



L'azione ambientale negli strumenti urbanistici: la procedura di R.I.E.

Luigi Fanizzi, ECOACQUE® (✉ info@ecoacque.it) - Saverio Misceo, DIA Politecnico Bari

L'urbanizzazione dei suoli sembra influire sul regime pluviometrico attraverso l'incremento del tasso di particolato in atmosfera che dà luogo a nuclei di condensazione (favorendo, cioè, la formazione delle goccioline d'acqua nelle nubi), dell'aumento del calore proveniente dalle superfici ruvide (*roughness sublayer*) che porta all'incremento della turbolenza e delle correnti convettive (con risultati analoghi a quelli provocati dai rilievi orografici) ed attraverso l'aggiunta del vapor d'acqua, emesso dalle fonti di calore antropogenico. Gli aumenti delle piogge, misurati nelle zone sottovento alle aree urbane variano, solitamente, fra il 5% e il 15% delle precipitazioni annue totali (con incremento più accentuato nei mesi invernali) mentre la frequenza dei temporali è, generalmente, più alta dove più elevato è l'inquinamento atmosferico (G. Gisotti, 2007). Il principale fattore che determina il fenomeno del riscaldamento urbano (*urban warming*) è il bilancio energetico di superficie, il quale esprime come gli input energetici e cioè la radiazione netta R_n e le emissioni antropogeniche C_a , che hanno peso rilevante negli ecosistemi urbani, sono utilizzati per (L. Mariani et Al., 2005):

- riscaldare l'aria a contatto con il suolo (innescando un flusso di calore sensibile H);
- evaporare, o traspirare in presenza di specie vegetali, l'acqua (innescando un flusso di calore latente LE);
- riscaldare l'interno del suolo (innescando un flusso geotermico G).

Per una superficie in equilibrio energetico, trascurando cioè i termini di accumulo, vale la relazione:

$$R_n + G + H + LE + Ca = 0$$

La radiazione netta (R_n) è frutto del bilancio tra la radiazione solare globale in arrivo R_g [$W \cdot m^{-2}$], al netto dell'albedo A [%], e l'emissione ad onda lunga (radiazione infrarossa) della superficie del suolo RL [$W \cdot m^{-2}$] uscente; i gas serra, insieme alle nubi ed al pulviscolo atmosferico, agiscono sul termine RL , intercettandolo in parte nei cosiddetti *canyon* urbani e reirradiandolo verso il suolo (limitandone il raffreddamento). Pertanto, considerati positivi i flussi diretti verso la superficie e negativi quelli che se ne allontanano, varrà l'equazione energetica:

$$R_n - R_g \cdot (1 - A) + RL = 0$$

Con riferimento all'ultimo bilancio d'equilibrio, è visibile come l'urbanizzazione agisce anzitutto sull'albedo (A), frazione solare riflessa verso il cielo aperto. Nel caso di vegetazione spontanea o coltivata, infatti, l'albedo è dell'ordine del 20% + 30%, mentre nelle città detto

valore è mediamente più basso e dell'ordine del 10% fino a scemare a valori del 5% nel caso di superfici completamente asfaltate. Da questo punto di vista si può rilevare che in aree rurali, in una giornata estiva, è comune osservare che il 60% + 80% di R_n è utilizzata dalle piante per evapotraspirare l'acqua (termine LE) e solo il 20% + 40% per riscaldare l'aria (termine H). E' immediato osservare, allora, che al diminuire del rapporto " $\beta = H/LE$ " (denominato rapporto di Bowen), diminuisce il potere di una superficie di riscaldare l'aria sovrastante, perciò le diverse superfici possono essere ordinate dalla meno attiva alla più attiva, così come riportato in **Tabella 1** (mod. G. Bonafè, 2006). L'antropizzazione dei suoli, dunque, porta a quattro rilevanti effetti urbani: il primo causa l'incremento delle probabilità di formazione delle precipitazioni sottovento della città; il secondo riduce l'area totale sulla quale le precipitazioni raggiungono il suolo; il terzo è associato al ridotto flusso orizzontale del vento (*brezze*), per la presenza delle barriere costituite dagli edifici che ne vanificano, in buona parte, l'effetto refrigerante; il quarto è l'aumento di calore proveniente dal suolo. Tali alterazioni climatiche urbane, di gran lunga superiori a quelle dovute al riscaldamento globale (*global warming*), caratterizzano il fenomeno della cosiddetta "isola di calore" (*Urban Heat Island* o UHI). Con tale termine si definisce la differenza di temperatura tra l'ambiente urbano e quello circostante (vedi **Figura 1**, S. Rossi et Al., 2007). In particolare, detta differenza termica fra gli ambienti urbano (u) e rurale (r), è l'espressione più caratteristica della diversità a livello di bilanci energetico ed idrologico.

Copertura del suolo	Valori tipici del rapporto "β"
Mare	0,1
Terreni erbosi irrigati	0,2
Foreste	0,4
Terreni erbosi	0,5
Centri urbani	1
Regioni semiaride	5

Tabella 1 - Valori tipici del rapporto di Bowen.

A livello quantitativo H. E. Landsberg (1981), ha trovato che il valore medio di UHI può essere espresso sia in funzione del diametro della città " d " [km], che del numero di abitati " N_a " (strettamente correlato con le *fonti antropogeniche*), secondo le seguenti relazioni empiriche:

$$\Delta t_{(u-r)} = 0,10 \cdot d \text{ [}^\circ\text{C]}$$

e

$$\Delta t_{(u-r)} = 0,870 \cdot \ln(N_a) - 4,012 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

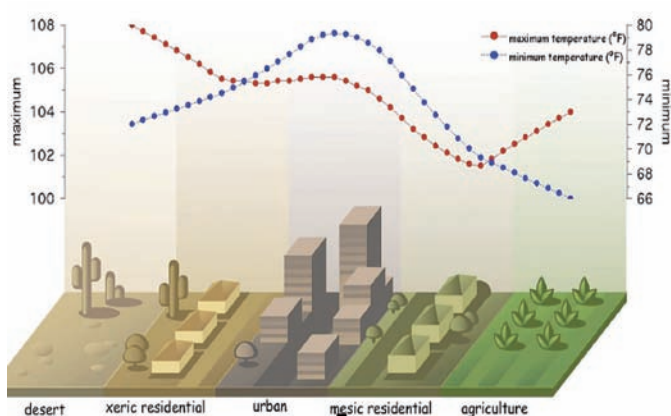


Figura 1 – Isola di Calore Urbana (Urban Heat Island o UHI).

Un altro esempio di come le aree urbane possono modificare il bilancio idrologico, rispetto le circostanti aree rurali, sono i decrementi dell'evapotraspirazione e del deflusso sotterraneo mentre risulta aumentato il deflusso superficiale (vedi **Figura 2**; mod. G. L. Lanza et Al., 2007). Un'area che è impermeabilizzata per il 50% e che non è servita da una rete di drenaggio delle acque meteoriche di dilavamento avrà una portata media di circa 1,70 volte maggiore di un'area rurale identica sotto gli altri aspetti morfologici; con il 50% di area drenata la portata sarà di circa 2,50 volte maggiore e con tutta l'area drenata la portata media sarà di circa 3,75 volte maggiore (L. B. Leopold, 1968). L'effetto combinato dell'aumentato volume di deflusso superficiale e del ridotto tempo di smaltimento, nelle reti di drenaggio, con il conseguenziale incremento dei picchi degli idrogrammi di piena, è un altro vistoso fenomeno del processo di urbanizzazione dei suoli. Analogo importante cambiamento, anche se meno evidente, avviene per il regime idraulico delle acque di falda nei sottosuoli dovuto non soltanto ai decrementi delle acque d'infiltrazione ma, anche, agli aumentati prelievi, mediante pompaggi, per l'aumento della domanda e per l'utilizzo improprio della stessa risorsa.

La compensazione ambientale

E' chiaro che le azioni di modificazione antropica dei suoli richiedono, a loro volta, azioni di compensazione ambientale (vedi **Figura 2**).

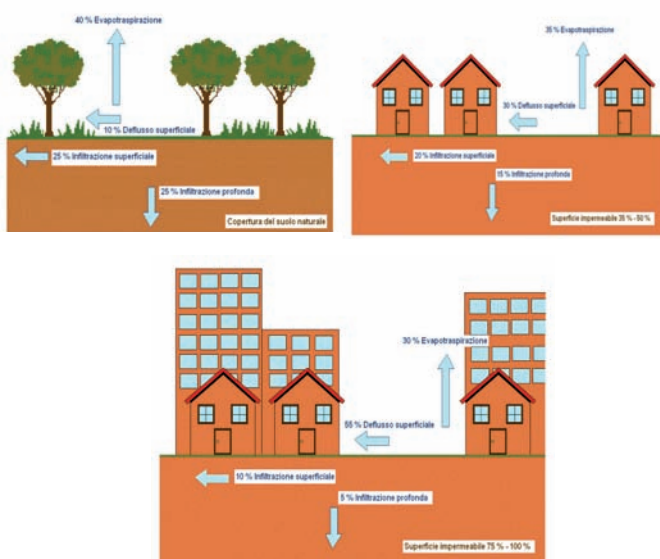


Figura 2 – Rapporto fra superficie impermeabile e deflusso superficiale in un bacino idrico.

ra 3), che dovranno riequilibrare i termini dei bilanci energetico ed idrologico. In particolare, si dovrà (mod. G. Bonafè, 2006):

- 1) ridurre il flusso di calore immagazzinato nella struttura urbana;
- 2) aumentare la vegetazione ed il contenuto d'acqua evaporabile (ridurre, cioè, il rapporto di Bowen "β", trasformando la parte del flusso di calore sensibile "H" in flusso di calore latente "LE");
- 3) ridurre il flusso di calore antropogenico (C_a);
- 4) ridurre la radiazione netta (R_n);
- 5) ridurre i prelievi idrici dalle falde sotterranee.

Per realizzare il punto 1), si possono:

- a) modificare, se possibile, la geometria degli edifici (rapporto tra altezza media e larghezza dei canyon);
- b) selezionare opportunamente i materiali utilizzati (privilegiando quelli a minore ammettenza termica ovvero migliorando la coibentazione degli edifici; vedi **Tabella 2**).

Materiale o tipologia di superficie	Albedo (%)	Ammettenza termica ($J \cdot m^{-2} \cdot s^{-1/2} \cdot K^{-1}$)
Suolo sabbioso	18	620 ÷ 2.550
Suolo argilloso	14	600 ÷ 2.210
Neve	75	240
Acqua	7	1.580
Roccia	12 ÷ 15	1.700 ÷ 3.400
Legno	20	200 ÷ 540
Mattoni	30 ÷ 60	1070
Vetro	80	1.110
Calcestruzzo	25 ÷ 35	150 ÷ 2.370
Asfalto	9 ÷ 15	1.230 ÷ 1.680
Pietra	20	2.220
Campi con messi e piante	25	1.000 ÷ 2.000
Incolto misto (bosco, palude, macchia)	15 ÷ 25	1.600 ÷ 3.000

Tabella 2 – Valori medi di albedo ed ammettenza termica per vari materiali e superfici (T.R. Oke, 1981).

Per realizzare il punto 2), si possono:

- a) diminuire le pavimentazioni impermeabili in favore di quelle permeabili;
- b) aumentare le superfici vegetate e gli specchi liquidi nell'area urbana.

Per realizzare il punto 3), si possono:

- a) ridurre i consumi di energia elettrica e di riscaldamento domestici;
- b) ridurre il traffico veicolare urbano.

Per realizzare il punto 4), si possono:

- a) modificare, se possibile, la geometria degli edifici (rapporto tra altezza media e larghezza dei canyon, ecc.);
- b) selezionare opportunamente i materiali utilizzati (privilegiando quelli a maggiore albedo, cioè di colore più chiaro; vedi **Tabella 2**).

Per realizzare il punto 5), si possono:

- c) cercare di aumentare gli invasi superficiali;
- d) cercare di fare un uso più appropriato e razionale delle risorse idriche sotterranee.



Figura 3 – Intervento urbano a compensazione ambientale (P. Pileri, 2008).

La procedura di R.I.E.

Ogni trasformazione di suolo da uso naturale (o *seminaturale*) ad uso artificiale, con la sua asportazione e/o copertura permanente, deve responsabilizzarsi nei confronti dell'ambiente, inteso come "habitat" abiotico (*acqua, aria e suolo*) di tutte le risorse indispensabili a garantire la vita di tutte le specie biotiche (*animali e vegetali*, semplici o complesse). Ogni alterazione irreversibile, operata su ciascuna componente ambientale (*biotica ed abiotica*), deve accompagnarsi, pertanto, ad un serio processo di valutazione della necessità e della sostenibilità dell'intervento che la richiama (P. Pileri, 2008). Perseguendo questa tesi alcuni Comuni italiani come, per esempio, quello di Bolzano, hanno cominciato ad utilizzare, negli strumenti urbanistici, un criterio volto a limitare l'asportazione del verde e l'impermeabilizzazione del suolo. In altre parole, per tutti gli interventi di nuova costruzione e per tutti gli interventi di trasformazione edilizia ed urbanistica soggetti a concessione edilizia ovvero oggetto di denuncia di inizio attività (*coperture, terrazze, sistemazioni esterne, cortili, aree verdi, aree pavimentate, eccetera*), è stata resa obbligatoria la procedura di R.I.E. (Riduzione dell'Impatto Edilizio). Secondo tale procedura, viene valutato analiticamente un indice numerico di qualità ambientale (R.I.E.), applicato al lotto edificabile, al fine di certificare la qualità dell'intervento rispetto alla permeabilità del suolo ed al verde ossia alle misure integrate di mitigazione e compensazione ambientale adottate (*tecnologie di gestione e recupero delle acque meteoriche, tecnologie per il verde pensile e/o tradizionale ed ingegneria naturalistica*). La procedura R.I.E., inoltre, consente di applicare il principio giuridico dell'azione ambientale di cui all'*art. 3-ter del D. Lgs. n. 4/2008* (correttivo del Testo Unico Ambientale di cui al D. Lgs. n. 152/2006), trasferendo ad ogni intervento sul territorio il costo della modificazione ambientale che esso potrà comportare: *chi attua modificazioni al territorio, si dovrà accollare l'onere della compensazione ambientale*. Ai fini di detta disciplina, pertanto, costituiscono elemento essenziale, nella determinazione delle superfici con valore R.I.E. (Delibera C.C. di Bolzano, 10.02.2004, n. 11, art. 19/bis):

- la tipologia ed i materiali di finitura delle superfici esterne esposte alle acque meteoriche;
- la gestione e l'eventuale recupero/riuso delle acque meteoriche;
- la piantumazione di specie vegetali e l'inverdimento pensile.

Fondamento generale della procedura R.I.E. è l'obiettivo di garantire l'indice R.I.E. di progetto (R.I.E. 2) migliore possibile, a partire dalla rilevazione del R.I.E. dello stato di fatto (R.I.E. 1) e con riferimento agli indici normalizzati R.I.E. di zona (R.I.E. Z) differenziati, questi ultimi, per destinazioni urbanistiche delle rispettive zone residenziali (R.I.E. $Z_k \geq 4$) ovvero produttive (R.I.E. $Z_p \geq 2$) ed in base alle reali situazioni di fatto tecnico giuridiche del fondo edificabile.

L'algoritmo di calcolo

L'algoritmo si presenta nella seguente forma:

$$R.I.E. = \frac{\sum_{i=1}^n Sv_i \cdot \frac{1}{\Psi_i} + (Se)}{\sum_{i=1}^n Sv_i + \sum_{j=1}^m Sj_j \cdot \Psi_j}$$

dove:

R.I.E. = Indice di riduzione dell'impatto edilizio;

Sv_i = i-esima superficie permeabile, impermeabile o sigillata trattata a verde;

Sj_j = j-esima superficie permeabile, impermeabile o sigillata non trattata a verde;

Ψ_i = coefficiente di deflusso;

Se = superfici equivalenti alberature.

In termini sintetici l'algoritmo R.I.E. esprime un rapporto dove, con riferimento ad una determinata area, oggetto di valutazione ambientale, al numeratore vengono inserite le superfici trattate a verde ed al denominatore le superfici non trattate a verde. Le singole superfici, opportunamente moltiplicate per il rispettivo coefficiente Ψ_i (coefficiente di deflusso) ovvero per il reciproco dello stesso e con l'aggiunta, al numeratore, delle alberature presenti (esprese in superfici equivalenti), concorrono a restituire un numero (valore qualitativo adimensionale), denominato R.I.E., compreso tra 0 e 10 (più elevata è la magnitudo, migliore è la gestione del territorio).

Le operazioni da effettuare, per predisporre i dati da inserire nell'algoritmo di calcolo sono, nell'ordine, le seguenti:

- Determinazione delle diverse tipologie di superficie attinenti alla situazione di fatto (R.I.E. 1) e/o alla situazione di progetto (R.I.E. 2)** - Le diverse tipologie di superficie, sempre determinate in pianta (proiezione orizzontale), vanno preliminarmente suddivise nelle due seguenti categorie principali:
 - N) Superfici, di qualsiasi genere, anche su soletta, naturali o trattate a verde, a tutta superficie.** Esempi: giardini, orti, superfici a coltura agraria, verde pensile, pavimentazioni in grigliato inerbite, fioriere fisse, aiuole, eccetera.
 - D) Superfici, di qualsiasi genere, realizzate con materiali inerti e non trattate a verde.** Esempi: coperture sia piane che inclinate in tegole o con manto zavorrato oppure metalliche, superficie a terra in asfalto o con elementi in fuga sigillata o non sigillata, pavimentazioni drenanti ma non inverdite, superfici in macadam, superfici sportive in sintetico, manufatti vari in calcestruzzo, eccetera.

Le superfici della categoria N) andranno inserite al numeratore dell'algoritmo di calcolo, mentre le superfici della categoria D) andranno inserite al denominatore nello stesso algoritmo.

- Determinazioni delle superfici** - Le superfici vanno rilevate in proiezione. In caso, ad esempio, di coperture inclinate, non andrà misurato lo sviluppo reale delle falde ma la loro proiezione sul terreno. Nel caso di superfici sovrapposte (ad esempio falde sporgenti su superfici a terra sottostanti) andranno misurate esclusivamente le superfici visibili in proiezione, applicando le opportune sottrazioni di superficie (vedi **Figura 4**).
- Attribuzione del coefficiente di deflusso alle tipologie di superfici rilevate** - I valori dei coefficienti di deflusso Ψ_i applicati, in algoritmo, sono quelli tratti dalla corrente letteratura (Scala Frühling, Norme DIN, UNI, FLL ed ATV; Vedi **Tablelle 3 e 4**).

Categoria di superficie	Specifiche o varianti	Norme di riferimento	ψ
Giardini, aree verdi, prati, orti, superfici boscate ed agricole			0,10
Specchi d'acqua, stagni o bacini di accumulo ed infiltrazione con fondo naturale			0,10
Incolto			0,20
Pavimentazione in lastre posate ad opera incerta con fuga inerbita		Con coefficiente di permeabilità fondo $k \geq 10^{-5}$ m/s	0,70
		Con coefficiente di permeabilità fondo $k < 10^{-5}$ m/s	1,00
Area di impianto sportivo con sistemi drenanti e superficie a prato		Con coefficiente di permeabilità fondo $k \geq 10^{-5}$ m/s	0,30
		Con coefficiente di permeabilità fondo $k < 10^{-5}$ m/s	1,00
Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico, riempiti di substrato ed inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto (grigliati garden)	Percentuale di inerbitamento ≥ 40 %	Con coefficiente di permeabilità fondo $k \geq 10^{-5}$ m/s	0,40
	Percentuale di inerbitamento < 40 %	Con coefficiente di permeabilità fondo $k \geq 10^{-5}$ m/s	0,70
	Qualsiasi tipologia	Con coefficiente di permeabilità fondo $k < 10^{-5}$ m/s	1,00
Copertura a verde pensile con spessore totale medio $10 < s \leq 15$ cm fino a 15° di inclinazione (26,80 %)	Con applicazioni di soluzioni specifiche per coperture piane	Realizzato secondo normativa di riferimento UNI 11235:2007	0,40
Copertura a verde pensile con spessore totale medio $10 < s \leq 15$ cm con inclinazione $> 15^\circ$ (26,80 %)	Con applicazioni di soluzioni specifiche per coperture inclinate	Realizzato secondo normativa di riferimento UNI 11235:2007	0,50

Tabella 3 – Categorie di superfici permeabili, impermeabili o sigillate, trattate a verde (N).

Categoria di superficie	Specifiche o varianti	Norme di riferimento	ψ
Coperture metalliche con inclinazione $< 3^\circ$			0,90
Coperture metalliche con inclinazione $> 3^\circ$			0,95
Coperture continue con zavoratura in ghiaia			0,70
Coperture continue con finitura in materiali sigillati (terrazze, lastrici solari, superfici poste sopra a volumi interrati) ed inclinazione $< 3^\circ$			0,85
Coperture continue con finitura in materiali sigillati (terrazze, lastrici solari, superfici poste sopra a volumi interrati) ed inclinazione $> 3^\circ$			0,90
Coperture discontinue (tegole in laterizio o similari)			0,90
Pavimentazioni in asfalto o cls			0,90
Pavimentazioni in cubetti, pietre o lastre a fuga sigillate			0,80
Pavimenti in cubetti o pietre a fuga non sigillata su sabbia		Pavimentazioni posate su materiali sciolti	0,70
Pavimentazioni (strade, cortili, piazzali) in macadam o similari		Pavimentazioni posate su materiali sciolti	0,35

Tabella 4 – Categorie di superfici permeabili, impermeabili o sigillate, non trattate a verde (D).

4. **Valutazione delle alberature presenti allo stato di fatto od in progetto** - Un necessario dato da rilevare e da inserire, quindi, nell'algoritmo di calcolo, indipendentemente dalle tipologie per categorie di superficie rilevate, è rappresentato dalle alberature presenti o di progetto. Ai fini del calcolo del R.I.E. è necessario rilevare la tipologia di alberatura presente allo stato di fatto (RIE 1) o prevista in progetto (RIE 2). A questo fine

tutta la vegetazione con sviluppo in altezza, a maturità, fino a 4,0 m non viene considerata come "alberatura" ma concorre, insieme alle altre tipologie di vegetazione, unicamente all'attribuzione di una superficie alle categorie "trattate a verde". A partire da uno sviluppo in altezza, a maturità, maggiore di 4,0 m, la vegetazione viene considerata, ai fini del R.I.E. come alberatura secondo la categorizzazione di **Tabella 5**.



Categoria	Sviluppo in altezza a maturità alberature (m)	Superficie equivalente "Se" (m ²)
1	> 4 ÷ 12	115
2	> 12 ÷ 18	65
3	> 18	20

Tabella 5 - Suddivisione delle categorie d'alberature e loro superficie verde equivalente.

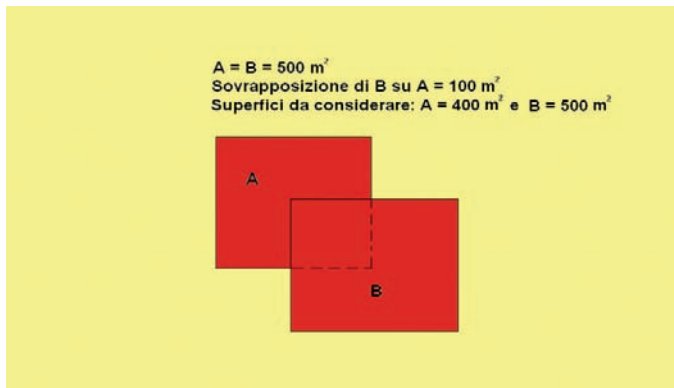


Figura 4 - Sovrapposizione delle superfici di calcolo.

Esempio di applicazione

Di seguito viene proposta un'applicazione simulata di R.I.E. su un ipotetico lotto di 1.000 m² che si presuppone all'attualità sistemato a verde, con un'alberatura di prima e seconda categoria e con una pavimentazione, parziale, in asfalto. Il progetto prevede, a seguito del cambio di destinazione della particella, l'edificazione della stessa fino ad un rapporto pari a 0,30. Viene imposto il raggiungimento di un valore R.I.E. minimo pari a 7,00 per autorizzare gli interventi urbanistici. Da un punto di vista idrologico, la sollecitazione climatica che interessa il summenzionato bacino, con un tempo di ritorno di 5 anni, è espressa dalla curva di probabilità pluviometrica: $h = 30 \cdot t^{0,25}$, dove "h" è l'altezza di precipitazione in millimetri e "t" è la durata espressa in ore. I volumi di riferimento, valutati come volumi di piccoli invasi, sono stati assunti, rispettivamente, nel caso di aree permeabili, di 45 m³/ha e di 15 m³/ha, per aree impermeabili (A. Pistocchi, 2007).

Numerazione pr.	Descrizione superficie	Superficie (m ²)	ψ
N1	Superficie a giardino	648,00	0,10
D1	Pavimentazione in asfalto	352,00	0,90
Area totale superficie considerata		1.000 m²	
Na1	Alberi di prima categoria	N° 1 x 115	
Na2	Alberi di seconda categoria	N° 2 x 65	
Valore indice R.I.E. 1		6,969	
Rapporto di edificazione 1		0,00	

Tabella 6 - Tabella riassuntiva situazione di fatto (R.I.E. 1).

I parametri $a = 30$ [mm/hⁿ] ed $n = 0,25$ [adimensionale] della curva di possibilità pluviometrica, non devono essere corretti:

$$S_{\text{totale}} = 1.000,00 \text{ m}^2 < 100,00 \text{ ha} \text{ (A. Colombo, 1960).}$$

La frazione impermeabile, nella situazione di fatto (1), risulta essere:

$$I_1 = \frac{S_{\text{impermeabile}}^{(1)}}{S_{\text{totale}}} = 0,352$$

Il coefficiente di afflusso complessivo (1), è pari a:

$$\Psi_1 = (\Psi_{\text{IMP1}} \cdot I_1) + [\Psi_{\text{PERM1}} \cdot (1 - I_1)] = 0,38.$$

Il volume d'invaso specifico (per unità di superficie), è pari a:

$$W_1 = \frac{45 \times N1 + 15 \times D1}{(N1 + D1)} = 34,44 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Numerazione pr.	Descrizione superficie	Superficie (m ²)	ψ
N1	Superficie a giardino	697,60	0,10
N2	Bacino di infiltrazione a fondo naturale	30,00	0,1
D1	Copertura piana con zavoratura in ghiaia	27,00	0,7
D2	Copertura discontinua con tegole marsigliesi	162,00	0,90
D3	Pavimentazione in cubetti di porfido a fuga sigillata	16,20	0,80
D4	Pavimentazione in piastre di calcestruzzo con fuga in sabbia	30,80	0,7
D5	Copertura con zavoratura in ghiaia collegata a un bacino di infiltrazione a fondo naturale con sistema di recupero e riutilizzo dell'acqua per scopi irrigui	36,40	0,21
Area totale superficie considerata		1.000 m²	
Na1	Alberi di prima categoria	N° 1 x 115	
Valore indice R.I.E. 2		7,909	
Rapporto di edificazione 2		0,23	

Tabella 6 - Tabella riassuntiva situazione di progetto (R.I.E. 2).

La frazione impermeabile, nella situazione di progetto (2), risulta:

$$I_2 = \frac{S_{\text{impermeabile}}^{(2)}}{S_{\text{totale}}} = 0,272.$$

Il coefficiente di afflusso complessivo, calcolato come media pesata, in funzione delle aree omogenee:

$$\Psi(2) = \frac{\sum_i S_i(2) \cdot \Psi_i(2)}{\sum_i S_i(2)}$$

ossia dei coefficienti di ogni zona permeabile ($\Psi_{\text{PERM1}} = 0,10$) ed impermeabile ($\Psi_{\text{IMP2}} = 0,76$), risulta essere pari a:

$$\Psi_2 = (\Psi_{\text{IMP2}} \cdot I_2) + [\Psi_{\text{PERM2}} \cdot (1 - I_2)] = 0,28 < \Psi_1$$

La misura del volume d'invaso, post-trasformazione urbanistica, affinché vi sia invarianza idraulica, è data dalla relazione (A. Pistocchi, 2001):

$$W_2 = W_1 \cdot \left(\frac{\Psi_2}{\Psi_1} \right)^{\frac{1}{1-n}} = 22,92 \text{ m}^3/\text{ha} \leq w_1$$

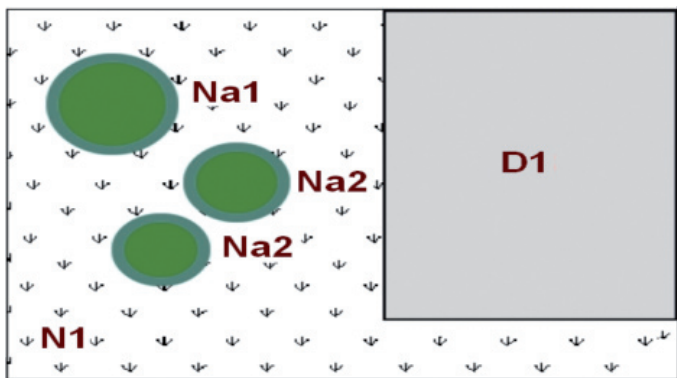


Figura 5 – Situazione di fatto (R.I.E. 1).

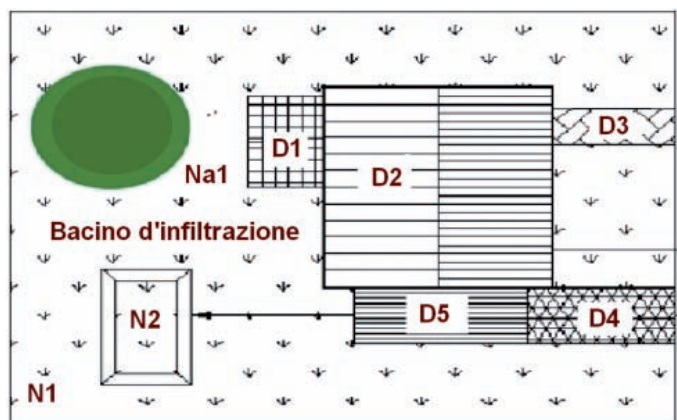


Figura 6 – Situazione di progetto (R.I.E. 2).

che è palesemente soddisfatta, in quanto esprime una legge di decremento del volume d'invaso richiesto, al diminuire, appunto, del coefficiente di afflusso da ψ_1 (situazione di fatto) a ψ_2 (situazione di progetto). Da evidenziare, da ultimo, nello stato di progetto, la superficie identificata dal numero progressivo D5 alla quale è stato attribuito un coefficiente di deflusso personalizzato (0,21) in quanto collegata ad un sistema di recupero e riutilizzo dell'acqua piovana per compatibile uso irriguo. In **Tabella 7**, sono riassunti i risultati elaborati con l'algoritmo di calcolo di R.I.E., sia per la situazione di fatto (1), che per quella di progetto (2).

Descrizione	R.I.E. 1	R.I.E. 2
Superficie totale del lotto	1.000,00	1.000,00
Totale superficie edificata	0,00	225,40
Rapporto di edificazione	0,00	0,23
R.I.E.	6,969	7,909

Tabella 7 – Quadro riassuntivo dei risultati delle elaborazioni di calcolo dell'algoritmo di R.I.E. (1 e 2).

Situazione stato di fatto (R.I.E. 1): valore R.I.E. \cong 6,97.
Zona non edificata: rapporto di edificazione (1) = 0,00.
 Situazione di progetto (R.I.E. 2): valore R.I.E. \cong 7,91.
 Superiore al minimo di 7,00 prescritto.
Totale superficie edificata (R.I.E. 1): 0,00 m².
Totale superficie edificata (R.I.E. 2): 225,40 m².

Il rapporto di edificazione, nella situazione di progetto (2), è pari a 0,23. Nei limiti del valore massimo prescritto di 0,30.

Bibliografia

- (1) G. Gisotti (2007): "Ambiente urbano – Introduzione all'ecologia urbana", Ed. Dario Flaccovio, Palermo.
- (2) L. Mariani e G. Sovrano Pangallo (2005): "Approccio quantitativo all'analisi degli effetti urbani sul clima", Rivista Italiana di Agrometeorologia n. 31, Ed. AIAM, Torino;
- (3) G. Bonafè (2006): "Microclima urbano: impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni locali e fattori di mitigazione", Area Meteorologia Ambientale Servizio Idrometeorologico, Ed. ARPA E.R., Bologna;
- (4) S. Rossi, F. Margelli e T. Georgiadis (2007): "Il verde pensile come strumento di mitigazione dell'isola di calore urbana", Atti della Giornata di Studi – Il Verde pensile nel clima mediterraneo, Ed. Universitaria DICAT, Genova;
- (5) H. E. Landsberg (1981): "City Climate" General Climatology, World Survey of Climatology, Vol. 3, Ed. Elsevier, Amsterdam;
- (6) L. B. Leopold (1968): "Hydrology for urban land planning", A Guidebook on the hydrologic effects of urban land use, Circular n. 554, Ed. U.S. Geological Survey, USA;
- (7) A. Palla e G. L. Lanza (2007): "Il verde pensile per il controllo della formazione dei deflussi superficiali", Atti della Giornata di Studi – Il Verde pensile nel clima mediterraneo, Ed. Universitaria DICAT, Genova;
- (8) P. Pileri (2008): "Consumo di suolo e modelli insediativi per uno sviluppo sostenibile del territorio", D.A.P Politecnico di Milano, Ed. Forum PA, Roma;
- (9) T. R. Oke (1981): "The surface energy budgets of urban areas", Modelling the urban layer, Ed. AMS, Boston;
- (10) A. Columbo (1960): "La fognatura di Milano", Quaderni della Città di Milano, Milano;
- (11) A. Pistocchi (2001): "La valutazione idrologica dei piani urbanistici - Un metodo semplificato per l'invarianza idraulica nei piani regolatori generali", Ingegneria Ambientale, Vol. XXX, n. 7/8, Ed. CIPA, Milano.
- (12) U.T.B.A. Bolzano (2007): "Manuale d'uso del foglio di lavoro Excel per calcolo del R.I.E.", Ed. U. Giardiniera Comunale, Bolzano.
- (13) UNI (2007): "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture a verde", Norma numero UNI 11235, Ed. UNI Diffusione, Milano;
- (14) D. La Foresta (2008): "Scenari territoriali del governo della sostenibilità e dello sviluppo urbano", Ed. Aracne, Roma;
- (15) I. Delsante (2008): "Rinnovo urbano, identità", Ed. Maggioli, Rimini.