

# Accessibilità e qualità ambientale del paesaggio urbano. La matrice microclimatica di sito come strumento di progetto

**Giacomo Chiesa**

Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino [giacomo.chiesa@polito.it](mailto:giacomo.chiesa@polito.it)

**Mario Grosso**

Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino [mario.grosso@polito.it](mailto:mario.grosso@polito.it)

## Abstract

I paesaggi delle aree periurbane e degli ambiti urbani subtopici soffrono non solo di irrisolutezza formale, di assenza di caratterizzazione e di indifferenza per il senso dei luoghi, ma anche di mancanza di qualità ambientale, che ne peggiora ulteriormente la possibilità di fruizione. La qualità ambientale è direttamente interrelata con la fruibilità e l'accessibilità degli spazi, garantendone un'adeguata attrattività per i fruitori nello svolgere le diverse attività previste. In questo senso le caratteristiche ambientali, per quanto diverse da quelle estetiche, si legano con esse a formare un unicum, capace di diventare strumento e regola di integrazione tra il paesaggio e l'oggetto di progettazione, ridonando agli spazi privi di identità e di regola una rinnovata accessibilità. Il contributo, definita questa relazione essenziale, illustra le modalità di sviluppo di uno strumento di progetto, la matrice microclimatica di sito, capace di analizzare la natura vocazionale degli spazi oggetto di progettazione e ridefinizione in una prospettiva di sviluppo sostenibile.

## Parole chiave

Matrice microclimatica di sito, comfort ambientale, accessibilità spazi pubblici, qualità dell'ambiente di vita, sviluppo sostenibile.

## Abstract

*The peri-urban and subtopic urban areas landscapes suffer not only formal irresolution, lack of characterization and indifference to the sense of place, but also lack of environmental quality, which further worsens the possibility of fruition. The environmental quality is directly interrelated with the usability and accessibility of the spaces, ensuring adequate attractiveness for users in performing different activities. In this sense the environmental characteristics, different from the aesthetic ones, bind with them to form a unique, capable of becoming instrument and rule of integration between the landscape and the object of design, giving back to spaces without identity and rule a renewed accessibility. The contribution, defined this essential relationship, explains how to develop a project tool, the site microclimate matrix, able to analyze the vocational nature of spaces to be designed and redefined in a perspective of sustainable development.*

## Keywords

*Site microclimate matrix, environmental comfort, accessibility to public spaces, quality of habitat, sustainable development.*

Received: January 2015 / Accepted: April 2015

© The Author(s) 2015. This article is published with Creative Commons license CC BY-SA 4.0 Firenze University Press.

DOI: 10.13128/RV-16732 - [www.fupress.net/index.php/ri-vista/](http://www.fupress.net/index.php/ri-vista/)

### Spazio pubblico, accessibilità e comfort urbano

Tradizionalmente le città italiane sono arricchite da spazi pubblici confortevoli, belli, brillantemente organizzati e adatti a ospitare e facilitare le attività pubbliche che caratterizzano il vivere lo spazio urbano. Tuttavia, soprattutto negli ultimi anni, la qualità dei nuovi paesaggi urbani, a prescindere dalle funzioni cui sono destinati, ha visto un forte impoverimento che ne ha ridotto la vivibilità e la qualità ambientale (Grosso, 2008a; Scudo, 2007; Convenzione Europea del Paesaggio, CEP, 2000). Questi spazi pubblici outdoor sono oggetto di un acceso dibattito volto ad analizzare le ragioni di questa crisi e le possibili strategie di trasformazione secondo visioni diversificate che vedono spesso contrapporsi attori e ambiti disciplinari differenti.

Si possono evidenziare, per esempio, sia tentativi di ricostruzione di spazi urbani a somiglianza degli archetipi tradizionali, come sottolineato dagli studi formali e dalle applicazioni di Krier (es. Krier, 1996), sia, all'opposto, studi sul declino dei luoghi pubblici spesso a seguito di una progressiva diffusione di comportamenti globalizzati e vicini agli orizzonti virtuali e cyber (Chiesa, 2014; Chiesa e La Riccia, 2013; Girardin et al., 2008; Sennet, 2006).

Seguendo quanto indicato dalla CEP, queste diversità sembrano, tuttavia, poter veder convergere i loro intenti nella dimensione del processo progettua-

le, meno idealistica rispetto alle formulazioni teoriche (Grosso, 2008a).

Per esempio le diversità di fondamento culturale, origine storica e connotazione d'uso dei termini 'paesaggio' e 'ambiente' per quanto teoricamente diversificate, addirittura dicotomiche, nelle rispettive contrapposte accezioni estetica-visibile-immisurabile e fisico-chimica-invisibile-misurabile, trovano spazio di convergenza nella CEP (Grosso, 2008a; Bottero, 2007). Questo è possibile assumendo la natura conoscitiva e operativa del paesaggio, "nella consapevolezza di progettare con l'imprevedibile sistemica ambientale del vivente e con gli aspetti percettivi ed estetici del fruitore" (Bottero, 2007, p. 6). Inoltre, per poter garantire un'armonizzazione nelle trasformazioni indotte sul paesaggio è necessario affrontare il progetto secondo una "prospettiva di sviluppo sostenibile" nei "processi di sviluppo sociali, economici e ambientali" (CEP, 2000, art. 1). La qualità ambientale è aspetto imprescindibile dello sviluppo sostenibile trovando applicazione ad ogni scala della progettazione ambientale (Scudo, 2012; Grosso, 2008a, p. 56).

Rifacendosi al 'terzo paesaggio' (Clément, 2005), è possibile individuare linee di convergenza verso una tecnologia ambientale del paesaggio urbano, capace di integrare la crescita dinamica della vegetazione e le sue funzioni di controllo microclimati-

co e ambientale con gli elementi artificiali, come integratori di funzioni in un modello organico di sviluppo (Grosso, 2008a). Quest'ottica mostra un forte legame con le riflessioni sulle nuove relazioni tra città-campagna che intercorrono nei nuovi paesaggi agriurbani (Bottero, 2007; Donadieu, 2006) e con le nuove frontiere della relazione tra mondo artificiale e natura (Pawlyn, 2011; Chiesa, 2010; Mateo & Sauter, 2007; Benyus, 1997; Todd & Todd, 1984).

I diversi approcci progettuali che si interessano degli spazi urbani si interfacciano con nuove esigenze, che oggi sono parzialmente riassumibili dal sempre più utilizzato termine *smart*. Parola che può significare sia una nuova intelligenza nell'organizzazione degli spazi, seguendo una razionalizzazione analogica, sia un indirizzamento verso una digitalizzazione avanzata dell'ambiente e del paesaggio (*smart landscape*). Quest'ultima può a sua volta avvenire tramite l'inserimento di layer hardware/software legati a orizzonti virtuali focalizzati, come per esempio le abusate isole digitali, oppure utilizzando i nuovi orizzonti totalizzanti dell'internet delle cose. La progettazione degli spazi urbani, luoghi in cui si connettono e si svolgono attività sociali, ora tradizionali ora vetrinizzanti (Codeluppi, 2007), rimane, tuttavia, spesso legata a strumenti tradizionali di natura morfologica, dettati da approcci estetici, e generalmente di natura implicita, sui quali le nuove

esigenze si innescano come superfetazioni. Infatti, in questi approcci la relazione tra i processi e le interazioni tra il progettista, la generazione delle forme, la valutazione e lo studio delle performance avviene generalmente per via implicita, utilizzando il quadro cognitivo dell'architetto. Tuttavia, la necessità di integrare quadri esigenziali diversificati e le opportunità indotte dai nuovi strumenti informatici, portano alla nascita di approcci espliciti alla progettazione, capaci di migliorare le interazioni tra i diversi fattori di progetto (Oxman, 2006) e la qualità finale dell'oggetto.

Infatti, gli spazi urbani sono caratterizzati, oltre che dai dettami estetico-formali, da numerosi altri fattori che ne influenzano fundamentalmente la vivibilità, l'accessibilità e l'utilizzo e che generalmente si avvalgono di propri strumenti specialistici. È in particolare il caso dell'approccio ambientale alla progettazione degli spazi, che, come affermato da Gehl (Gehl, 1987) permette di incidere significativamente sulla numerosità, sulla caratterizzazione e sulla qualità delle attività che vi vengono svolte dai fruitori. Per assicurare l'accessibilità e la vivibilità in questi paesaggi è infatti essenziale garantire condizioni di benessere e tenere in considerazione "le esigenze relative alla qualità dello specifico ambiente di vita" (CEP, 2000, relazione esplicativa).

I comportamenti delle persone sono influenzati da

moltissimi fattori, sia umani sia sociali, tra i quali si annoverano necessariamente, come ampiamente dimostrato, quelli legati alla forma e alla percezione visiva (Cassatella & Peano, 2011; Cullen, 1976; Lynch, 1964), cui si aggiungono, tuttavia, gli elementi propri della percezione di benessere o di disagio di natura ambientale, anch'essi caratterizzanti, per quanto meno considerati (Scudo, 2012; Scudo, 2007). Come ricordano alcuni studi (Dessi, 2007; Gehl, 1987) gli utenti di uno spazio tenderanno a svolgervi determinate attività proporzionalmente alla qualità ambientale dello stesso. Se le attività necessarie, come per esempio l'andare al lavoro o l'acquisto di beni di prima necessità, non sono particolarmente influenzate dalla qualità ambientale dello spazio, le attività volontarie, come per esempio la fruizione di un parco o lo shopping, avvengono esclusivamente se il paesaggio urbano e periurbano presenta un'elevata qualità. Sempre la qualità ambientale e la conseguente assenza di discomfort influenzano anche le attività sociali, favorendo l'interazione tra le persone. Ovviamente la qualità ambientale è funzione delle diverse attività previste per un determinato spazio, seguendo un necessario profilo esigenziale-prestazionale capace di generare un sistema di requisiti in cui siano inglobate strategie sostenibili e ambientali volte al miglioramento del microclima in funzione del tasso metabolico degli utenti e delle specifiche esi-

genze. La corretta progettazione ambientale dei paesaggi urbani è un fattore di grande importanza per l'ottimizzazione dell'accessibilità urbana e della sostenibilità degli spazi pubblici, diventando elemento utile per una loro ri-topizzazione anche grazie alla dipendenza e al legame con il contesto microclimatico locale. La valutazione delle condizioni ambientali di uno spazio urbano o periurbano, ai fini dell'ottimizzazione di accessibilità allo stesso, richiede, tuttavia, indicatori e relativi strumenti di verifica, sia qualitativi, sia quantitativi. In tale ottica, il presente articolo si propone di fornire un metodo di verifica prestazionale relativa alle condizioni microclimatiche.

### **Paesaggi urbani e qualità ambientale**

Le prestazioni ambientali di un paesaggio urbano, direttamente legate alla qualità dello spazio in progetto o in esame, sono analizzabili verificando il grado di soddisfacimento che gli utenti mostrano nei confronti di determinate esigenze dettate dal comfort ambientale. In questo senso l'approccio proprio della progettazione tecnologico-ambientale può venire in aiuto poiché basato su una visione esigenziale-prestazionale. Questo approccio consolidato anche a livello italiano (UNI 8289:1981; UNI 8290:1981) viene generalmente applicato al comparto edilizio, per quanto recenti studi mostrino l'affinità con la progettazione urbana (Dessi, 2007;

Scudo, 2007; Martincigh, 1998). È possibile individuare sette classi esigenziali – sicurezza, benessere (comfort), fruibilità, aspetto, gestione, integrabilità e salvaguardia dell'ambiente – che andranno a loro volta suddivise in classi di requisiti popolate dagli specifici requisiti e indicatori di performance.

Il presente contributo si focalizza principalmente sulla classe esigenziale del benessere e, in particolar modo, tra le diverse classi di requisiti (visivi, acustici, termoigrometrici ecc.) sul comfort termico proponendo un approccio sintetico basato sulle dinamiche di soleggiamento e sull'esposizione/schermatura da vento. Il metodo proposto, volto alla costruzione della matrice microclimatica di sito, andrebbe integrato con ulteriori metodologie specifiche per poter migliorare ulteriormente la qualità ambientale e la fruibilità indotta dal benessere psicofisico dei paesaggi urbani. Il metodo proposto fa riferimento all'effetto di ostacoli a spigolo vivo quali gli edifici. Tuttavia, l'approccio è estendibile anche a contesti periurbani e rurali, scontando una minore precisione nel calcolo degli effetti fluidodinamici. In tali casi, l'analisi è più di tipo qualitativo e si può basare su esperimenti e misure sul campo quali quelle citate da Grosso (Grosso, 2011) e Geiger (Geiger, 1950). Si rimanda pertanto ai numerosi testi di approfondimento, quali per esempio (Grosso, 2011; Dessi, 2007; Scudo, 2007; Grosso et al., 2005).

### **La matrice microclimatica di sito**

Un importante strumento di progetto per la corretta localizzazione e programmazione degli spazi urbani, capace di adattarsi alle diverse funzioni, come per esempio sostare, spostarsi, fare sport o leggere, è costituito dalla matrice microclimatica di sito. Questa, introdotta da due studiosi americani (Brown e Dekay, 2001) e adattata da Grosso (Grosso, 2011), permette di localizzare correttamente, secondo un'impronta qualitativa volta alla sostenibilità e alla bioclimatica, le diverse funzioni previste in fase di progetto, siano esse outdoor o indoor. Lo strumento è un valido supporto metaprogettuale alla localizzazione delle funzioni volto all'ottimizzazione del comfort nei paesaggi urbani aumentando di conseguenza l'accessibilità e la fruibilità degli stessi. Essa può essere utilizzata anche per studiare la localizzazione e l'orientamento di nuovi edifici nonché ottimizzare le distanze reciproche e l'influenza sul potenziale di irraggiamento solare e di esposizione al vento tra diversi corpi di fabbrica.

La costruzione di una matrice microclimatica di sito prevede la sovrapposizione grafica dei risultati delle analisi di ombreggiamento e scie da vento sul sito di progetto attribuendo, a seconda della funzione in oggetto, un punteggio relativo alla percezione di comfort attesa da parte dell'ipotetico utente. Generalmente la matrice è costruita su un piano

virtuale posto all'altezza del terreno, per quanto sia possibile procedere ad altezze differenti o produrre una matrice tridimensionale del sito di progetto. La scelta dipende dalle specifiche esigenze, ricordando, tuttavia, che analisi tridimensionali richiedono investimenti maggiori in termini di tempo, costo e complessità, potendo necessitare di software CFD (*Computational Fluid Dynamics*) tridimensionali. È consigliabile procedere anche con analisi su piani verticali generalmente sovrapposti alle facciate, soprattutto per valutare le influenze reciproche tra diversi edifici.

La matrice microclimatica si modifica nel tempo seguendo la posizione del sole nel corso dell'anno e delle diverse ore del giorno e i cambi stagionali (o mensili, giornalieri, orari) della direzione prevalente del vento. Tuttavia, al fine di rendere possibile la procedura di calcolo si considerano come matrici rappresentative della stagione invernale e di quella estiva quelle calcolate nei giorni estremi (solstizi) al mattino e al pomeriggio. Nel nostro emisfero risultano quindi da calcolare le matrici del 21 dicembre alle ore 10:00 e alle ore 14:00 e del 21 giugno alle ore 8:00 e 16:00. È tuttavia possibile utilizzare un criterio differente basato sul giorno più caldo e più freddo dell'anno, stimato seguendo le indicazioni climatiche deducibili dall'analisi degli anni tipo locali o utilizzando come riferimento generale il 21 luglio e il 21

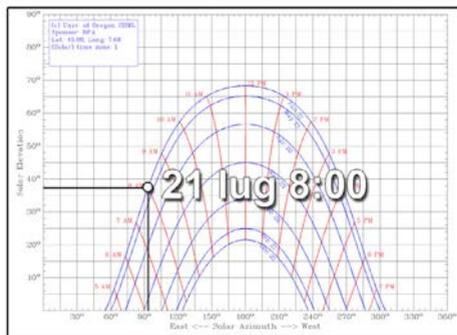
gennaio alle ore 9:00, 12:00 e 15:00 (Brown e Dekay, 2001). Soprattutto se si procede utilizzando specifici software per il calcolo dell'ombreggiamento, occorre prestare attenzione alla definizione dell'orario riferendosi chiaramente all'ora solare del meridiano locale o all'ora del meridiano di riferimento del fuso orario utilizzato.

### **Modalità di costruzione della matrice microclimatica di sito**

La costruzione della matrice microclimatica di sito prevede, in seguito alla definizione del sito di indagine, i seguenti passaggi (Fasi):

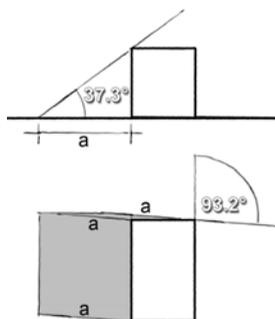
1. la definizione del contesto di indagine e dei vincoli posti dall'ambiente costruito e naturale;
2. la definizione della precisione del calcolo tramite la risoluzione della discretizzazione spaziale del sito in base ad una griglia quadrata o rettangolare dimensionata a seconda delle esigenze (per esempio 5x5 m);
3. l'analisi dei percorsi solari e dell'ombreggiamento nei diversi giorni e nelle diverse ore rappresentative;
4. l'analisi stagionale delle zone in nucleo di scia (calma) di vento (o eventuali analisi di diversa natura temporale, per esempio le brezze giorno-notte);
5. la sovrapposizione dei risultati grafici delle due analisi precedenti di cui ai punti 3 e 4 sulla griglia

Torino

**Disegno profilo d'ombra**

azimut solare = 93.2°

elevazione = 37.3°



**Fig. 1** – Identificazione dell'azimut e dell'elevazione solare per un preciso istante utilizzando il diagramma dei percorsi solari della località di analisi e successivo tracciamento manuale del profilo d'ombra (elaborazione a cura degli autori).

01  
2015

definita al punto 2, al fine di classificare ogni cella seguendo una matrice 2x2 delle condizioni microclimatiche di sito (sole-calma; sole-vento; ombra-calma; ombra-vento). Il processo va ripetuto per tutte le ore e i giorni rappresentativi definiti ai punti precedenti;

6. l'assegnazione di un punteggio numerico alle quattro classi identificate in base alle attività previste da progetto per ogni matrice sviluppata al punto 5;

7. la costruzione delle matrici stagionali di sintesi.

Si cercherà di seguito di dettagliare ogni singolo punto al fine di chiarificare le modalità di applicazione dello strumento in oggetto.

**FASE 1**

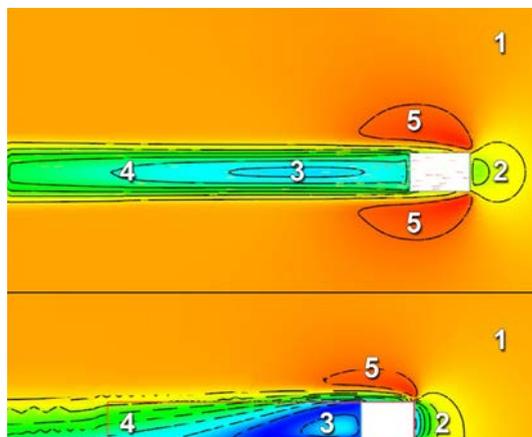
Identificata l'area di indagine e/o di progetto, si procede con la definizione dei parametri e dei vincoli al contorno, costituiti da edifici, alberi, specifiche conformazioni geomorfologiche e da ogni elemento capace di influenzare il contesto microclimatico di sito modificandone le dinamiche di soleggiamento e l'esposizione al vento (fase 1). Ogni vincolo verrà studiato secondo parametri dimensionali e in base all'orientamento rispetto al sito, senza dimenticare eventuali variazioni geometriche stagionali (es. alberi caducifoglie) o fenomeni di permeabilità.

**FASE 2**

Il secondo punto di analisi (fase 2), prevede la discretizzazione dello spazio di progetto/indagine suddividendolo secondo una griglia, generalmente quadrata, dimensionata in funzione delle esigenze specifiche. Si consiglia, per esempio, di utilizzare un passo di 5m per analisi generali, una maglia più fitta nel caso si debba indagare la disposizione di una panchina o di un sentiero, o una maggiore dimensione della griglia per analisi di carattere territoriale. È anche possibile utilizzare un passo variabile della griglia, raffinandola solo in alcune aree specifiche in funzione di peculiari attività o condizioni al contorno.

**FASE 3**

Lo studio delle dinamiche delle ombre (fase 3) è di facile esecuzione. È possibile utilizzare numerosi strumenti informatici capaci di riprodurre i profili d'ombra di forme complesse e molto articolate. Per esempio si possono utilizzare Ecotect™, SketchUp-Pro, specifici plug-in di Rhinoceros™, Vasari e GreenBuilding Studio. Queste analisi possono essere condotte anche a livello territoriale studiando l'irraggiamento solare sulle superfici, per esempio tramite software GIS. Il calcolo manuale è, tuttavia, possibile per quanto, specialmente per forme complesse e articolate, possa richiedere molto tempo.



**Fig. 2** – Modifiche sulla velocità di un flusso d'aria indotte dalla presenza di un ostacolo (elaborazione a cura degli autori).

Analisi con software CFD tridimensionale (Karalit CFD)  
**Scie di vento e zone di calma**

#### LEGENDA

1. Flusso indisturbato
2. Riduzione della velocità sul lato sopravvento
3. Cuore di scia o zona di calma corrispondente alla massima riduzione del vento
4. Scia completa o zona di riduzione sottovento
5. Zona di accelerazione della velocità

Lo studio dell'ombreggiamento su un sito prevede in primis di identificare la posizione del sole nell'ora e nel giorno di analisi per la specifica località, definita tramite due valori: l'azimut solare e l'elevazione. Questo procedimento può avvenire tramite formule analitiche che utilizzano la declinazione solare, la latitudine e l'angolo orario solare, oppure utilizzando appositi diagrammi riportanti i percorsi solari nel corso dell'anno per le coordinate del sito di progetto. Ci si può avvalere di profili forniti dall'amministrazione o calcolati tramite ausili informatici, utilizzando per esempio il servizio fornito dall'università dell'Oregon. Identificata la posizione del sole, si procede a tracciare l'ombra sul piano portata dalle ostruzioni (fig. 1). Un'ulteriore metodologia si avvale di strumenti grafici, basati sui diagrammi medi mensili orari di ombreggiamento per le diverse latitudini, così come descritto da Grosso ne *Il raffrescamento passivo degli edifici* (2011). A prescindere dalla metodologia, il procedimento deve essere effettuato per i diversi periodi di calcolo.

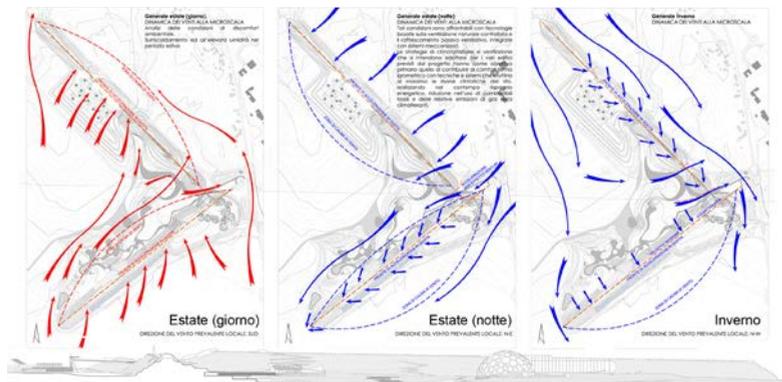
#### FASE 4

Lo studio dei venti (fase 4) è utilizzato, nel caso della matrice microclimatica di sito, per definire le zone prevalentemente esposte o protette dai venti dominanti stagionali. Quando un flusso d'aria incide su un ostacolo viene modificato come illustra-

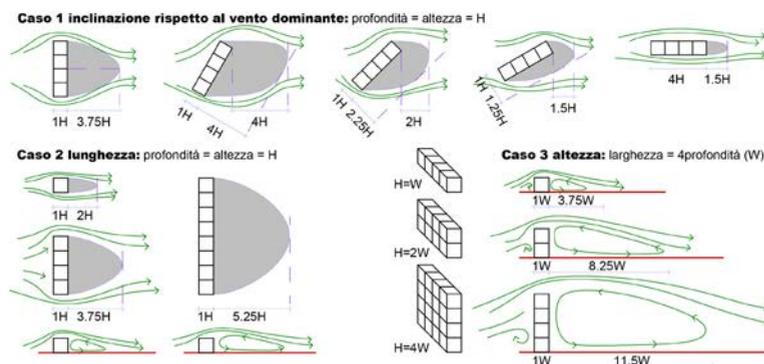
to in figura 2. Questa analisi è importante per localizzare correttamente le attività esterne in funzione dell'effetto schermante degli edifici sul comfort termico, permette inoltre di valutare le zone in cui i freddi venti invernali vengono schermati da ostacoli riducendo le perdite termiche di eventuali corpi di fabbrica o chioschi e aiuta a valutare la distanza corretta tra gli edifici per massimizzare il potenziale da ventilazione naturale. Ai fini di questa specifica applicazione, si trascurano l'andamento delle pressioni, utile per esempio per il calcolo dei flussi d'aria indoor da ventilazione naturale, per concentrarsi sull'andamento delle velocità nei pressi dell'ostacolo. La matrice suddivide il sito di progetto classificandolo in le zone esposte al vento dominante e in zone in nucleo di scia. Con nucleo di scia di vento si intende un'area all'interno della scia sottovento nella quale la velocità del vento subisce una riduzione pari o superiore al 50% rispetto al flusso libero a causa dell'influenza dell'ostacolo considerato (Grosso, 2011; Boutet, 1987).

La figura 3 riporta un'applicazione progettuale della sola analisi dei venti dimostrando come sia possibile integrare armonicamente le esigenze di natura sostenibile/ambientale con le altre componenti di progetto.

L'analisi stagionale delle scie di vento può avvenire seguendo diverse modalità di calcolo. È possibile ap-



**Fig. 3** – Studio delle dinamiche dei venti alla microscala con individuazione delle zone di calma. Rielaborata dalla tavola di consulenza ambientale sviluppata per il Concorso di idee 'Serbariu minerario' 2009 dal gruppo di progetto S.E.R.B.A.R.I.U. (arch. M.I. Cardillo, consulente ambientale prof. M. Grosso).



**Fig. 4** – Metodi schematici per la determinazione della profondità della zona di calma sottovento dedotti da analisi condotte in galleria del vento (rielaborazione degli schemi proposti da Boutet, 1987 e Benjamin & Evans, 1957).

applicare un metodo non analitico che consiste nel disegnare i flussi di vento ipotizzandone l'andamento in presenza di un ostacolo (Brown e Dekay, 2001). Si consiglia, tuttavia, di costruire le scie di vento utilizzando soluzioni più rigorose. In particolare è possibile identificare la geometria sul piano di terra del nucleo di scia di vento in funzione della sua profondità rispetto alla facciata sottovento dell'ostacolo lungo la direzione del vento e quella perpendicolare alla facciata longitudinale sottovento. Il valore di questa profondità dipende dalle dimensioni relative dell'ostacolo e può essere calcolata utilizzando fattori di correlazione derivati da analisi di fitting su set di dati prodotti in galleria del vento (Grosso, 2011; Grosso, 2008b; Boutet, 1987; Evans, 1957). La profondità della zona di calma (o nucleo di scia) può essere dedotta utilizzando gli schemi riportati in letteratura, si veda per esempio la figura 4, o calcolata utilizzando

il metodo di seguito proposto basato sullo stesso database.

È possibile valutare la profondità del nucleo di scia (fase 4) in cinque passaggi:

- definizione della direzione prevalente del vento (almeno stagionale);
- definizione delle dimensioni relative dell'ostacolo utilizzando come modulo l'altezza, approssimandone la forma ad un parallelepipedo (fig. 5)  
 $L = l/h$ ,  $W = w/h$ ,  $H = h$  dove:  $L$ ,  $W$  e  $H$  sono la lunghezza, profondità e altezza relative mentre  $l$ ,  $w$  e  $h$  sono rispettivamente la lunghezza, profondità e altezza reale espressa in metri;
- definizione della profondità della zona di calma lungo la direzione del vento dominante –  $Pc$  – utilizzando il grafico riportato in figura 6;
- definizione della profondità relativa del nucleo di scia rispetto all'ostacolo. Se la direzione del vento

Coefficiente	Angolo di incidenza del vento rispetto alla facciata sopravento principale [°]				
	0	30	45	60	90
<i>Edificio parallelepipedo a pianta rettangolare</i>					
n	1	1.07	0.53	0.40	0.40
o	-	1.07	0.60	0.33	-
<i>Edificio parallelepipedo a pianta quadrata</i>					
n	1	1.05	1.375	1.05	1
$o_s$	-	0.456	1	1	-
$o_i$	-	1	1	0.456	-

**Tab. 1** – Fattori numerici di correzione per le diverse inclinazioni della facciata sopravento rispetto alla direzione del vento locale prevalente (elaborazione a cura degli autori).

è perpendicolare alla facciata longitudinale dell'ostacolo, la profondità del nucleo di scia a terra –  $P_c(d)$  – è pari a  $P_c$ . Se la direzione del vento è obliqua rispetto alla facciata sottovento, si utilizzano i seguenti fattori numerici di correzione, da applicarsi geometricamente come indicato in figura 7:

- per un ostacolo parallelepipedo a base rettangolare si calcola la profondità del nucleo di scia lungo la direzione del vento, a partire dallo spigolo opposto a quello sopravento, utilizzando il fattore di conversione  $n$  ( $P_{c(n)} = P_c \cdot n$ ) e la profondità del nucleo di scia lungo la normale alla facciata sottovento ( $P_{c(o)} = P_c \cdot o$ ). I valori  $n$  e  $o$  in funzione della direzione del vento sono listati in tabella 1;
- per un ostacolo parallelepipedo a base quadrata si calcola la  $P_c(n)$  come nel caso precedente e le due profondità del nucleo di scia rispettivamente in direzione normale alla facciata sottovento laterale alla facciata sopravento ( $P_{c(os)} = P_c \cdot os$ ) e perpendicolarmente alla facciata sottovento opposta alla facciata sopravento ( $P_{c(oI)} = P_c \cdot ol$ ). I parametri  $n$ ,  $os$  e  $ol$  sono desumibili dalla tabella 1;

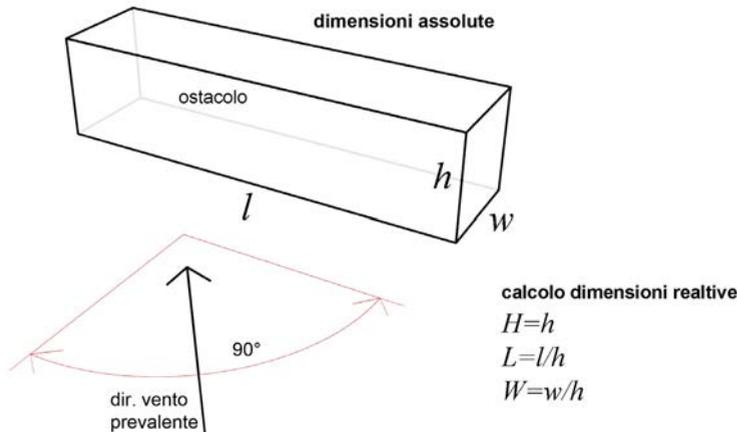
- definizione del valore assoluto in metri della profondità del nucleo di scia moltiplicando i valori ottenuti per l'altezza dell'edificio ( $h$ ) (profondità =  $P_{c(x)} \cdot h$ , dove  $x$  sta per la profondità lungo la direzione considerata, sia essa  $d$ ,  $n$ ,  $o$ ,  $os$  o  $ol$ ).

Definita la profondità del nucleo di scia è possibile disegnare geometricamente la zona di calma sulla griglia di analisi. Questo metodo semplificato può essere applicato a ostacoli che rispettino le seguenti condizioni al contorno:  $0,12 \leq W \leq 10$  e  $1 \leq L \leq 8$ . Quando l'oggetto in esame supera questi limiti è possibile, entro certi limiti, utilizzare i parametri più vicini all'interno dei valori della figura 6. Infine, nel caso in cui l'intorno presenti geometrie complesse, numerosi ostacoli non isolati o edifici di elevate dimensioni (come nel caso dei grattacieli), si consiglia di utilizzare un software CFD per il calcolo dettagliato della zona di calma. La figura 8 mostra un'analisi delle scie di vento, nel caso invernale e estivo, per uno specifico sito di progetto localizzato a Melbourne in Australia.

#### FASE 5

Definito l'ombreggiamento e la zona di calma da vento sul piano di analisi per l'ora e il giorno considerati, è possibile procedere con la sovrapposizione dei risultati sulla matrice di sito (fase 5). Si vengono così a creare quattro classi di combinazione: ombreggiato-in scia; ombreggiato-ventilato; soleggiato-in scia; soleggiato-ventilato. Lo stesso procedimento viene effettuato per tutte le diverse analisi puntuali. La figura 9 illustra questo punto avvalendosi di un intorno semplificato.

**Calcolo della profondità del cuore di scia**



**Fig. 5** – Definizione delle dimensioni assolute e relative di un ostacolo. Si assume come  $l$  la facciata di maggiori dimensioni posta sopravvento (elaborazione a cura degli autori).

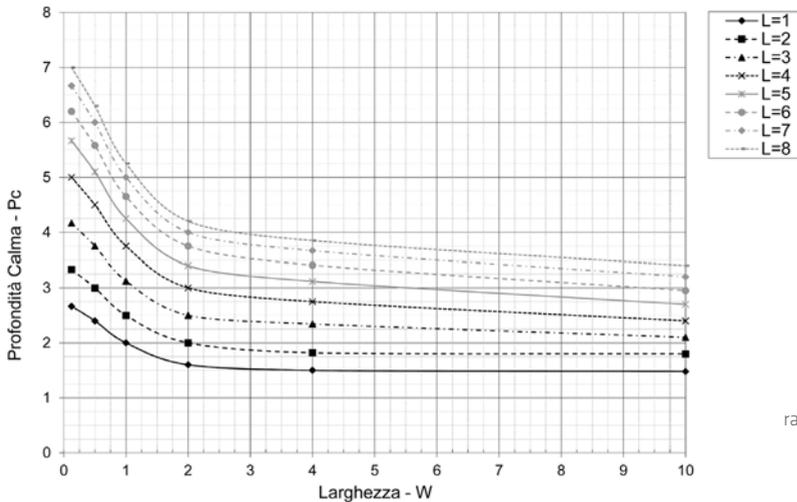
**FASE 6**

A seguito della definizione della matrice per classi, si procede ad assegnare ad ogni combinazione un punteggio numerico in funzione dell'attività sulla quale si vuole condurre l'analisi di priorità vocazionale sul sito (fase 6). Questo procedimento può essere effettuato più volte in funzione dell'attività che si intende analizzare utilizzando le stesse matrici ottenute al punto 5. I valori numerici possono essere introdotti sulla base dei giudizi proposti nella tabella 2.

**FASE 7**

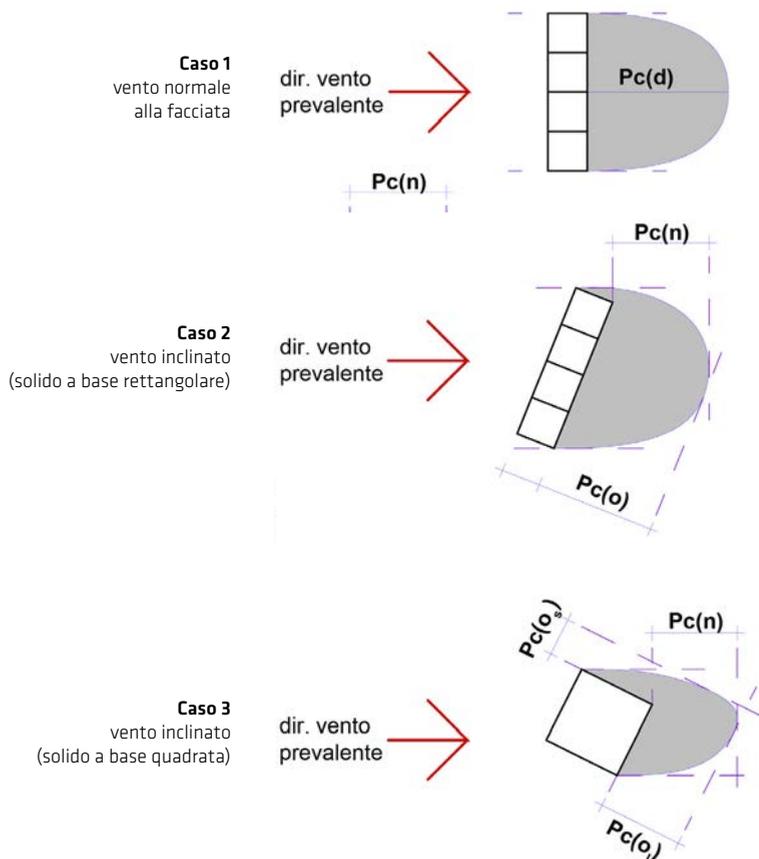
Definite le matrici numeriche per ogni istante di analisi preso in considerazione, si può procedere con la somma dei valori posti nelle celle omologhe delle diverse matrici per ottenere matrici sintetiche stagionali o annuali capaci di fornire i desiderati suggerimenti vocazionali/funzionali (fase 7), come è per esempio mostrato in figura 10.

**Variazione della profondità di calma in funzione di lunghezza e larghezza (H=1)**



**Fig. 6** – Grafico per il calcolo della profondità del nucleo di scia (parametro Pc) in funzione dei rapporti relativi tra altezza, imposta come modulo unitario, lunghezza e larghezza dell'ostacolo in esame (elaborazione a cura degli autori).

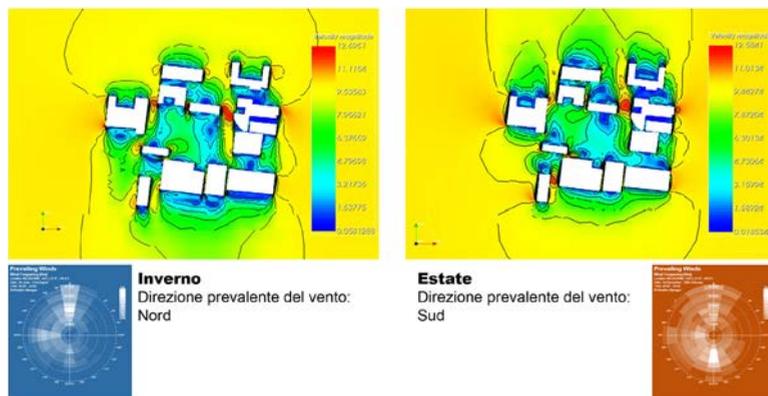
**Fig. 7** – Definizione grafica per il calcolo della profondità di scia utilizzando i fattori numerici di correzione in funzione dell'angolo di incidenza del vento dominante sulla facciata principale dell'ostacolo (elaborazione a cura degli autori).



Attività		Periodo	Relazione matrice microclimatica e condizioni di comfort			
			ombra-scia	ombra-vento	sole-scia	sole-vento
Basso tasso metabolico	Sostare Passeggiare	Inverno	Sfavorevole	Peggior	Ottimale	Buono
		(vento freddo)	Buono	Peggior	Ottimale	Sfavorevole
		Estate	Ottimale	Buono	Peggior	Sfavorevole
		(umidità elevata)	Sfavorevole	Ottimale	Peggior	Buono
Medio tasso metabolico	Camminare veloci Corsa debole	Inverno	Sfavorevole	Peggior	Buono	Ottimale
		(vento freddo)	Buono	Peggior	Ottimale	Sfavorevole
		Estate	Buono	Ottimale	Peggior	Sfavorevole
		(umidità elevata)	Sfavorevole	Ottimale	Peggior	Buono
Alto tasso metabolico	Correre veloci Fare ginnastica	Inverno	Peggior	Sfavorevole	Buono	Ottimale
		(vento freddo)	Buono	Peggior	Ottimale	Sfavorevole
		Estate	Buono	Ottimale	Peggior	Sfavorevole
		(umidità elevata)	Sfavorevole	Ottimale	Peggior	Buono

**Tab. 2** – Giudizi di valore vocazione in base all'attività prevista derivati dall'interazione tra le analisi ambientali derivanti dalla matrice microclimatica di sito e le condizioni di comfort per la specifica funzione (elaborazione da Grosso 2008b).

**Fig. 8** – Calcolo delle scie di vento sul sito della nuova facoltà di architettura della città di Melbourne, Australia, in base alle direzioni dei venti dominanti estivi e invernali. Calcolo effettuato utilizzando il software Karalit CFD (elaborazione a cura degli autori – corrispettivo tradotto in inglese è inserito negli atti del convegno *Le vie dei mercanti* 2015 in corso di pubblicazione – Grosso, Chiesa, Nigra 2015).

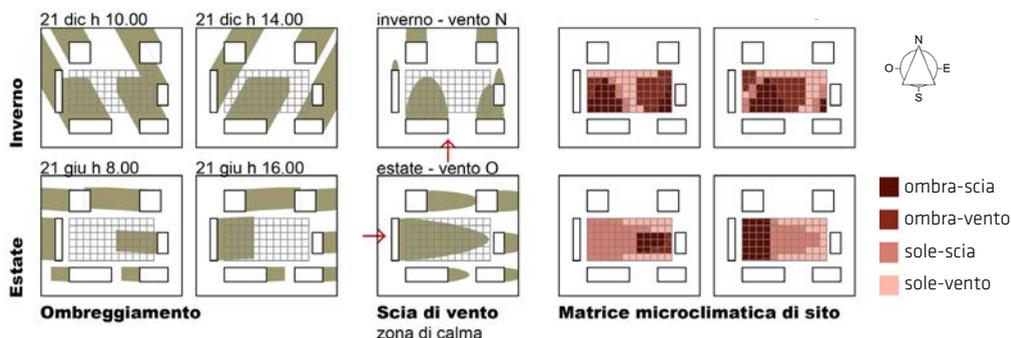
01  
2015

## Conclusioni

Lo strumento della matrice microclimatica di sito permette di valutare e suggerire il corretto dimensionamento e l'ottimale posizione degli oggetti e delle funzioni principali nell'ambiente urbano sotto il profilo del comfort termico ambientale. Questo aspetto va considerato come elemento integrato nel progetto del paesaggio urbano, in un'ottica interdisciplinare e complessa nella quale si devono integrare le diverse chiavi progettuali per mirare ad ottimizzare la qualità e l'accessibilità degli spazi. L'attenzione alla progettazione ambientale, di cui il comfort termico costituisce una classe di esigenze, è necessaria per migliorare la qualità dei paesaggi nel momento della loro definizione formale e suggerisce possibili orientamenti geomorfologici in linea con le crescenti esigenze di sostenibilità e sviluppo sostenibile.

## Fonti bibliografiche

- Benyus J.B. 1997, *Biomimicry. Innovation Inspired by Nature*, Harper Collins, New York.
- Brown G.Z., Dekay M. 2001, *Sun, Wind & Light*, John Wiley & Sons, New York.
- Bottero M. 2007, *Ambiente e Paesaggio*, «Il Progetto Sostenibile», 14, pp. 4-10.
- Boutet T.S. 1987, *Controlling Air Movement. A Manual for Architects and Builders*, McGraw-Hill, New York.
- Cassatella C., Peano, A. (a cura di) 2011, *Landscape Indicators. Assessing and Monitoring Landscape Quality*, Springer, Nederland.
- Chiesa G. 2014, *Luoghi e non luoghi di ritrovo giovanile*, «Insegnare», vol. 39.
- Chiesa G. 2010, *Biomimetica, tecnologia e innovazione per l'architettura*, Celid, Torino.
- Chiesa G., La Riccia L. 2013, Dalla rappresentazione alle rappresentazioni di paesaggi e territori, «Planum», vol.2, no.27.
- Clément G. 2005, *Manifesto del Terzo paesaggio*, Quodlibet, Macerata (edd. origg. 2004).
- Codeluppi V. 2007, *La vetrinizzazione sociale. Il processo di spettacolarizzazione degli individui e della società*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Convenzione Europea del Paesaggio*, traduzione a cura di Manuel R. Guido e Daniela Sandroni dell'Ufficio Centrale per i Beni Ambientali e Paesaggistici, <[http://www.bap.beniculturali.it/attivita/tutela\\_paes/convenzione.html](http://www.bap.beniculturali.it/attivita/tutela_paes/convenzione.html)> (06/08).
- Council of Europe 2000, *European Landscape Convention*, «European Treaty Series», 176, Firenze.
- Cullen G. 1976, *Il Paesaggio urbano. Morfologia e progettazione*, Calderini, Bologna (edd. origg. 1961).
- Dessi V. 2007, *Progettare il comfort urbano, Soluzioni per un'integrazione tra società e territorio*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Donadieu P.D. 2006, *Campagne urbane. Una nuova proposta di paesaggio della città*, Donzelli Editore, Roma (edd. origg. 1998).
- Evans B.H. 1957, *Natural Air Flow Around Buildings*, Research report no. 59, Texas Engineering Experiment Station, College Station, Texas.



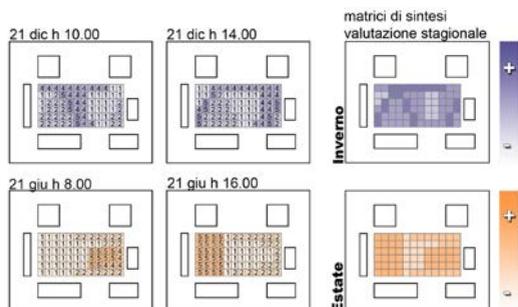
in alto

**Fig. 9** – Costruzione della matrice microclimatica di sito per un sito esemplificativo posto a 45°N di latitudine.

In questo esempio i venti locali predominanti provengono da Sud per la stagione invernale e da Ovest nel caso estivo (elaborazione a cura degli autori).

a fianco

**Fig. 10** – Calcolo delle matrici sintetiche stagionali per localizzare attività a basso tasso metabolico sul sito definito in Figura 9 (elaborazione a cura degli autori).



Attività		Periodo	Relazione matrice microclimatica e condizioni di comfort			
			ombra-scia	ombra-vento	sole-scia	sole-vento
Basso tasso metabolico	Sostare Passeggiare	Inverno	Sfavorevole	Peggior	Ottimale	Buono
		Estate	Ottimale	Buono	Peggior	Sfavorevole
<b>Ottimale</b>		<b>Buono</b>	<b>Sfavorevole</b>		<b>Peggior</b>	
5		4	2		1	

Gehl J. 1987, *Life between buildings: Using public space*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Geiger R. 1950, *The Climate near the Ground*, Harvard University Press, Cambridge.

Girardin F., Calabrese F., Fiore F.D., Ratti C., Blat J., 2008, *Digital footprinting: Uncovering tourists with user-generated content*, «IEEE Pervasive Computing», vol. 7, no. 4, pp. 36-43.

Grosso M. 2011, *Il Raffrescamento passivo degli edifici*, 3rd ed. Maggioli, Santarcangelo di Romagna.

Grosso M. 2008a, L'evoluzione della dialettica ambiente/paesaggio e il ruolo della tecnologia dell'architettura, in Ginelli E. (a cura di) 2008, *La ricerca a fronte della sfida ambientale. Materiali del III Seminario Osdotta*, Firenze University Press, Firenze.

Grosso M. 2008b, *La progettazione bioclimatica*, in *Architettura sostenibile*, Castelli, L. (a cura di), Utet, Torino.

Grosso M., Peretti G., Piardi S., Scudo G. (a cura di) 2005, *Progettazione ecocompatibile dell'architettura. Concetti e metodi, strumenti di analisi, esempi applicativi*, Sistemi editoriali, Es-selibri, Napoli.

Krier R. 1996, *Lo spazio della città*, Città studi edizioni, Milano (edd. origg. 1975).

Lynch K. 1964, *L'immagine della città*, Marsilio, Venezia (edd. origg. 1960).

Martincigh L. 1998, *Qualità e sicurezza: un obiettivo per la città*, «Paesaggio urbano», 2.

Mateo J.L., Sauter F. (a cura di) 2007, *Architectural Papers III: Natural Metaphor. An Anthology of Essays on Architecture and Nature*, Actar, Barcelona.

Oxman R. 2006, *Theory and design in the first digital age*, «Design Studies», vol. 27, pp. 229-265.

Pawlyn M. 2011, *Biomimicry in Architecture*, RIBA Publishing, London.

Scudo G. (a cura di) 2012, 8. *Ambiente Esterno*, in *Almanacco dell'architetto*, AAVV, vol. 2, Proctor Edizioni, Bologna, pp. 900-971.

Scudo G. 2007, *Prefazione*, in *Progettare il comfort urbano. Soluzioni per un'integrazione tra società e territorio*, V. Dessi (a cura di), Sistemi Editoriali, Napoli.

Sennett R. 2006, *Il declino dell'uomo pubblico*, Bruno Mondadori, Milano (edd. origg. 1974).

Todd N.J., Todd J. 1984, *Bioshelters, Ocean Arks, City Farming. Ecology as the Basis of Design*, Sierra Club Books, San Francisco.