

PROPOSTA METODOLOGICA PER LA COSTRUZIONE DI UN INDICE DI SOSTENIBILITÀ ENERGETICO-AMBIENTALE A SUPPORTO DEI PROCESSI DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Roberto GERUNDO¹, Michele GRIMALDI², Alessandro SINISCALCO³

SOMMARIO

La sostenibilità dei processi di antropizzazione deriva, in modo diretto o indiretto, dai corrispondenti livelli di sostenibilità dei processi di trasformazione urbana. Il 40% circa di tutte le risorse naturali ed energetiche dei paesi europei è impiegato nel sistema dell'edilizia, in relazione alle fasi di produzione dei materiali da costruzione, all'utilizzo del territorio, alla realizzazione, manutenzione ed uso degli edifici e, sempre il comparto edilizio, immette in atmosfera il 35% dei gas serra. Negli ultimi venti anni è emersa una sempre maggiore attenzione verso la sostenibilità della città e dei suoi quartieri, trovando spazio all'interno del dibattito politico e della progettazione urbana, grazie al riconoscimento delle stesse città quale campo naturale di applicazione degli obiettivi definiti dagli accordi internazionali e delle politiche nazionali concetti di sviluppo sostenibile e sostenibilità energetica (Commission of European Communities, 2007). Nel presente contributo si intende indagare la dimensione energetico-ambientale della sostenibilità dell'intervento urbanistico, con riferimento alla scala che produce gli esiti più concreti, quella del quartiere, per la costruzione di un indice che consenta di controllare e indirizzare, le trasformazioni indotte dell'intervento urbanistico.

¹ Università degli Studi di Salerno, via Ponte Don Melillo - 84084, Fisciano (SA), e-mail: r.gerundo@unisa.it.

² Università degli Studi di Salerno, via Ponte Don Melillo - 84084, Fisciano (SA), e-mail: migrimaldi@unisa.it.

³ Università degli Studi di Salerno, via Ponte Don Melillo - 84084, Fisciano (SA), e-mail: alsiniscalco@unisa.it.

Introduzione

La sostenibilità ambientale ed energetica nella progettazione urbana si impone oggi in maniera ineludibile all'attenzione sia dei city makers sia dei city users. Paradossalmente, ciò avviene quasi in coda ad una evoluzione che ha riguardato prima la piccola scala (con riferimento alla grandezza dell'oggetto dell'analisi, non alla sua diffusione), si pensi all'ecolabelling degli elettrodomestici, dei materiali da costruzione, per poi investire, in maniera significativa, l'architettura del singolo edificio, i suoi aspetti tecnologici ed impiantistici, la sua integrazione/interazione con la componente vegetale. Allo stato, in ambito edilizio coesistono diversi protocolli (BREEAM, LEED, GBC, HQE, CASACLIMA) ormai consolidati, basati su di una serie di indicatori che consentono di controllare l'intero processo edilizio, dall'approvvigionamento dei materiali da costruzione per l'edificazione, al loro smaltimento e/o reimpiego al termine del ciclo vitale dell'opera (LCA, life cycle assessment), contemplando nel mezzo l'aspetto manutentivo e il mantenimento in uso (con relativi consumi energetici e conseguenti emissioni inquinanti).

In campo urbanistico, il rinnovato interesse ai criteri di sostenibilità energetico-ambientale è relativamente recente, nella misura in cui recenti sono gli approcci scientifici di codificazione e protocollazione di procedure, parametri e indicatori di sostenibilità in tale ambito. E' del tutto evidente quanto sia indispensabile l'allineamento tra la progettazione architettonica e la progettazione urbanistica sostenibili, poiché scelte strategiche, pianificatorie e normative non orientate alla sostenibilità, potrebbero rendere parzialmente inefficaci le realizzazioni puntuali sul territorio, per quanto modellate sui principi della ecosostenibilità e rispettose dei parametri di qualsivoglia protocollo.

Obiettivo del presente contributo è la costruzione di un indice, definito di sostenibilità dell'intervento urbanistico (Isiu), che consenta di controllare, in maniera quantitativa, il grado di sostenibilità tanto del singolo intervento edilizio ancora da attuare, quanto di un tessuto urbano esistente, attraverso l'individuazione di ambiti omogenei per caratteristiche energetico-ambientali.

Per quanto riguarda la costruzione dell'indice, si provvede innanzitutto all'individuazione delle componenti interessate dall'intervento urbanistico e ad un opportuno set di indicatori per misurare le diverse componenti prese a riferimento, ricorrendo alla schematizzazione del modello DPSIR (figura 1), quindi all'aggregazione di questi ultimi mediante una combinazione pesata degli stessi.

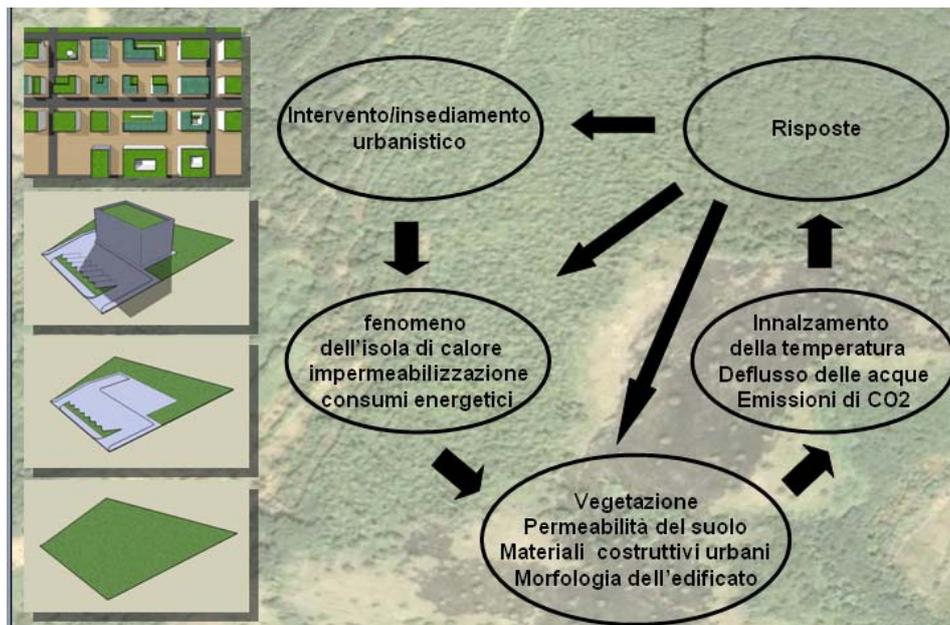


Figura 1 – Schematizzazione secondo il modello DPSIR

L'Isiu può essere utilizzato, sia come strumento di analisi del tessuto urbano preesistente, al fine di supportare una strategia di riqualificazione energetica, individuando quelle parti di tessuto che necessitano di specifici interventi, sia per indirizzare le scelte progettuali del piano urbanistico e verificare la qualità delle trasformazioni previste dal piano urbanistico.

La metodologia sviluppata è stata testata sul tessuto insediativo di un comune della regione Campania, discretizzato in lotti e isolati e sui comparti di trasformazione urbanistica, previsti dallo strumento urbanistico generale del medesimo comune. In tal modo, si è avviata un'analisi parametrica su un numero statisticamente significativo di isolati esistenti, differenziati per epoca, e di isolati di progetto, a partire dall'applicazione dei singoli indicatori. Si è quindi, indagato il campo di variazione di ciascuno di essi, al fine di individuare dei range di variazione in grado di interpretare le diverse caratteristiche energetico-ambientali e, conseguentemente, validare valori soglia dell'indice che consentano di esprimere giudizi circa la sostenibilità delle nuove trasformazioni indotte da interventi urbanistici preventivi.

1 Metodologia

Il percorso metodologico si articola in due macrofasi:

- *individuazione di opportune componenti e selezione dei necessari indicatori per la misurazione delle stesse;*
- *costruzione dell'Isiu ed interpretazione dei risultati.*

1.1 Prima fase

In merito alla prima fase, le componenti individuate, rappresentative dello stato della struttura urbana interessata dall'intervento urbanistico, sono:

- *vegetazione;*
- *permeabilità del suolo;*
- *materiali costruttivi urbani;*
- *morfologia urbana.*

Successivamente sono stati selezionati in corrispondenza di ciascuna componente un set di indicatori di controllo (figura 2).

Aree tematiche di riferimento	Indicatori di sostenibilità urbana
Vegetazione	Copertura vegetale del suolo (COS)
Permeabilità del suolo	Rapporto di permeabilità (Rp)
Materiali urbani	Coefficiente di riflessione medio (Cm)
Morfologia urbana	Densità del costruito Geometria degli edifici

Figura 2 - Indicatori di sostenibilità urbana selezionati

Vegetazione e permeabilità del suolo

Per considerare la presenza vegetale su una superficie fondiaria (Sf) o territoriale (St) in letteratura ci si rifà al *coefficiente di occupazione del suolo* (Cos_{vegetale}) (Arnofi et al., 2000).

Il Cos_{vegetale} è un indicatore di modesta complessità che si propone di affiancare agli altri parametri inerenti al costruito una misura della presenza vegetale, approssimando la percezione visiva di differenti assetti di verde urbano, anche in funzione della permeabilità dei suoli e della relativa ritenzione idrica. Si calcola, rispetto alla superficie fondiaria o territoriale, mediante la formula:

$$\text{Cos}_{\text{vegetale}} = \left[(\text{Salb} + \text{Halb}) + (\text{Sav} + \text{Hav}) \right] / \text{Sf (o St)}$$

Salb = superficie alberata;

Halb = altezza degli alberi;

Sav = superficie occupata da aiuole e verde pensile;

Hav = altezza delle aiuole (per le quali se ne assume una virtuale di 10 cm) e del verde pensile;

Sf = superficie fondiaria o St=superficie territoriale.

Il potenziale approvvigionamento diretto della falda acquifera viene tenuto in considerazione attraverso il rapporto di permeabilità:

$$R_p = S_p/S_f$$

In cui: $S_p = \sum_{i=1}^n S_{pi} \frac{1}{\psi_i}$, rappresenta la superficie permeabile data dalla somma delle singole superfici esposte alle acque meteoriche, considerate in base al loro grado di permeabilità;

ψ_i = coefficiente di deflusso del materiale di cui è costruita la i-esima superficie permeabile.

A partire da tali indicatori si costruisce l'indicatore di controllo della vegetazione e permeabilità dei suoli (I_1).

Materiali costruttivi urbani

Tale componente è strettamente connessa al fenomeno dell'*isola di calore urbano*. Per isola urbana di calore (Uhi, Urban Heat Island) si intende quel fenomeno che colpisce essenzialmente le aree metropolitane le quali risultano significativamente più calde delle aree rurali che le circondano. La differenza di temperatura, di solito, è maggiore di notte rispetto al giorno ed è più elevata d'inverno rispetto all'estate. Il fenomeno è relazionabile a tutte quelle modifiche della superficie del suolo attribuibili alla trasformazione urbana. Man mano che la popolazione all'interno del centro abitato aumenta, esso tende ad allargarsi e, così, a modificare sempre maggiori porzioni di suolo adiacente, creando, di conseguenza, un aumento della temperatura media ed una vera e propria isola climatica costituita dalla città. Le conseguenze più disastrose di tale effetto sono le ondate di calore che d'estate periodicamente colpiscono le aree urbane. Le possibili cause che portano alla formazione dell'isola di calore (Oke, 1987 - Christen e Vogt, 2004), possono essere riassunte nei seguenti processi:

- aumento dell'assorbimento della radiazione solare a causa di una differente albedo, unito a riflessioni multiple nei canyon urbani;
- raffreddamento radiativo minore a causa della riduzione del fattore di vista del cielo (sky view factor) causato dalla presenza di edifici elevati;
- grande accumulo diurno di calore negli edifici e successiva cessione notturna;
- immissione diretta o indiretta di calore nei *canyon urbani*;
- riduzione del mescolamento atmosferico a causa della scarsa ventilazione provocata dalla presenza di edifici alti che aumentano la *scabrezza*. I fenomeni che generano tali variazioni

nella distribuzione orizzontale del campo di temperatura producono anche modificazioni della struttura verticale dello *Strato limite atmosferico* (Sl_a).

Le ricerche sul clima urbano, fanno riferimento ad uno schema della struttura dell'atmosfera suddiviso in *layers* (figura 3). Per semplificare il concetto, diremo che, al di sopra della città, lo strato d'aria entro il quale vi sia un'influenza da parte della superficie urbana sul flusso e sulle caratteristiche dell'atmosfera, è definito come *boundary layer* (strato limite urbano). Esso delimita una *cupola*, che risulta deformata nel senso delle correnti aeree (spingendosi sottovento verso la campagna).

All'interno del boundary layer, viene individuato, a partire dal suolo, uno strato che delimita la *volta urbana* (urban canopy layer); stendendo un ideale lenzuolo sui tetti delle case, il *canopy layer* è ciò che rimane al di sotto ed è caratterizzato dalla *rugosità* (alternanza di spazi, strade, piazze, di ostacoli; è uno strato analogo a quello che si crea sotto gli alberi di una foresta). Al livello dei piani di copertura degli edifici, si hanno delle condizioni ibride, tra i microclimi indotti dalle caratteristiche dei tetti stessi, e l'influenza del *canopy layer*, ovvero del microclima presente nelle strade e piazze sottostanti.

Si individua, inoltre, un ulteriore livello, che è delimitato dalla quota alla quale il mix di tali microclimi è completato: questo strato (*roughness sublayer*) ha uno spessore variabile, che dipende dalla *rugosità* della superficie sottostante, ossia dalle caratteristiche urbane (rapporto tra vuoti e pieni, altezza degli edifici, larghezza delle strade, ecc): il limite del *roughness sublayer* in caso di urbanizzazione compatta è stimabile in una volta e mezza il *canopy layer*, ma può arrivare a quattro volte il *canopy* in aree molto irregolari e aperte. Lo strato superiore del *boundary layer* è denominato *inertial sublayer*.

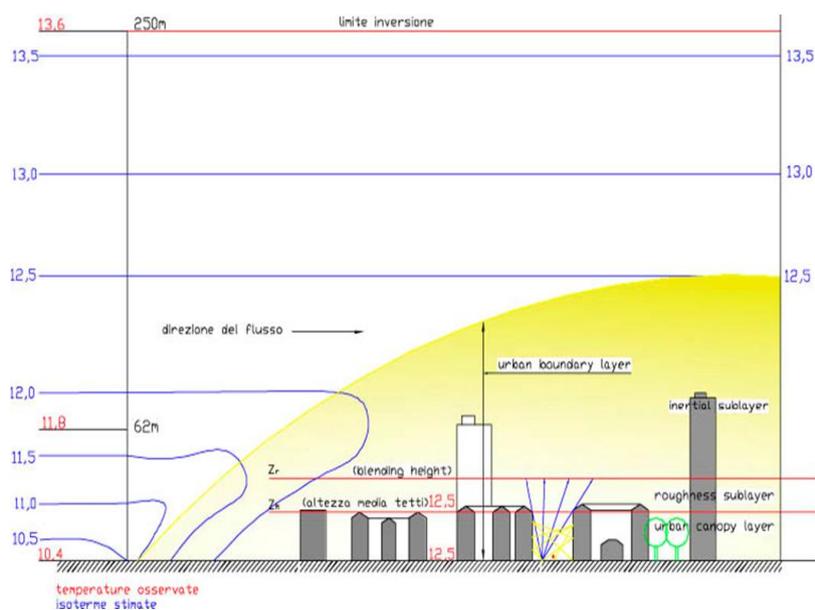


Figura 3 - Strati atmosferici e influenza del fenomeno dell'isola di calore urbano

Ai fini della difesa termica degli interventi urbanistici è, quindi, fondamentale considerare l'intensità calorifica teorica (i) ad essi trasmessa dall'insolazione (I) che si determina mediante l'equazione:

$$i = I \cos \alpha$$

dalla quale si evince che essa varia in funzione del coseno dell'angolo α che la direzione dei raggi solari fa con la normale alla superficie. Quindi, è massima quando i raggi sono perpendicolari alla superficie, minima quando sono radenti.

Eseguendo una lecita riduzione del fenomeno dell'isola di calore urbano agli aspetti di assorbimento/riflessione della frazione infrarossa della radiazione solare e del reirraggiamento artificiale dovuto alla morfologia urbana, si è preso in considerazione il coefficiente di riflessione medio dell'organismo edilizio (C_m):

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n c_i A_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

dove:

C_i = coefficiente di riflessione del singolo materiale;

A_i =superficie coperta con un dato materiale.

Si tratta di un indicatore che, quindi, consente di controllare il coefficiente di riflessione medio, di tutte le superfici esposte ad irraggiamento, derivanti dall'intervento edilizio o urbanistico. A partire da tale coefficiente, si calcola l'indicatore di controllo del fattore di albedo dei materiali costruttivi urbani (I_2), considerando la totalità degli organismi edilizi insistenti sul singolo lotto o isolato.

L'applicazione di tale indicatore, richiede l'individuazione della tipologia di materiale, la sua estensione e la definizione del relativo coefficiente di riflessione.

Nel caso si tratti di un intervento urbanistico diretto o preventivo, si impone nella fase progettuale l'adozione di materiali a coefficiente di riflessione noto e in modo di verificare preventivamente il C_m dell'intervento.

Per quanto riguarda la verifica di tessuti urbani esistenti, per l'individuazione delle diverse tipologie di materiale, si ricorre, o ad una indagine diretta, attraverso l'interpretazione del rilievo fotografico, oppure sfruttando le potenzialità della tecnologia dell'osservazione termica da telerilevamento. Infatti, attraverso tale tecnologia si rileva lo Uhi, fornendo nuovi elementi per l'osservazione di tale effetto e lo studio delle sue cause, attraverso la combinazione delle osservazioni da telerilevamento e modelli di micro meteorologia urbana. Per quanto attiene alla definizione dei coefficienti di riflessione ci si rifà, nel caso in esame, al Dgr 659/07 "Obiettivo D9" della Regione Campania.

Quest'ultimo classifica la totalità dei materiali costruttivi urbani in 14 classi (figura 4).

<i>Materiali</i>	<i>Coefficiente di riflessione</i>
Acqua	0,07
Asfalto	0,10
Boschi	0,07
Boschi in autunno, campi con messe mature, piante	0,26
Cemento	0,22
Erba secca	0,20
Erba verde	0,26
Foglie morte	0,30
Strade in terra (scure)	0,04
Superfici esterne chiare di edifici	0,60
Superfici esterne di edifici scure (mattoni rossi, intonaci scuri)	0,27
Superfici realizzate con pietre	0,20
Terreni varia natura, argilla	0,14
Tetti con superficie di bitume e pietrisco	0,13

Figura 4 - Coefficiente di riflessione dei materiali costruttivi urbani

Morfologia urbana

Per quanto riguarda la componente morfologia urbana si tiene conto sia di indicatori morfologici, sia di indicatori correlati all'efficienza energetica passiva dell'intervento urbanistico.

In merito agli aspetti morfologici, si è ritenuto significativo, al fine di automatizzare la procedura in ambiente gis, considerare come indicatore la *densità volumetrica locale* (I_3) data dal rapporto tra la sommatoria del volume dei singoli edifici e l'area di riferimento.

Quest'ultima a parità di area di riferimento, isolato o lotto, tiene conto, sia dell'effetto delle distanze tra gli edifici che del rapporto di visuale libera. Tale assunzione fa perdere l'informazione connessa all'orientamento degli edifici, tuttavia, il calcolo di tale indicatore, esteso all'isolato o al lotto, richiederebbe a rigore di considerare anche il fenomeno delle ombre portate, difficile da calcolare.

In merito agli aspetti energetici si pone l'attenzione sulla compattezza dell'edificio (cfr. Dlgs 192/05, Dlgs 311/06, Dir 2002/91/CE, rendimento energetico in edilizia). Nello specifico si considera il rapporto S/V (I_4) dato dal rapporto tra il volume riscaldato e la superficie disperdente, il quale, fornisce informazioni positive quanto più bassi sono i valori risultanti.

A rigore andrebbe considerato anche l'orientamento rispetto al *percorso solare* (cfr. Regione Campania, Dgr 659/07 "Obiettivo D1", viene assunto come optimum la disposizione dell'edificato secondo l'asse est-ovest, con valori decrescenti fino al minimo corrispondente alla variazione angolare di +/- 45° rispetto all'asse ideale), tuttavia, il calcolo di tale

indicatore, esteso all'isolato o al lotto, richiederebbe di portare in conto il fenomeno delle ombre portate di difficile implementazione in ambiente gis.

1.2 Seconda fase

Nell'ambito della seconda fase del percorso metodologico, si procede a sintetizzare i diversi indicatori su descritti, in un indice complesso, al fine di individuare una quantità che consenta di controllare, in maniera speditiva, gli esiti energetico-ambientali delle trasformazioni urbanistiche (figura 5).

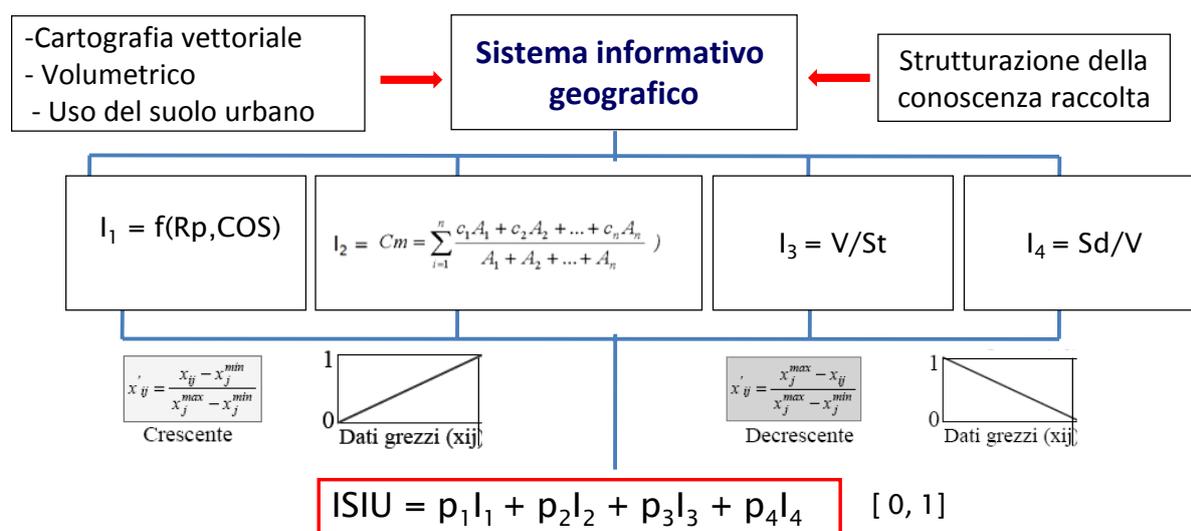


Figura 5 - schema metodologico per la costruzione dell'Isiu

In particolare, si è proceduto, innanzitutto con la normalizzazione dei diversi indicatori selezionati.

La procedura di normalizzazione è un'operazione statistica che permette di mettere a confronto distribuzioni espresse nelle rispettive scale di misura, riportandole ad una scala unica, compresa tipicamente tra zero ed uno.

In teoria, tale trasformazione non dovrebbe alterare il contenuto informativo dei dati di partenza. Esistono numerose funzioni che consentono la suddetta trasformazione, ad esempio: *Zero-Max*, *Min-Max*, *Max-min* *Max*. Nel caso in questione si è fatto riferimento, alla trasformazioni che mantengono la direzione delle preferenze (ad esempio il valore massimo resta massimo ed il minimo resta minimo anche dopo la trasformazione) per i valori assunti dagli indicatori I_1 e I_2 , e trasformazioni che invertono la direzione delle preferenze (ad esempio il valore massimo diventa minimo ed il minimo diventa massimo) per gli indicatori I_3 e I_4 . Ciò perché l'indice che si vuole ottenere, dato dalla combinazione lineare di tali parametri adottando uguali pesi, esprime giudizi positivi per valori crescenti del risultato.

Mediante una combinazione lineare dei sudetti indicatori si perviene all' indice complesso, Isiu. Per l'interpretazione del fenomeno su scala urbana, si opera, innanzitutto, la spazializzazione dei diversi indicatori per unità di struttura urbana, definita in relazione alla tipologia di intervento che corrisponde a:

- lotto, per l'intervento urbanistico diretto;
- isolato, per l'intervento urbanistico preventivo.

Il risultato è la produzione di una serie di *factor map*, che, mediante operazioni di *map algebra*, consentono di realizzare una factor map espressiva della distribuzione spaziale dell'Isiu. Per *map algebra* si intende l'uso di operatori elementari disposti in sequenza allo scopo di risolvere problemi spaziali complessi. È sostanzialmente analoga ad un'espressione algebrica in cui la combinazione di grandezze fornisce un risultato. Prevede l'impiego di relazioni di tipo logico e matematico in un sistema informativo geografico, applicate a dati spaziali che permette a due o più strati (mappe) di dimensioni simili di produrre un nuovo livello raster o vector.

A valle della costruzione della factor map, rappresentativa della variabilità spaziale dell'Isiu, è necessario stimare l'intensità del fenomeno indagato. Per fare ciò, occorre costruire una idonea scala di valori da suddividere in classi tali da determinare giudizi appropriati.

Attesa la mancanza di valori di riferimento, in senso assoluto, dei singoli indicatori che compongono l'Isiu, per limitare l'arbitrarietà nella definizione delle soglie, si è scelto come metodo di classificazione il metodo *natural breaks* (Jenks, 1969). Tale metodo di classificazione si basa sul procedimento di ottimizzazione che prevede l'identificazione di punti di rottura nella distribuzione dei valori definendo i raggruppamenti presenti. Attraverso tale metodo si minimizza la variazione degli elementi all'interno di ciascuna classe; in questo modo l'ampiezza delle classi varia in funzione della distribuzione dei dati all'interno del raggruppamento considerato (M. Boffi, 2004). Fissato il numero di classi, le relative soglie risultano essere dipendenti così, dei soli valori connessi al tessuto insediativo oggetto di analisi. In tal modo si rende la metodologia generalmente valida ed applicabile a qualsiasi tessuto, indipendentemente dalla sua estensione. Per quanto riguarda il numero di classi, si assume di suddividere il range in cinque classi, corrispondenti ai diversi gradi di intensità etichettati in: *molto alto (MA)*, *alto (A)*, *medio (M)*, *basso (B)* e *molto basso (MB)*.

2 Caso studio

La metodologia in esame è stata testata sul tessuto insediativo del Comune di Baiano (AV), al fine di individuare una scala di priorità di intervento per la riqualificazione energetica, e per valutare le trasformazioni indotte dalle scelte di trasformazione urbanistica previste dal Puc⁴.

⁴ Tale attività è stata svolta nell'ambito della convenzione stipulata in data 21.12.2005 tra il Comune di Baiano e il Dipartimento di Ingegneria civile dell'Università degli Studi di Salerno (responsabile scientifico prof. ing. Roberto Gerundo, coordinatore prof. ing. Isidoro Fasolino)

L'analisi è stata effettuata sulla base del sistema informativo geografico costruito nell'ambito della redazione del Puc citato. Tale sistema si basa su di un supporto cartografico di tipo vettoriale alla scala 1:2000, realizzato a partire da un rilievo aerofotogrammetrico datato 2006. Ad esso è stato associato un database contenente informazioni su volumetrie, su superfici coperte, ed uso del suolo, derivante da un'indagine diretta tesa alla suddivisione in lotti del tessuto insediativo.

Per l'analisi del tessuto urbano del Comune di Baiano, si sono analizzati due scenari, un primo che definiamo di base, rappresentativo della situazione all'attualità; e un secondo, definito di progetto, costituito dal primo incrementato dei comparti di progetto. Il Puc, infatti, ai fini dell'*Intervento urbanistico preventivo* (Iup), da attuarsi mediante *piano urbanistico attuativo* (Pua), individua i Comparti urbanistici di attuazione perequativa (Cuap) quali ambiti di trasformazione urbanistica sottoposti ad una procedura di attuazione unitaria, a tale scopo espressamente perimetrati. Nello specifico si è scelta quale unità minima di riferimento l'isolato, in modo da poter comparare i risultati con i comparti di progetto.

2.1 Definizione degli indici di controllo in funzione del grado di conoscenza.

In merito alla prima fase della metodologia, ovvero alla misurazione degli indicatori afferenti alle componenti selezionate, si è proceduto attraverso operazioni di analisi spaziale in ambiente Gis, tenendo conto del grado di conoscenza a disposizione.

Nello specifico, con riferimento alle prime due componenti, ovvero alla copertura vegetale del suolo e alla permeabilità, si è ritenuto opportuno sintetizzare in un unico indice entrambe le informazioni costruendo l'indice di controllo della copertura vegetale e della permeabilità (I_1). Si è misurato prima il rapporto di permeabilità, inteso come il rapporto tra la superficie non sigillata e la superficie di riferimento che, a seconda della unità di trasformazione considerata, corrisponde alla superficie del lotto o dell'isolato. Successivamente, tale rapporto è stato incrementato, attraverso un opportuno coefficiente moltiplicativo, funzione della componente qualitativa della specifica copertura vegetale, classificata, in prima approssimazione in arborea o prativa.

Con riferimento al fenomeno dell'isola di calore urbano, per la costruzione dell'indicatore per il controllo del fattore di albedo dei materiali costruttivi urbani (I_2), si è proceduto ad una prima suddivisione delle componenti del tessuto urbano in:

- superfici orizzontali;
- superfici verticali.

Alle prime appartengono la totalità degli spazi urbani aperti, suddivisi, a loro volta, in superfici trasformate, segnatamente le superfici stradali (asfaltate o assimilabili) e le piazze, e in superfici non sigillate. A questa categoria appartengono anche le superfici delle coperture piane degli edifici. Per la definizione del coefficiente di riflessione medio di tali superfici,

desunto dalle tabelle indicate nella normativa citata, si è tenuto conto dell'anagrafe dei suoli, costruita per la redazione del Puc, la quale è stata effettuata mediante d indagini dirette sul campo e attraverso l'ausili di street view google integrato nell'ambiente gis (figura 6).

Per quanto concerne le superfici verticali, rientrano in tale categoria la totalità dei costituenti gli involucri urbanistici e, quindi, gli edifici. Tuttavia, essendo le pareti riflettenti degli edifici, in particolare i più recenti, costituite da un numero elevato di facce, ciascuna delle quali, in molti di casi, di materiali di natura diversa, si è ritenuto ammissibile adottare, per ogni singolo manufatto, un coefficiente di riflessione medio rispetto all'estensione delle superfici dello stesso. In tal modo, si snellisce l'operazione di associazione alla singola superficie verticale del relativo materiale.

Operativamente, si è proceduto, innanzitutto, alla definizione di una relazione topologica, per la costruzione delle pareti verticali, al fine di trasformare la *feature* poligonale in una *feature* lineare, rappresentativa in pianta della *i*-esima parete a cui associare la relativa altezza. Invece, l'attribuzione a ciascun edificio del coefficiente medio di riflessione delle pareti verticali è stata effettuata attraverso un'analisi visiva di ciascun manufatto operata mediante l'ausilio delle informazioni fornite da google-maps per la parte sotto copertura e attraverso gli esiti dell'indagine diretta per i restanti.

Questa semplificazione, particolarmente utile in presenza di tessuti urbani estesi e/o complessi dal punto di vista morfogenetico, è stata adottata al fine di snellire l'input fornito all'algoritmo e velocizzare i tempi di lavoro.



Figura 6 - analisi dei materiali costruttivi urbani

Da ultimo per quanto attiene alla costruzione dei parametri di controllo dei caratteri della morfologia urbana, tali indicatori, a differenza dei precedenti, dipendono solo dall'accuratezza del database cartografico e, dunque, non influenzati dalla componente soggettiva, dovuta alla interpretazione, presente nei precedenti parametri.

Implementato il database con le misure effettuate (figura 7), si è proceduto, prima alla redazione delle *factor map*, rappresentative della distribuzione spaziale per isolato, alla quantificazione dell' 'indicatore di controllo della permeabilità e della vegetazione (figura 8) e del indicatore di controllo del fattore di albedo (figura 9).

iscdef	RP015	IScalore	IFTn	S_Vn	RPn	ISCn	ISIU	S_Vii
2057.22	0.55	0.48	0.62	0.5678	0.65	0.53	0.5919	
1176.09	0.48	0.47	0.63	0.6865	0.56	0.52	0.5991	
777.844	0.13	0.83	0.31	0.7215	0.15	0.92	0.5254	
2233.428	0.5	0.52	0.56	0.5203	0.59	0.58	0.5626	
2173.42	0.29	0.8	0.38	0.6688	0.34	0.89	0.5697	
1163.826	0.44	0.48	0.6	0.6823	0.52	0.53	0.5831	
1323.19	0.4	0.48	0.46	0.5118	0.47	0.53	0.493	
1421.986	0.56	0.29	0.79	0.5933	0.66	0.32	0.5908	
6183.79	0.42	0.26	0.56	0.6791	0.49	0.29	0.5048	
283.446	0.57	0.35	0.8	0.5949	0.67	0.39	0.6137	
522.338	0.73	0.12	0.92	0.4326	0.86	0.13	0.5857	
71.374	0.83	0.02	0.99	0.4985	0.98	0.02	0.6221	
259.6	0.57	0.21	0.8	0.803	0.67	0.23	0.6258	
9615.256	0.57	0.24	0.67	0.6831	0.67	0.27	0.5733	
1502.158	0.23	0.66	0.4	0.7770	0.30	0.73	0.562	

Figura 7 - database per il calcolo dell'Isiu

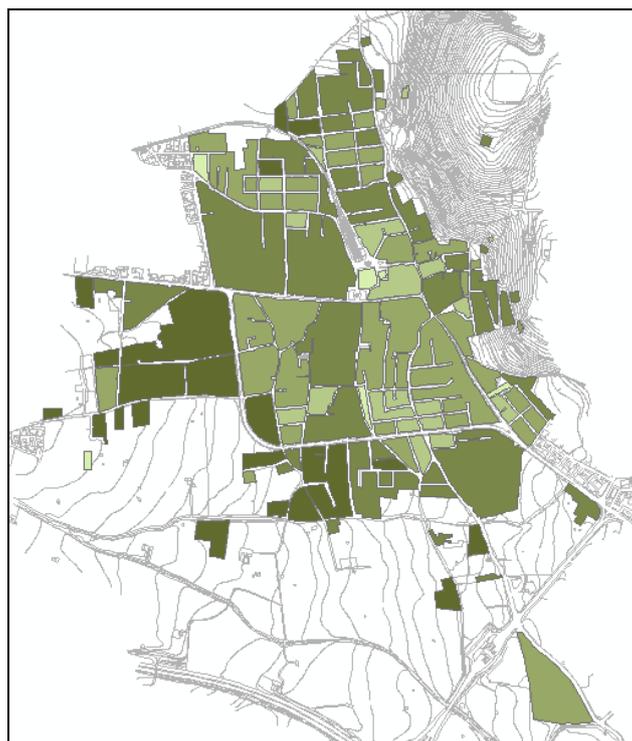


Figura 8 - Factor map del'indicatore di controllo I_1

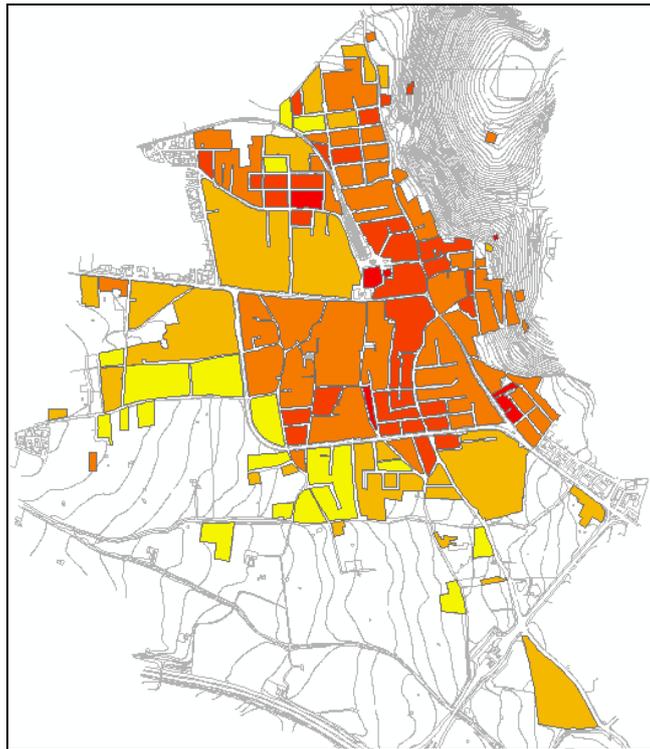


Figura 9 - Factor map dell'indicatore di controllo I_2

Sono state costruite, quindi, le *factor map* della densità volumetrica (figura 10) locale e dell'indicatore di compattezza dell'edificato (figura 11).

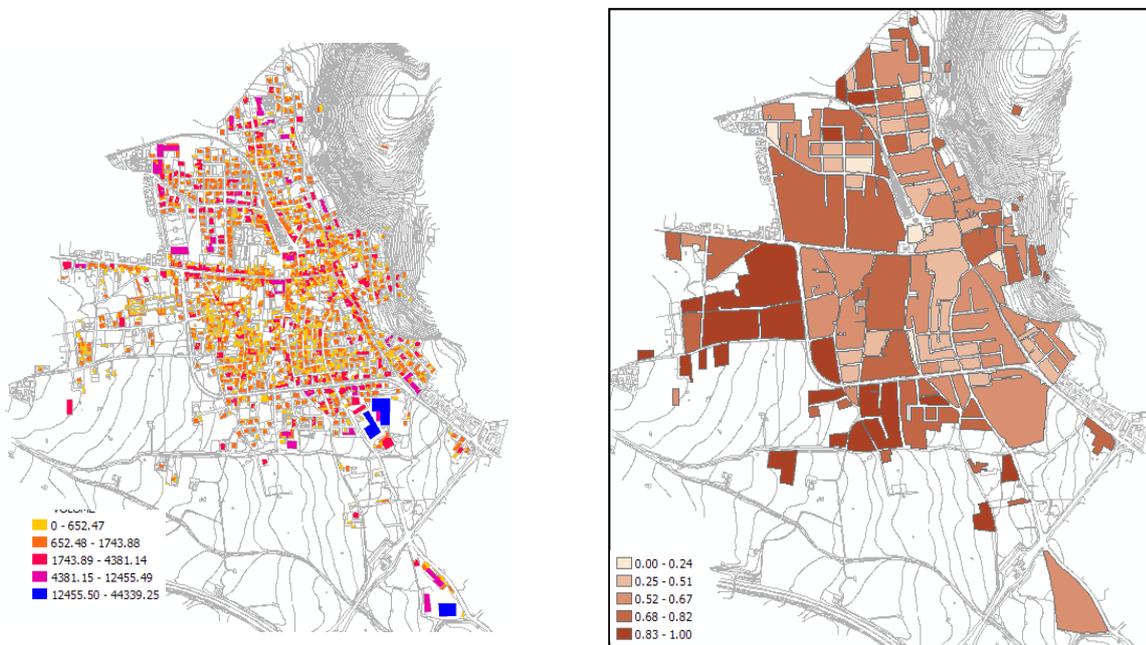


Figura 10- Factor map dell'indicatore di controllo I_3

In particolare, dalla lettura della mappa rappresentativa della distribuzione spaziale della compattezza per edificio, si evince come la gran parte dell'edificato assume un indice di

compattezza compreso nel range 0.2-0.9 che, ai sensi del DPR 412/1993, consente di relazionare l'edificato al fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale per metro quadrato di superficie utile dell'edificio, espresso in KWh/m² in funzione della zona climatica. Nello specifico, il comune in esame ricade all'interno della zona Climatica C, 1117 gradi/giorno, ai sensi del citato DPR 412/1993.

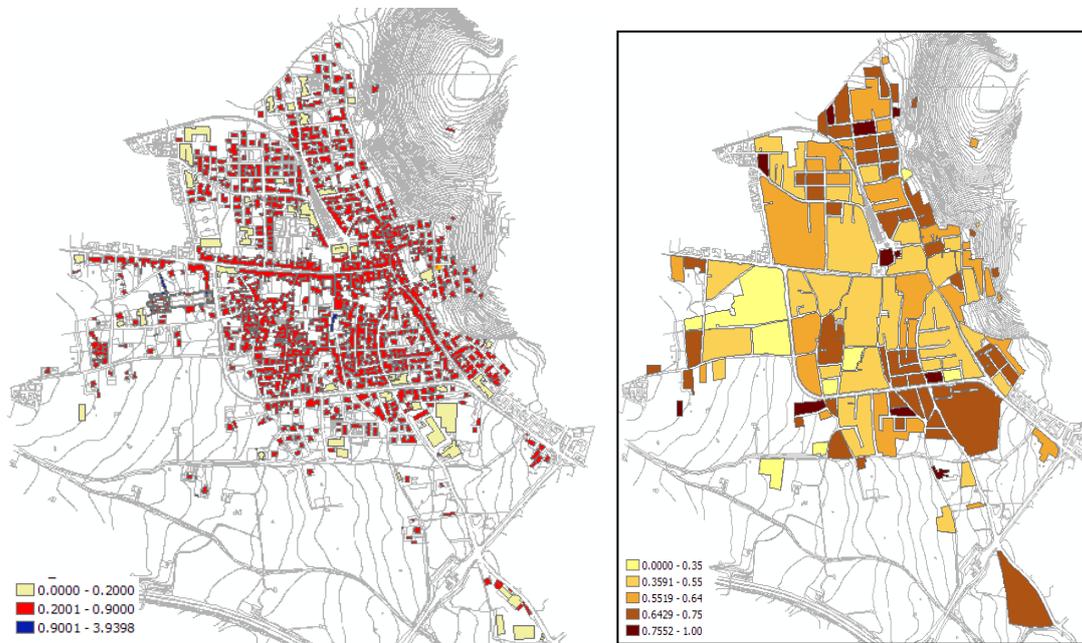


Figura 11 - Factor map dell'indicatore di controllo I_4

2.2 Indice di sostenibilità dell'intervento urbanistico dello scenario di base e di progetto.

Costruite le *factor map* per isolato di ciascuno dei tre parametri, si calcola l'Isiu mediante operazione di overlay map. Come descritto in metodologia, la spazializzazione e la classificazione dei valori ottenuti individua una scala di intensità del fenomeno per il tessuto urbano considerato (figura 12).

Tale scala di valori consente di programmare azioni di riqualificazione del patrimonio edilizio esistente in chiave energetica in quanto le soglie di primo riferimento individuate consentono di definire le priorità di intervento.

Si prendono in considerazione soglie di riferimento, in quanto perché dalla distribuzione dell'Isiu per lo scenario di base, classificata con il metodo natural break, emergono singolarità, rappresentative di bassi valori dell'Isiu.

Nel caso in esame, si è calcolato l'Isiu dello scenario di progetto, ovvero per i comparti previsti delle nuove zone di espansione del Puc (figura 13), ottenendo la *factor map* di tutte le zone di nuova espansione. Ciò consente di esprimere giudizi sulla sostenibilità delle trasformazioni indotte dalle scelte di pianificazione che dovranno singolarmente raggiungere

un programmato livello di sostenibilità, ovvero un valore dell'Isiu superiore al range massimo presente nella scala di intensità individuata.

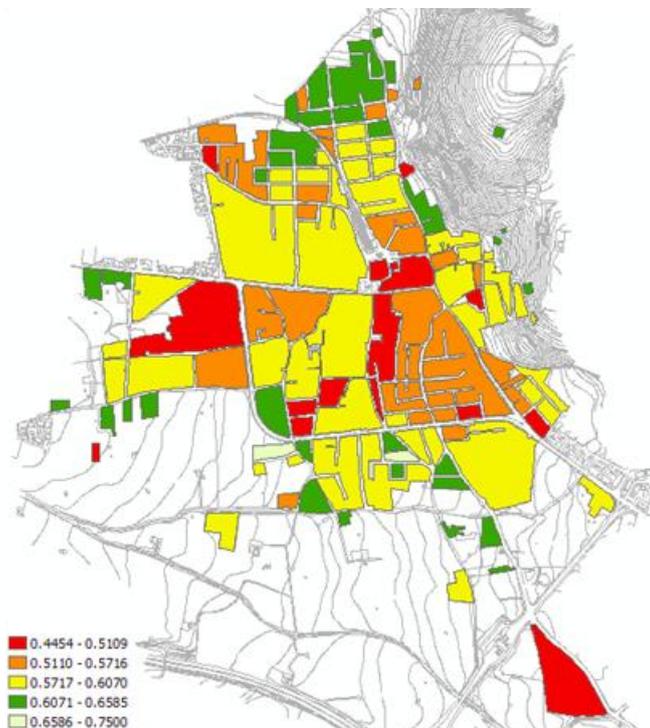


Figura 12 - Factor map della distribuzione spaziale dell'Isiu per lo scenario di base

Ponendo, infatti, l'attenzione sul comparto C7 (figura 14), emerge che la trasformazione prevista, secondo le assunzioni considerate, si collochi nella classe della scala di intensità definito, in posizione alta. Stabilito di ritenere accettabili e quindi sostenibili le soglie medio alta e alta, si evince come la trasformazione in esame superi il livello di sostenibilità medio del tessuto in cui si integra.

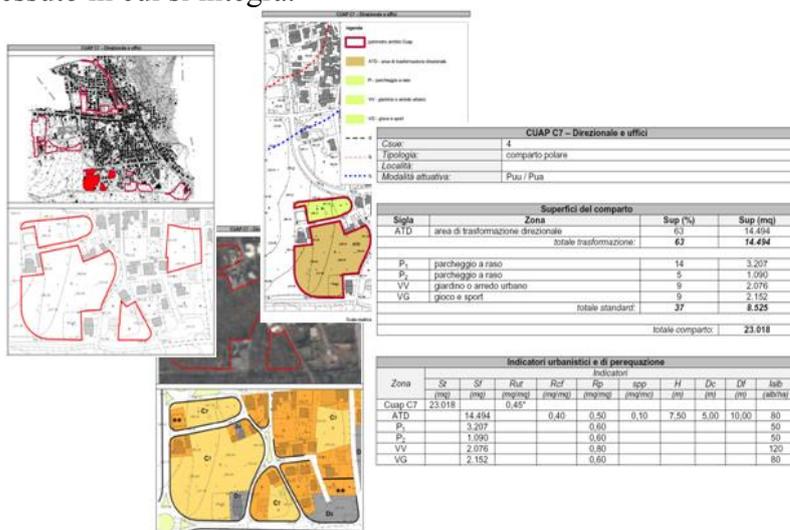


Figura 13 - Scheda del comparto attuativo C7

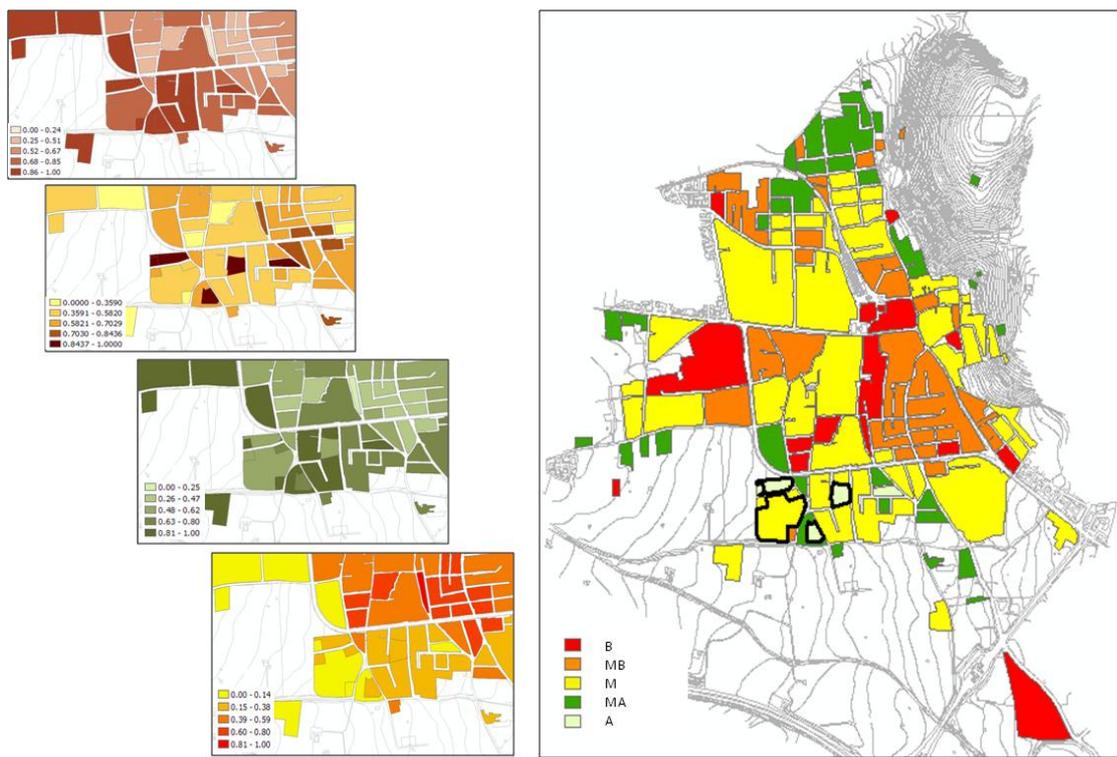


Figura 14 - Factor map della distribuzione spaziale dell'Isiu per lo scenario di progetto

È, infine, valutata l'incidenza della totalità delle trasformazioni sul grado di sostenibilità del tessuto esistente, misurato confrontando il valore medio dell'Isiu di ciascun isolato, calcolato per lo scenario di base (figura 15) e di progetto (figura 16).

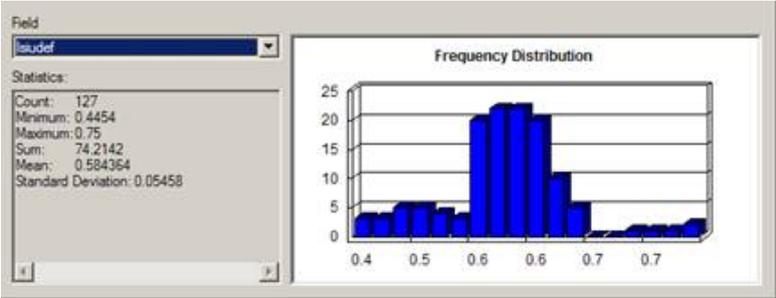


Figura 15 - Isiu medio dello scenario di base

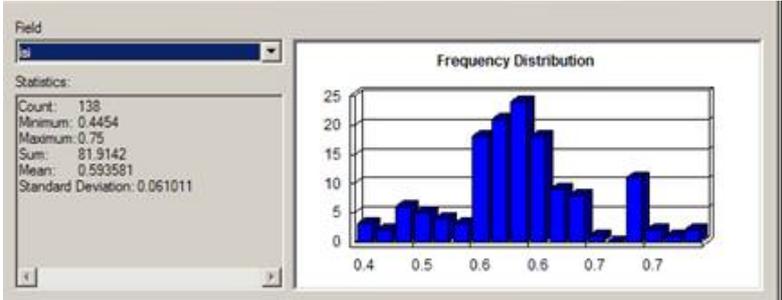


Figura 16 - Isiu medio dello scenario di progetto

In particolare, per il caso in esame si registra un incremento percentuale dell'Isiu medio e, dunque, si evidenzia come, mediamente, i nuovi interventi, se pur di dimensioni ridotte, contribuiscono globalmente a migliorare la qualità energetico-ambientale del tessuto esistente.

Conclusioni

Il lavoro presentato, ha avuto quale obiettivo l'implementazione dei criteri di sostenibilità energetico-ambientale all'interno dei processi di organizzazione urbanistica. Mentre nella pratica corrente, difatti, si osserva la presenza di codificazioni internazionali di sostenibilità all'interno del processo di progettazione architettonica, basate su parametri sperimentati e condivisi, nei processi di governo del territorio, segnatamente nella progettazione urbanistica, allo stato, si stenta ad andare oltre linee di indirizzo e suggerimenti basati su buone pratiche. Gli obiettivi raggiunti, sono riconducibili essenzialmente a:

- individuazione di un set di indicatori in grado di misurare gli effetti delle trasformazioni urbanistiche, con riferimento alle componenti della sostenibilità energetico-ambientale che si è inteso raggruppare, a seguito delle analisi condotte in fase di studio, in quattro classi;
- sviluppo di una metodologia che ha portato alla costruzione di un indice, nominato Isiu, che consente di supportare i processi di governo del territorio, sia in fase di programmazione interventi di riqualificazione eco energetica del tessuto urbano esistente, sia in fase di progettazione e verifica dei nuovi insediamenti.

Tale ultimo obiettivo apre a sviluppi futuri che comportano una sperimentazione più ampia dell'Isiu su diversi tessuti insediativi, al fine di comparare le diverse classi di intensità e validare valori soglia stabili.

Tale validazione richiede la costruzione di tessuti urbani di riferimento da estrarsi mediante analisi parametriche tra le diverse componenti che concorrono alla formazione dell'Isiu. Ciò consentirebbe di individuare eventuali correlazioni tra i diversi parametri e verificare quali tra essi influenzino in modo più sensibile il valore dell'indice preposto. Operando in tal senso, si ipotizza di affinare ulteriormente i giudizi di valore in termini di sostenibilità energetico-ambientale sia per i tessuti urbani esistenti che per nuovi interventi urbanistici.

3 Bibliografia

Richardson E. W. (1975) Growth Centers, Rural Development, and National Urban Policy: A Defense. In: Friedmann J., Alonso W. (eds.) *Regional Policy: Readings in Theory and Practice*. Cambridge: MIT Press. 97-132.

Arnofi S., Filpa A. (2000) *L'ambiente nel piano comunale*: Il Sole 24 Ore.

AA. VV. (2007). *La valutazione della sostenibilità degli interventi sul territorio*. Esperienze di

- ACEA, CISPEL (1997). Il Piano Energetico Ambientale Comunale. Linee metodologiche in applicazione della legge 10/91 art.5 comma 5, a cura dell'Istituto di Ricerche Ambiente Italia. Edizioni Ambiente srl. Milano.
- Bertuglia Cristoforo S., Rota Francesca S., Staricco L. (2004). Pianificazione strategica e sostenibilità urbana. Concettualizzazioni e sperimentazioni in Italia. Franco Angeli, Milano.
- Berrini M., Campeol A., Felloni F., Magoni M. (a cura) (1993), Aspetti ecologici nella pianificazione del territorio, Grafo Edizioni, Brescia.
- Bettini V. (1996), Elementi di ecologia urbana, Einaudi, Torino.
- Mazzeri, C. (2003). Le città sostenibili. Storia, natura, ambiente. Un percorso di ricerca. Milano: Franco Angeli.
- Chiesa G., Dall'O' G. (1997). Gestione delle risorse energetiche nel territorio. Milano: Masson.
- Chiuppani, A. E., Prest T., (2009). La progettazione del verde per il controllo microclimatico. Edicom.
- Carbonara L. (1992), Le analisi urbanistiche, La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Colombo G., Pagano F., Rossetti M. (1981), Manuale di urbanistica, Pirola, Milano
- Colombo G., Rossetti M. (1993), Prontuario urbanistico ed edilizio, Pirola, Milano
- Dell'Anno, P. (1983). Energia e assetto del territorio. Padova: CEDAM.
- De Pascali P. (2008). Città ed energia. La valenza energetica della organizzazione insediativa. Franco Angeli, Milano.
- Diappi L., 2000, Sostenibilità urbana: dai principi ai metodi di analisi, forma urbana, energia e ambiente, Paravia Scriptorium.
- Dierna S., Orlandi F. (2005). Buone pratiche per il quartiere ecologico. Linee guida di progettazione sostenibile nella città della trasformazione. Alinea.
- Droege P. (2008). La città rinnovabile. Guida completa ad una rivoluzione urbana. Edizioni Ambiente.
- D'Urso M. (1990). Tutela dell'ambiente e pianificazione urbanistica. CEDAM.
- ENEA, Dipartimento Energia, Unità Piani Energetici Territoriali (1997). Guida per la pianificazione energetica comunale.
- ENEA, Coralli, D'Angelo, Lai (Unità di Agenzia per lo Sviluppo Sostenibile) (2004). La pianificazione energetica regionale e locale, aspetti metodologici e stato dell'arte.
- Galanti A. (2009), Forma urbana, sostenibilità, pianificazione, Aracne.

- Gallo, C. (2000). La qualità energetica e ambientale nell'architettura sostenibile. Milano: Il sole 24ore.
- Gerundo R., Las Casas G., Eboli C., Grimaldi M., Siniscalco A.(2009). Policentrismo Reticolare in “Scuola Estiva UniCal 2008 “Modelli di sviluppo di aree urbane di piccole dimensioni”, Franco Angeli Editore, pp 255-288.
- Gerundo R., Siniscalco A. (2009). Multidisciplinarietà al servizio della politica. L'esperienza degli urbanisti nella redazione del Piano Energetico Comunale di Salerno. “V Giornata di Studi INU – Urbanistica e Politica”. In corso di stampa.
- Gerundo R., Fasolino I., Grimaldi M., Siniscalco A. (2010). Costruire città sostenibili attraverso il dimensionamento dei piani urbanistici comunali. Una proposta metodologica in “Abitare il futuro...dopo Copenhagen – Inhabiting the future...after Copenhagen”, CLEAN Edizioni
- S. Capolongo, L. Daglio, I. Oberti (2007). Edificio, Salute, Ambiente. Hoepli. Milano.
- Musco F. (2010). Rigenerazione urbana e sostenibilità. Franco Angeli.
- Norberg Schulz, C. (1979). Genius loci. Paesaggio, ambiente, architettura. Milano: Electa Mondatori.
- Olgyay, V. (1981). Progettare con il clima. Padova: Muzzio.
- Paolillo P.L. (2003). Acque suolo territorio: esercizi di pianificazione sostenibile, Franco Angeli.
- Socco, C., Cavaliere, A., Guarini, S. (2002). Città sostenibili, quaderni dell'OCS. CELID Torino
- Tiezzi E., Pulselli Riccardo M. (2009). Città fuori dal caos. La sostenibilità dei sistemi urbani. Donzelli.
- Solera G.; Alberti M. (1994). La città sostenibile: analisi, scenari e proposte per un'ecologia urbana in Europa, Franco Angeli, Milano
- Valente R. (2010). Environmental Design. Quaderno didattico sul progetto per gli spazi aperti urbani. Liguori.
- Vinaccia, G. (1939). Il corso del sole in urbanistica ed edilizia. Milano: Hoepli.

Abstract

It's established fact that the pattern of development of modern civilization has long shown its limits, having determined on one hand, the depletion of primary resources, especially non-renewable resources necessary to produce energy, on the other hand, the serious environmental pollution and the consequent deterioration of the global climate that manifests in more and more extreme and damaging ways its phenomena.

It also seems that the intention of replacing this model with that of sustainable development has become widespread on a global scale since the 1980s (as in the Brundtland Declaration of 1987, that should allow the current generation to meet their own needs without precluding future generation in doing the same); intention materialized in Rio de Janeiro in 1992 with the signing by 183 countries including Italy, of an "Agenda" of commitments in the twenty-first century. It is worth noticing in these introductory remarks, how a considerable part of these commitments concerns the field of building construction and urban planning. About 40% of all energy and natural resources of European countries, is used, in fact, in the construction system, in relation to the stages of production of building materials, land use, construction, maintenance and use of buildings and the construction sector, enters into the atmosphere 35% of greenhouse gases. An intensive use of techniques of ecological design and bioclimatic engineering in urban planning, new buildings and renovations, in order to reach high levels of energy efficiency and environmentally friendly building system would lead to a reduction of over 30% of current consumption, compared with a construction cost amounted to around 4% (European Green Paper, 2005).

Italy, which broadly follows the European trend, has the disadvantage of depending on about 80% of foreign supplies for its energetic needs, with the burden of a significant economic cost and, consequently, social. It should be noted that in 2006, the energy "bill" for our country was 48 billion euro, of which 41.3 for fossil fuels (26.5 oil, gas 14.8), 3.4% of GDP (ENEA, 2008).

Although poor in fossil fuels, Italy is at the same time full of potential in "passive" energy, simply thanks to its geographic location and its climate.

Just think, for example, about latitude, solar radiation on the surface of our soil is among the best in the entire European Community. For solar energy systems (to produce hot water and / or electricity), this means an increasing efficiency or, remarkable factor in the case of historical centers, less bulk on the surface and equal performance (compared, for example, for a similar facility on the roof of a German building, with reference to Germany, which currently ranks first in the world for solar panels use).

Environmental sustainability and energy efficiency in urban planning claims necessarily attention of both the city makers and city users.

Paradoxically, it is almost in line with a process that involved anthropic production on the small scale first (with reference to the size of the object of analysis, not its distribution), think of the ecolabelling of domestic appliance, of building materials and then included in a significant way architecture on a building size, of its technological and plant aspects , its integration / interaction with the vegetation. At present, there are various protocols in the building field (BREEAM, LEED, GBC, HQE, ITACA, CASACLIMA) well established, based on a series of indicators to monitor the entire building process, from supplying of building materials, in order to build to their disposal and / or reuse at the end of the life cycle stage (LCA, life cycle assessment), contemplating, in the middle, the aspect of repair and maintenance in use (and related energy consumption and pollutant emissions).

In the urban field, the renewed interest in energy and environmental sustainability criteria is relatively recent, in so far as in this field scientific approaches to coding and logging procedures, parameters and sustainability indicators are recent. Is quite clear how essential is the alignment between the architectural design and sustainable urban design, as strategic decisions, planning and regulations not calibrated on sustainability, could make the specific achievements in the area ineffective, as modeled on principles of environmental sustainability and in teeping with the parameters of any protocol.