale, cambiamenti climatici.*

Urban regeneration: an environmental index helping to increase the climate change adaption

Urban regeneration is a sustainability operation. In this respect, an environmental index was identified to help reduce the construction impact. The B.A.F. index was chosen but it was modified, integrated and adapted to fulfil the requirements and the characteristics of the specific manufacturing sector in Modena (B.A.F.MO): Villaggio Artigiano case study. The possibility to use an effective tool for the environmental mitigation and compensation and the improvement of the living spaces and the economic benefit deriving from energy savings are the main reasons underlying the determination of this urban index. To this purpose, the integrated application of the technologies for the management and the recovery of rainwater with the creation of green surfaces (roof gardens, green-walls and traditional green) resilient to climate change represents a very useful tool.

Key words: *environmental index, environmental mitigation, environmental balance, climate change.*

INTRODUZIONE

Elementi fondamentali che possono essere utilizzati per la riqualificazione e rigenerazione delle nostre città vertono non solo sull'adozione di politiche urbanistiche e ambientali innovative, ma anche nell'inserimento di tecnologie e soluzioni progettuali che aumentino la sostenibilità e il comfort ambientale. Indispensabili risultano l'introduzione e l'applicazione di indici ecologico-ambientali per ridurre l'impatto edilizio, regolare il ciclo dell'acqua, intervenire sul microclima e promuovere il verde come strumento di progetto per il miglioramento del comfort ambientale negli spazi abitati.

La vegetazione viene intesa come un elemento costante nel progetto di architettura, ma spesso solo come elemento decorativo, legato al sussidio cromatico che il verde stesso offre. La

vegetazione, invece, può divenire uno strumento funzionale del progetto, sostituendosi alla sua alternativa tecnica, come fattore di schermo della radiazione solare incidente o componente per il controllo microclimatico o per la diminuzione dell'albedo o per migliorare il comfort termico dell'edificio; può essere altresì parte costruttiva dell'edificio, come avviene nell'uso dei tetti verdi o delle pareti verdi. Quest'ultimo impiego rappresenta l'esempio più innovativo di integrazione del verde in architettura, sul piano della tecnica impiegata, diventando parte integrante dell'involucro edilizio.

Un più consapevole impegno per l'utilizzo del verde nella pianificazione urbana e nella progettazione architettonica e paesaggistica ha dato il via a molteplici percorsi di ricerca e di analisi finalizzati all'emanazione di normative e linee guida che costituiscano un aiuto alla progettazione integrata architettura-natura con motivata attenzione all'ambiente. Diverse città nel mondo si sono dotate di indici ambientali, più o meno complessi; tra le tante si citano quelle italiane come Bolzano e Bologna, quelle europee come Berlino e Malmo, e nordamericane come Seattle.

Si tratta di indici di qualità ambientale che servono per certificare la qualità dell'intervento rispetto alla permeabilità del suolo e alla presenza del verde. Utili strumenti di mitigazione e compensazione ambientale sono l'applicazione delle tecnologie di gestione e recupero delle acque meteoriche, le tecnologie per il verde pensile, per il verde verticale e per il verde tradizionale, e anche le tecnologie di ingegneria naturalistica. Per Bolzano l'indice è il R.I.E. (Riduzione dell'Impatto Edilizio), mentre per Malmo è il G.S.F. (*Green Space Factor*) e per Seattle è il S.G.F. (*Seattle Green Factor*) e per Berlino è il B.A.F. (*Biotope Area Factor*).

Il R.I.E. non dà informazioni riguardo l'uso del verde verticale, mentre sulle coperture a verde entra nel dettaglio e prevede un coefficiente differente in base allo spessore del terreno utilizzato e alla diversa pendenza della copertura. Il B.A.F., invece, prevede coefficienti sia per il verde verticale che per il verde di copertura (coefficiente più alto, quindi più favorevole per il verde pensile). Il G.S.F., analogo al B.A.F., attribuisce, però, coefficienti più alti al verde verticale e di copertura, ma soprattutto è più incline all'uso del verde nelle costruzioni e prevede che gli spazi intorno alle abitazioni siano capaci di soddisfare un determinato coefficiente. Il S.G.F., anch'esso analogo al B.A.F., attribuisce, invece, lo stesso coefficiente, cioè lo stesso valore, alla copertura a verde e al verde verticale (Santi, 2008).

La sperimentazione compiuta su Modena, ha riguardato un ambito produttivo (il Villaggio Artigiano) realizzato tra gli anni '50 e '60 e, seppur rappresenti il comparto produttivo che ha contribuito alla ricchezza della società modenese, oggi rappresenta l'ambito più energivoro della città e quello che presenta maggiori criticità ecologico-ambientali (95% di superficie impermeabilizzata, scarsissima presenza di vegetazione, e una temperatura misurata a 1,8 m dal suolo tra le più alte in città).

Nella valutazione degli indici da adottare per la sperimentazione, il più idoneo è risultato il B.A.F., a cui sono state apportate opportune modifiche, integrazioni e adattamenti in base alle caratteristiche ed esigenze dell'area campione: il Villaggio Artigiano di Modena, da cui B.A.F.MO (Di Paolo e Ferrini, 2016).

Figura 1. Situazione attuale dell'ambito produttivo del Villaggio Artigiano di Modena Ovest (Fonte: Comune di Modena, 2011).

La Procedura

La procedura applicata al Villaggio Artigiano si basa sul B.A.F. (Biotope Area Factor). Il B.A.F. esprime il valore della porzione destinata alla vegetazione e/o ad altre funzioni legate all'ecosistema.

È un indice che mette in risalto il rapporto tra la superficie ecologicamente utile (o efficiente) del lotto e la superficie del lotto stesso.

Il B.A.F. è adattabile a tutte le forme urbane di uso (commerciale, residenziale, artigianale – industriale, strutture pubbliche, infrastrutture tecniche, ecc…) e individua dei minimi standard ecologici che una ristrutturazione edilizia o una nuova edificazione deve garantire.

Le potenziali aree verdi, quali coperture verdi, pareti verdi, corti e pareti per l'ombreggiatura, sono inserite nel B.A.F. Le indicazioni offerte dal B.A.F. assumono diversi valori, in base al tipo e alla misura della proprietà su cui si pensa di voler edificare *ex-novo* o apportare modifiche o estensioni al costruito.

Il B.A.F. impone un obiettivo (un minimo), lasciando però totale libertà al tecnico professionista per quanto riguarda i modi con i quali raggiungerlo.

Algoritmo di calcolo

La formula del B.A.F. è caratterizzata dal rapporto fra:

$$\frac{\text{Somma delle superfici ecologicamente effettive}}{\text{Area totale del lotto}}$$

intendendo il numeratore come la somma delle superfici che ospitano la vegetazione e/o altre funzioni ecosistemiche. Le diverse superfici hanno, quindi, un peso diverso in base a quello che viene definito "valore ecologico" che va da un minimo di 0 (superfici impermeabili all'aria e all'acqua prive di vegetazione) a un massimo di 1 (superfici di terreno su terreno - non terreno su soletta - con alberi, arbusti e specie erbacee). Applicando l'algoritmo di calcolo si giunge al valore complessivo del B.A.F. del lotto.

Requisiti prestazionali

Il requisito si intende rispettato se comporta il raggiungimento del minimo.

- Residenziale 0,60 B.A.F.
- Commerciale 0,30 B.A.F.
- Direzionale 0,30 B.A.F.
- Scuole 0,30 B.A.F.
- Strutture pubbliche 0,60 B.A.F.
- Infrastrutture tecniche 0,30 B.A.F.

Le ragioni che hanno determinato l'utilizzo di questo indice urbanistico modificato al contesto modenese per la sperimentazione (B.A.F.MO), sono state: avere a disposizione un efficace strumento di mitigazione e compensazione ambientale e di valorizzazione paesaggistica; proteggere e migliorare il microclima e la salute atmosferica; controllare l'uso del suolo e dell'utilizzo di acqua; migliorare la qualità delle piante e degli habitat degli animali; ottimizzare lo spazio di vita per le persone; incrementare la biodiversità negli ambienti antropizzati; migliorare l'aspetto dei singoli fabbricati e/o più in generale dell'intero insediamento /comparto.

Nel caso in cui i requisiti sopra esposti non siano di carattere cogente, è possibile incentivare l'applicazione su base volontaria attraverso un sistema di premialità. Il requisito si intende rispettato se comporta un significativo incremento del B.A.F. sia in termini di variazione di livello (es: passaggio dal livello 1 al livello 2), sia in termini di incremento (es: da 0,10 a 0,28 B.A.F. incremento significativo di B.A.F., ma sempre all'interno dello stesso livello), sia in termini di superficie. La seguente organizzazione a livelli collegata alle premialità riprende una proposta dell'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali di Modena (di cui Di Paolo ha contribuito alla redazione), però ulteriormente modificata, strutturata e integrata (Di Paolo, 2015). Nello specifico, il B.A.F. (originale) nell'Abaco relativo alla descrizione del tipo di superficie e fattore di moltiplicazione contiene delle casistiche che non sono in uso nel territorio modenese come ad esempio la realizzazione di fabbricati con riporti di terreno in copertura di 80 cm e pertanto questa voce non è stata inserita nel B.A.F.MO; oppure, sempre il B.A.F., prende come elemento distintivo tra i diversi pacchetti pensili lo spessore (>o< di 40 cm), nel B.A.F.MO, invece, non è stato considerato questo valore - dato quantitativo -, ma è stato considerato il coefficiente di deflusso, quindi un dato qualitativo e prestazionale; riguardo ai tetti verdi, per l'indice modenese il riferimento è la NORMA UNI 11235. Per il B.A.F.MO, a differenza del B.A.F., è previsto un Abaco degli interventi (verde tradizionale, verde pensile, verde verticale) che aiuta il professionista nel soddisfare il requisito dell'indice, ma allo stesso tempo lascia piena libertà nella scelta delle soluzioni tecniche e progettuali. In più, sempre nel B.A.F.MO, sono stati previsti e aggiunti dei livelli

di intervento e di incremento.

Quindi, al fine di incentivare le trasformazioni edilizie virtuose in grado di migliorare le prestazioni ecologico-ambientali dell'area oggetto d'intervento tramite l'adozione di buone pratiche che possono essere attuate sia sul patrimonio edilizio esistente che per nuovi costruzioni, l'applicazione del B.A.F.MO è stato messo in relazione ad un sistema di premialità. Infatti, la sua applicazione consente il monitoraggio del raggiungimento di specifiche soglie prestazionali e di valori misurabili di miglioramento rispetto alla situazione di partenza. Al raggiungimento dei valori prestabiliti e contenuti in specifiche tabelle che riportano il livello prestazionale raggiunto e il livello di incremento ottenuto (sia in termini di B.A.F.MO che di superficie realizzata), potranno essere assegnati specifici incentivi.

Premialità

Attestato Comunale:

- ⇒ riduzione fino al …% degli oneri di urbanizzazione;
- ⇒ riduzione fino al …% della quota relativa al costo di costruzione.

I valori percentuali di riduzione degli oneri di urbanizzazione e del costo di costruzione sono direttamente proporzionali alle prestazioni ecologico-ambientali raggiunte.

Per gli interventi minori, come la manutenzione straordinaria, si possono prevedere modalità di accesso al credito (mutui agevolati dedicati) oppure altre agevolazioni (es: IMU/TASI/TARI/…).

Ulteriori premialità possono essere previste per interventi che mirano a creare connessioni (spazi privati a uso pubblico regolamentato) all'interno degli isolati al fine di aumentare la permeabilità del tessuto urbano.

Metodi di verifica progettuale

Dovranno essere rappresentati sulle tavole di progetto tutte le opere previste, insieme agli elaborati esecutivi attestanti il raggiungimento degli obiettivi prestazionali. Dovrà essere presentata una adeguata relazione di calcolo delle diverse superfici con dimostrazione grafica.

Metodi di verifica finale

Il direttore dei lavori dimostra la conformità dell'opera eseguita in relazione al progetto degli interventi di miglioramento ambientale, mediante asseverazione. Qualora siano state realizzate modifiche a tali interventi sarà allegata documentazione progettuale che ne attesti il raggiungimento dei requisiti prefissati. Verifiche da parte dell'Amministrazione saranno eseguite a campione anche in corso d'opera.

LA SPERIMENTAZIONE

La sperimentazione sul Villaggio Artigiano ha messo in evidenza diverse criticità e debolezze del comparto, ma allo stesso tempo ne ha esposto le tante opportunità e potenzialità. Le criticità ambientali limitano fortemente il distretto produttivo, ma sono superabili comunque in gran parte attraverso l'adozione di politiche di pianificazione e modalità d'intervento volte al vero miglioramento dell'ambiente.

Come riportato anche dall'indice di Bolzano, i processi di degrado climatico dell'ambiente urbano sono in parte prodotti dalla sigillatura e impermeabilizzazione delle superfici. Queste situazioni, infatti, possono provocare sia un aumento delle temperature dell'ambiente esterno sia un ricircolo vizioso del particolato atmosferico. Tutto ciò è amplificato dall'assenza della vegetazione in quanto viene a mancare l'effetto mitigatore delle piante con l'evapotraspirazione, la

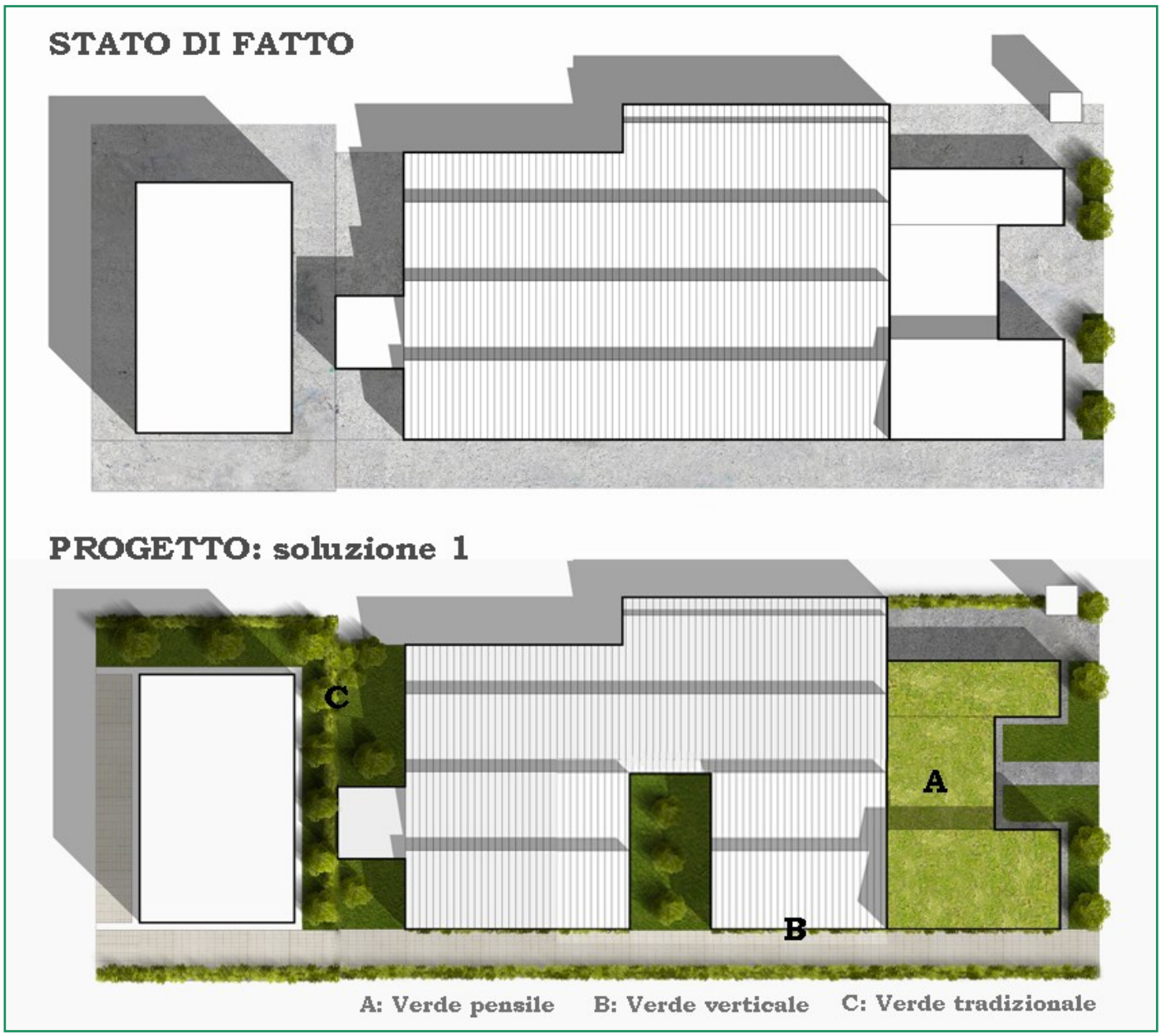


Figura 2. Esempio di applicazione dell'incide B.A.F.MO su due lotti campione affiancati: Stato di fatto e Progetto (Fonte: Di Paolo, 2015).

fissazione delle polveri e l'assorbimento dei gas nocivi. L'impermeabilizzazione del suolo e l'assenza di vegetazione, inoltre, determinano il veloce deflusso delle precipitazioni nel sistema fognario e nei corsi d'acqua causando forti criticità nella gestione delle acque meteoriche superficiali, le cui conseguenze, proprio a causa dei cambiamenti climatici, sono drasticamente aumentate. Da qui la necessità di un intervento di trasformazione urbanistica che intercetti il bisogno di un consistente miglioramento dello stato di fatto. Nel caso in esame, grazie all'introduzione di un indice ambientale, il B.A.F.MO, è possibile non solo aumentare la superficie permeabile e la presenza della vegetazione, ma soprattutto incrementare le superfici ecologicamente attive, grazie all'applicazione di un algoritmo che permette di raggiungere un obiettivo di comfort ambientale con interventi

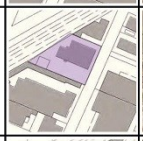
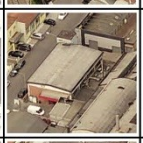
Lotto	Localizzazione	Vista aerea	Superficie Fondiaria m2	Superficie Coperta m2	Tipologia intervento			
					superfici permeabili	verde tradizionale	verde pensile	verde verticale
46			1038	824				
47			618	333			-	
48			1655	565				
48,1			2934	2122				
49			620	425				
50			602	442				
51			593	336				
52			989	507				
53			1477	826				
54			1976	1403				

Figura 3. Tipologia d'intervento (verde tradizionale, verde pensile, verde verticale) che consente, in via sperimentale, di soddisfare l'indice B.A.F.MO per alcuni lotti (Fonte: Di Paolo, 2015).

strutturati. Quindi, ottenendo un aumento non solo degli aspetti qualitativi, ma anche di quelli qualitativi e quindi performanti (Di Paolo, 2017).

Il B.A.F.MO è stato applicato su tutti i 126 lotti del Villaggio Artigiano e nessuno di essi, come stato di fatto, è in grado di soddisfare il valore di 0,30 (valore di riferimento per ambiti commerciali, artigianali). Nell'applicazione dell'algoritmo è stato privilegiato l'utilizzo del verde tradizionale e delle superfici permeabili al suolo, mentre per il verde "tecnico" è stato favorito l'utilizzo del verde in copertura (tetti verdi) rispetto al verde verticale (verde parietale) per i maggiori benefici ambientali che produce. Per raggiungere il valore limite di 0,30, solo nel 27% dei lotti è possibile intervenire esclusivamente con il verde tradizionale e con l'uso di pavimentazioni permeabili, nella restante parte dei lotti è necessario intervenire, solamente o come integrazione, con il verde "tecnico", cioè con il verde pensile nel 56% dei lotti e con il verde verticale nel restante 17%. Attraverso l'uso di un abaco realizzato *ad hoc*, si è agevolati nel garantire il rispetto degli aspetti performanti nei confronti della sostenibilità e dell'ecologia (Di Paolo, 2015).

Con l'applicazione del B.A.F.MO aumenta la presenza degli alberi che come è noto, svolgono delle prestazioni in termini ecologico-ambientali ben precise ma differenti da specie a specie e che a loro volta sono influenzate da diversi fattori quali il clima, il suolo, l'inquinamento, ecc… (McPherson, 2003). Nell'ambito di REBUS® -

REnovation of public Buildings and Urban Spaces, ideato dal Servizio Pianificazione Territoriale e Urbanistica dei Trasporti e del Paesaggio della Regione Emilia Romagna, è stato messo a punto un foglio di calcolo contente tutta una serie di dati prestazionali degli alberi. Utilizzando questa elaborazione si è potuti giungere a delle quantificazioni prestazionali che hanno un valore stimato e quindi indicativo, ma pur sempre utile ai fini progettuali (Segneghi, 2017). Di seguito si riportano alcune quantità dello stato di fatto e della proposta progettuale:

ALBERATURE presenti stato di fatto	Quantità
Alberi a maturità	60
CO_2 stoccata	77.172 kg
CO_2 assimilata	10.288 kg/y
O_3 abbattuto	8,56 kg/y
NO_2 abbattuto	8,56 kg/y
SO_2 abbattuto	9,66 kg/y
PM_{10} abbattute	9,6 kg/y

ALBERATURE da progetto	Quantità
Alberi a maturità	500
CO_2 stoccata	776.500 kg
CO_2 assimilata	89.100 kg/y
O_3 abbattuto	75,5 kg/y
NO_2 abbattuto	75,5 kg/y
SO_2 abbattuto	72 kg/y
PM_{10} abbattute	66 kg/y

In più, sono state individuate soluzioni di mitigazione con effetti di miglioramento dei parametri tecnici dell'ambiente edificato che contribuiscono anche in senso ampio all'evoluzione del paesaggio urbano aprendo nuove prospettive progettuali: potenziamento degli attuali "vuoti" e delle aree esterne per l'introduzione di superfici a verde e/o permeabili, con finalità di strutturazione degli spazi esterni; introduzione di superfici discontinue e filtranti; incremento e realizzazione del verde tradizionale e "tecnico". Infine, la considerazione del verde privato e degli spazi a uso pubblico in un'unica composizione organica risulta fondamentale per restituire un paesaggio urbano evoluto, nel quale gli spazi esterni, arricchiti sia dalle loro consolidate funzionalità sia da quelle di nuova concezione, diventino un valore aggiunto imprescindibile e risultino il luogo di un rinnovato dinamismo sociale.

Figura 4. Simulazione dell'applicazione dell'indice B.A.F.MO su tutti i lotti del Villaggio artigiano (Fonte: Di Paolo A., 2015).

LA SIMULAZIONE CON IL MODELLO ENVI-MET

Durante la rigenerazione degli spazi pubblici, quando si vuol tener conto sia della resilienza urbana che della qualità, spesso viene trascurato il

clima del luogo in cui ci troviamo. In realtà è molto importante considerare "l'aria" in cui stiamo operando con la nostra progettazione in quanto lo spazio pubblico è uno spazio all'aperto e perché se vogliamo costruire un ambiente resiliente e di qualità dobbiamo offrire benessere alle persone che poi andranno ad occuparlo.

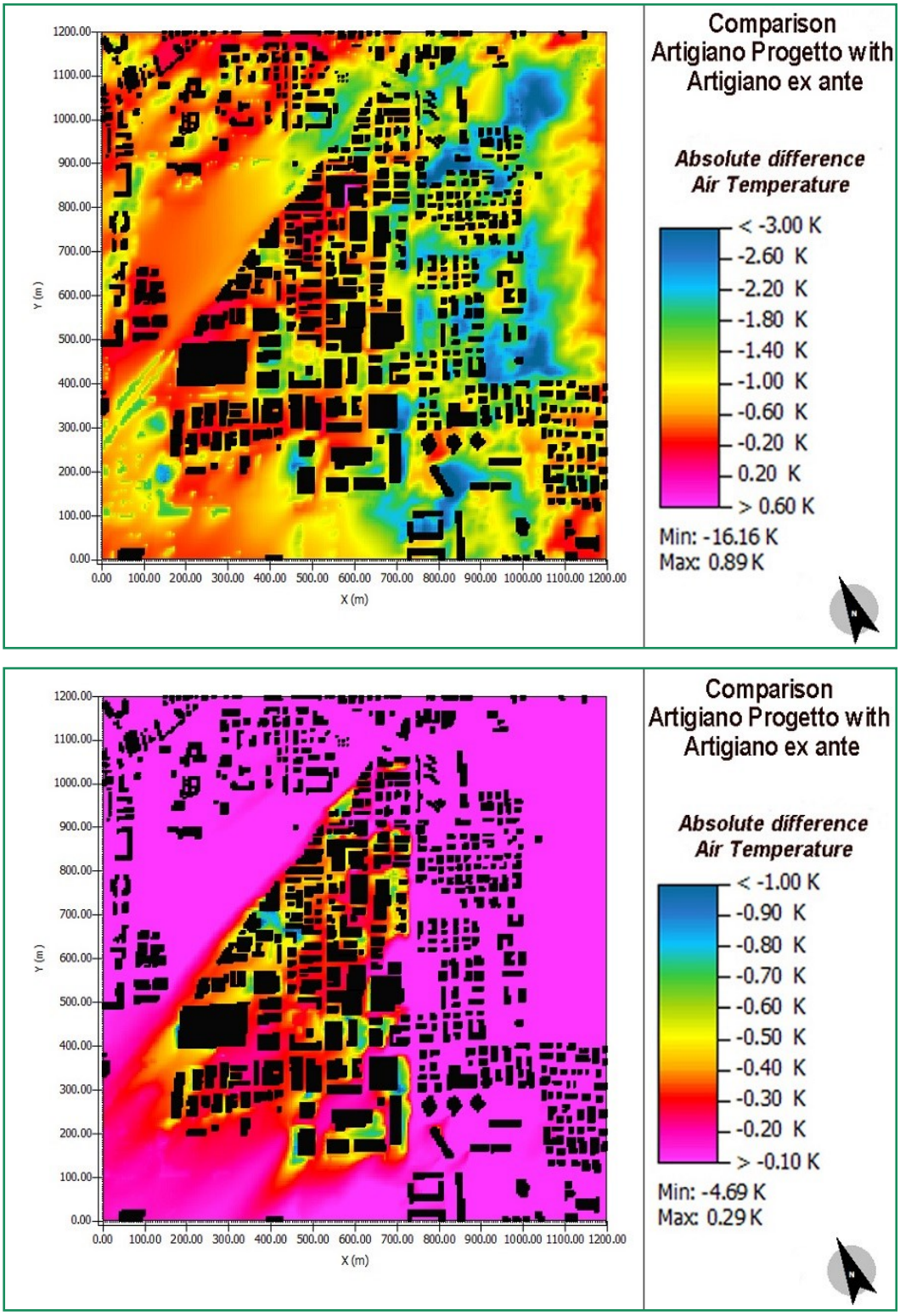


Figura 5. Differenza tra la temperatura dell'aria a 1.8 m dal suolo tra lo stato di fatto e lo stato di progetto alle ore 12:00 (in alto) e alle ore 02:00 (in basso). (Fonte: Elaborazione di M. Nardino).

ENVI-met è un modello microclimatico tridimensionale non idrostatico (Bruse and Fleer, 1998) in grado di simulare le interazioni superficie-pianta-aria in ambiente urbano con una risoluzione spaziali di 0.5-10 m e una risoluzione temporale di 10 sec. È un modello fluidodinamico in grado di simulare diverse variabili tra cui il flusso intorno e tra gli edifici, i processi di scambio di calore e vapore sia alla superficie del suolo che delle facciate degli edifici, gli scambi turbolenti, alcuni parametri della vegetazione, la bioclimatologia e la dispersione di particelle. Il modello ENVI-met può essere utilizzato per diversi scopi al fine di studiare e comprendere diversi aspetti dei canyon urbani

come gli effetti di orientamento e rapporto edifici/ verde sul comfort urbano outdoor, il ruolo della vegetazione per la mitigazione dell'isola di calore urbana, ecc…

I dati di input necessari per far girare ENVI-met sono costituiti dalla descrizione dettagliata del suolo (asfalto, erba, terreno nudo, acqua, …), dei palazzi (localizzazione, dimensioni), della vegetazione (presenza di alberi, altezza) e delle condizioni atmosferiche iniziali. Queste informazioni vengono inserite attraverso un'interfaccia grafica presente direttamente nel modello che permette di dare i giusti input per tutta l'area di interesse.

Le condizioni atmosferiche iniziali, necessarie per effettuare una simulazione sono: velocità e direzione del vento a 10 m; lunghezza di rugosità superficiale (z0); temperatura dell'aria e umidità relativa dell'aria.

Per la simulazione effettuata nell'area dell'Artigiano di Modena è stata considerata una giornata durante la quale si era registrata un'ondata di calore, 3 Agosto 2017, reperendo i dati meteorologici gratuitamente dal Sistema Dexter del Servizio IdroMeteoClima dell'ARPA Emilia Romagna:

- velocità vento: 1.7 m/s;
- direzione del vento:70 ° da Nord;
- Temperatura massima: 39.1 °C alle ore 14:00;
- Temperatura minima: 25.5 °C alle ore 03:00;
- Umidità relativa massima: 65% alle ore 02:00;
- Umidità relativa minima: 22% alle ore 14:00.

L'area di studio considerata è una griglia di 240x240x30 celle ognuna di dimensione 5x5x2 metri (1.200mx1.200m come dimensione orizzontale). La simulazione è stata effettuata per l'area dell'Artigiano di Modena considerando lo stato di fatto e lo stato di progetto per andare a capire e interpretare l'effetto del verde urbano inserito.

I risultati delle simulazioni ottenute per la variabile temperatura dell'aria sono riportate in Figura 5: viene riportata la differenza tra la temperatura dell'aria a 1.80 m ottenuta dalle due simulazioni alle ore 12:00 (sx) e alle ore 02:00 (dx). Si può notare come nelle zone dove è stato inserito il verde urbano sia in forma di piante al suolo che di tetti verdi si ottiene una diminuzione della temperatura consistente (da 0.5 a 1.5 °C) durante il giorno e intorno a mezzo grado durante la notte. La quantificazione quindi dell'inserimento del verde in un progetto di riqualificazione viene così dimostrata e il valore ottenuto è sostanziale sia in termini di miglioramento del benessere biometeorologico dei cittadini che di risparmio energetico guadagnato dall'abbassamento della temperatura.

Lo studio, pertanto, ha evidenziato come le variabili indagate svolgano un ruolo importante nella distribuzione della temperatura e nel determinare le condizioni di comfort. La presenza della vegetazione ha la capacità di mitigare le temperature estive e migliorare il comfort all'aperto, nonché di ridurre i carichi della domanda di raffrescamento grazie alle variazioni di temperatura prodotte, con conseguente risparmio di energia per la climatizzazione (Perini e Magliocco, 2014).

Infatti, i risultati hanno dimostrato che:

- le aree verdi sul terreno, cioè al suolo (erba, arbusti, alberi), quindi il verde tradizionale, sono più efficaci rispetto al verde "tecnico" nel ridurre le temperature potenziali estive a livello della strada, grazie alla presenza delle alberature ad alto fusto. Il verde tradizionale,

quindi, mitiga le temperature estive, migliorando il comfort termico all'aperto;

- i tetti verdi e le pareti verdi, quindi il verde "tecnico", sono più efficaci nel ridurre il carico di raffrescamento degli edifici; quest'ultimo è ugualmente un aspetto importante poiché nelle aree urbane molto dense, dove a causa della mancanza di spazio non è possibile realizzare spazi verdi, la presenza dei tetti o delle pareti verdi svolge comunque un effetto positivo sulle temperature estive e quindi sul comfort termico.

CONCLUSIONI

Con l'applicazione del B.A.F.MO su tutto l'ambito produttivo, la superficie impermeabilizzata al suolo scenderebbe dal 95% al 77%, quindi quasi del 20%, con significativi benefici sul ciclo e sulla gestione dell'acqua. Se, in più, venissero realizzati dei sistemi di recupero e riuso dell'acqua piovana attraverso la costruzione di impianti che consentissero il recupero del 100% dell'acqua piovana tramite una rete duale per usi non pregiati e/o smaltita nel sottosuolo, i vantaggi ambientali risulterebbero immediati e sostanziali. Ancora più evidente in termini di benefici ambientali ed ecologici sarebbe l'aumento della vegetazione non solo riguardo le superfici a prato o le superfici con piante erbacee perenni o arbustive, siano esse al suolo o su tetti verdi o pareti verdi, ma soprattutto come piante ad alto fusto. Infatti, si passerebbe da una presenza attuale di circa 60 alberi (soprattutto sempreverdi) a quasi 500 alberi (prevalentemente caducifoglie). In più nelle aree dove è stata inserita la vegetazione, sia in forma di piante al suolo che di tetti verdi, si ottiene una diminuzione della temperatura consistente soprattutto nelle ore giornaliere fino a 1,5 °C. Infine, più che apprezzabili sono i valori riguardanti l'assimilazione, lo stoccaggio e l'abbattimento dei gas nocivi e delle polveri sottili, proprio grazie alla presenza delle alberature.

Quindi, gli interventi proposti, a seguito dell'applicazione dell'indice B.A.F.MO, da un lato mirano ad un incremento della qualità del tessuto urbano, dall'altro producono i seguenti vantaggi di carattere ambientale: aumento della superficie permeabile, intercettazione degli inquinanti; miglioramento dei microclimi; regimazione idrica e ciclo dell'acqua; abbattimento dei rumori; comfort termico; aumento della biodiversità; riduzione dell'utilizzo delle fonti energetiche non rinnovabili; ecc… Vi sono, poi, altre funzioni svolte dal verde come quella paesaggistica, estetica, ricreativa, culturale, igienica, benessere psicologico, ecc….

In questo quadro generale, sia che si tratti di mitigazione sia che si tratti di adattamento ai cambiamenti climatici, le soluzioni proposte per la rigenerazione urbana hanno come principale riferimento l'incremento della vegetazione e la gestione delle acque (Dessì et al., 2018). Lo strumento che ci consente di operare in tal senso, come è stato illustrato, è l'applicazione di specifici indici. Infatti, l'indice ecologico-ambientale è un indice che esprime la qualità ambientale che serve per certificare la qualità di intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo e al verde attraverso l'uso di coefficienti dal "valore ecologico" (Di Paolo et al., 2016).

La presenza della vegetazione in ambito urbano è da considerarsi una irrinunciabile risorsa grazie al miglioramento della qualità della vita che produce e agli effetti che ha sull'ambiente e sul clima (Scudo e Ochoa de la Torre, 2003). Evidenti sono anche i vantaggi sul mantenimento e incremento

della biodiversità negli ambienti antropizzati. L'infrastruttura verde (la rete interconnessa di zone naturali, verde urbano, verde periurbano, …) può svolgere un ruolo di primo piano in termini di adattamento. La vegetazione può agire in modo efficace, performante e anche meno costoso di altre soluzioni nel ridurre l'impatto dei cambiamenti climatici e nel rendere l'ambiente urbano più resiliente.

La vegetazione si rileva determinante per la sostenibilità soprattutto quando l'analisi scientifica si pone come obiettivo di valutare il verde nei confronti del metabolismo urbano. Si tratta di una modellazione concettuale tesa a capire le implicazioni energetiche e biofisiche in entrata e in uscita da un sistema, per calcolare il bilancio ambientale di una città. In questo contesto è estremamente evidente come le funzioni del verde assumano un'importanza fondamentale e strategica (Bit, 2014). La qualità urbana, intesa anche come qualità ecosistemica, non può prescindere dalla vegetazione e la città deve essere assoggettata il più possibile a comportamenti biomimetici, per ridurre gli impatti generati dall'uomo sull'ambiente, sul paesaggio e sulla natura.

L'obiettivo generale, quindi, è la qualità urbana. Ciò significa anche incentivare l'uso e la qualità del verde, creando giardini e aree verdi fruibili, aumentando l'accesso al sole o all'ombra, creando scorci caratteristici legati alla storia dei luoghi, utilizzando materiali sani senza l'uso della chimica che ne alterino la natura e riducendo i fattori inquinanti di ogni tipo. Un incremento studiato, organizzato e lungimirante del verde nel panorama cittadino risponde a molte richieste relative agli ambiti del benessere, della salubrità, della qualità ambientale, della vivibilità armoniosa anche nei luoghi di lavoro. Tutto questo si traduce in un miglioramento della qualità della vita.

Rigenerare significa non solo dare delle dimensioni percettive, abitative e produttive che permettano una più alta qualità della vita, in base alle aspirazioni della società, ma anche adottare procedure e soluzioni volte a un vero miglioramento dell'ambiente; miglioramento questo da tutti evocato, ma non sempre perseguito.

BIBLIOGRAFIA

Bit E. (a cura di), 2014. *Come costruire la città verde*, Sistemi Editoriali, Napoli.

Bruse M., Fleer H., 1998. *Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model*. Environmental Modelling and Software, 13, 372-384.

Comune di Modena, 2011. *Sistema delle regole urbanistiche per il P.O.C. di riqualificazione del settore Modena Ovest*. Atti del Workshop POC MOW Ambito Villaggio Artigiano, Modena 5-6 novembre 2011.

Dessì V., Farè E., Ravanello L., Salomoni M.T., 2018. *Rigenerare la città con la natura*. Regione Emilia Romagna, Politecnico di Milano, Guide interdisciplinari Rebus@Renovation of public buildings

and urban spaces. Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.

Di Paolo A., 2015. *Rigenerazione urbana: l'applicazione dell'indice B.A.F. ("Biotope Area Factor") come strumento per il miglioramento del comfort ambientale di un ambito produttivo (caso studio il Villaggio Artigiano di Modena")*. Tesi di Laurea in Architettura del Paesaggio, relatore Prof. F. Ferrini, correlatori Prof. G. Paolinelli e Ing. M. Capucci. Scuola di Architettura, Università di Firenze.

Di Paolo A., 2017. *Green City. The application of the environmental index for the improvement of urban well-being in an industrial area of Modena*. Book of abstracts of GREENER CITIES for more efficient ecosystem services in a climate changing world. Bologna 12-15 settembre 2017: 45.

Di Paolo A., Ferrini F., Diamanti S., 2016. *Rigenerazione urbana: una proposta di metodo per città sostenibili*. Topscape, Paysage n.23/2016:55-58.

Di Paolo A., Ferrini F., 2016. *Rigenerazione urbana: più natura dal principio*. Acer N.2/2016:31-35.

McPherson E., 2003. *A benefit-cost analysis of ten street tree species in Modesto*. California, U.S. Journal of Arboriculture. 29(1): 1-8.

Perini K. e Magliocco A., 2014, *Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort* in "Urban Forestry & Urban Greening". 13: 495–506.

Santi V., 2008. *Gli strumenti normativi inerenti l'uso del verde in copertura e in facciata*. Scuola di dottorato dell'Università IUAV di Venezia, a.a. 2007-2008.

Scudo G., Ochoa de la Torre J.M., 2003. *Spazi verdi urbani*. Sistemi Editoriali, Napoli.

Segneghi F., 2017. *Valutazione Benefits* in "Gli alberi e la citta di Salomoni M.T.". Regione Emilia Romagna, Rebus@Renovation of public buildings and urban spaces.