

**RUOLO DELLE DETERMINANTI GEO-MORFOLOGICHE NELLA VALUTAZIONE  
DEL RISCHIO INSEDIATIVO: LA REGIONE LAZIO**

Lorena FIORINI<sup>1</sup>, Bernardino ROMANO<sup>2</sup>

1 Università degli Studi dell'Aquila, Monteluco di Roio, 67100 L'Aquila – loryf83@libero.it

2 Università degli Studi dell'Aquila, Monteluco di Roio, 67100 L'Aquila – romano@dau.ing.univaq.it

**SOMMARIO**

L'obiettivo del lavoro proposto è la identificazione di livelli di sensibilità nell'ambito delle manifestazioni insediative verso alcuni parametri geo-morfologici, quali le formazioni geolitologiche, l'altimetria e l'acclività.

I detti livelli di sensibilità vengono restituiti mediante un indice che registra la vulnerabilità del territorio verso l'urbanizzazione (Indice di rischio insediativo) sulla base valutativa dei fenomeni pregressi basati sui connotati geo-morfologici.

Il caso di studio analizzato è la Regione Lazio, per la quale si è giunti alla individuazione di zone a maggiore rischio di consumo di suolo causato dagli interventi di incremento urbano attraverso la valutazione dei valori assunti dagli indici di sensibilità.

La classificazione dei valori dell'indice di rischio in diversi ranges di gravità del fenomeno relativo permette di calcolarne la portata rispetto alla dimensione attuale del consumo di suolo urbano, ricavando indici derivati di estremo interesse che, mediante specifici campionamenti territoriali, possono consentire anche di implementare corrispondenze tra lo scenario di sviluppo delle “superfici urbanizzate” e quello delle “superfici edificate”.

## 1 CONTESTO TEMATICO

Il lavoro propone la applicazione di una metodologia di valutazione del “rischio insediativo” alla Regione Lazio collegandosi ad un filone di ricerca dei fenomeni di interferenza verso l’integrità ecosistemica provocati dalle attività antropiche, con particolare attenzione per il consumo di suolo conseguente al dilagamento territoriale delle parti urbanizzate. Lo sviluppo operativo riguarda l’identificazione di un indice che esprime l’energia determinante dei fenomeni trasformativi, attribuibili alla sfera delle modificazioni insediative, basandosi sui modelli di evoluzione delle stesse che caratterizzano la fisionomia attuale del paesaggio urbanizzato.

E’ opportuno precisare perché si parla di “rischio” insediativo ritenendo questo tipo di rischio assimilabile a quelli naturali (sismico, idrogeologico, incendio ecc.), anche se l’insediamento nasce e si sviluppa solamente per mano dell’uomo senza l’intervento naturale.

Potrebbe, infatti, sembrare che il controllo sulla sua fisionomia debba essere totale (del resto sono a questo deputati i piani di qualsiasi tipo); in realtà, su tempi molto lunghi, emergono delle tendenze legate alla eco-etologia umana che i piani hanno propensione ad assecondare in quanto alcune scelte rispondono alle istanze di trasformazione espresse intensamente dalle collettività locali. Queste istanze sono agganciate alle convenienze qualitative ed economiche delle trasformazioni e tendono a prediligere parti di territorio particolarmente caratterizzate in senso geo-morfologico ed urbanistico.

Per decenni la pianificazione operativa ha privilegiato le previsioni di nuovo insediamento dislocate lungo gli assi stradali o in prossimità dei nodi infrastrutturali, così come sono state preferite localizzazioni previsive tendenti a chiudere i vuoti lasciati dagli interventi trasformativi precedenti (urbanizzazione preferenziale delle parti di suolo interstiziali in immediata prossimità o immersi nelle matrici urbane preesistenti).

Considerando invece gli aspetti geo-morfologici gli insediamenti tendono a svilupparsi a valle, nelle zone pianeggianti, oppure a invadere le basse colline.

Diversi dati elaborati alla scala nazionale mostrano che le unità ambientali pianeggianti, che coprono meno del 23% del territorio nazionale, risultano urbanizzate per ben il 55% (Battisti e Romano, 2007).

Tutti questi effetti derivano da una convenienza economica e qualitativa indubbia che le collettività esprimono verso le amministrazioni. Pertanto difficilmente i piani contrastano la richiesta sociale: costruire in pianura, soprattutto gli insediamenti produttivi, costa decisamente meno. Così come comporta delle economie localizzare gli edifici e le funzioni urbane lungo le strade esistenti, grazie alla migliore accessibilità che se ne ricava verso il territorio.

Alcune funzioni urbane, quali quelle residenziali, prediligono, invece, localizzazioni sulle colline, in quanto la qualità della vita è climaticamente migliore.

E' evidente pertanto che aree prossime ai maggiori centri urbani (in quanto erogatori di servizi e polarizzatori occupazionali), ma anche vicine alle strade e geomorfologicamente collocate in posizioni vantaggiose (terreni stabili e in zone climatiche buone) saranno molto più soggette ad una pressione di richiesta trasformativa che non altre in condizioni meno vantaggiose (Paolinelli, 2003).

Se la pianificazione urbanistica, come è stato per decenni, persegue esclusivamente l'obiettivo di garantire le migliori condizioni residenziali e produttive alla componente antropica, senza considerare altre esigenze, quali quelle del mantenimento dei paesaggi naturali o della conservazione della biodiversità, è giocoforza che gli strumenti di pianificazione assecondino pressoché totalmente la tendenza trasformativa espressa dai vari portatori di interessi privati.

Di conseguenza le parti del territorio che subiscono un consumo di suolo per urbanizzazione saranno sempre quelle privilegiate dalle scelte di qualità delle collettività locali e che lo sarebbero, in gran parte, anche in assenza di pianificazione grazie ai loro requisiti.

In tal caso, pertanto, la pianificazione esprime in generale un controllo più dimensionale che non localizzativo, allineandosi per quest'ultimo aspetto, alle tendenze dichiarate dalla componente antropica. Un esempio nella direzione descritta è fornito dai cosiddetti "programmi complessi", forme di intervento sul territorio basate esclusivamente su accordi tra settore pubblico e operatori privati che, in molti casi, si distaccano totalmente dagli indirizzi vigenti di pianificazione, producendo però delle convenienze reciproche mediante il coinvolgimento dei capitali privati nelle modificazioni infrastrutturali e nella dotazione di servizi.

Per questa ragione il modello di rischio insediativo proposto viene così denominato e si ricava misurando la sensibilità all'urbanizzazione manifestata in data odierna dalle componenti geomorfologiche (geo-litologia, altimetria, ed acclività) e proiettando in prospettiva temporale medio-lunga (30-50 anni) le scelte già espresse in passato su tutte le aree geografiche che presentano gli stessi requisiti di quelle da sempre più consumate dall'urbanizzazione.

Alle componenti geo-morfologiche è possibile affiancare la lettura di sensibilità all'urbanizzazione futura causata dagli effetti di *feed back* positivo dovuti alla configurazione dell'insediamento già presente, provando a sommare gli effetti delle due categorie di determinanti.

E' evidente che il processo tendenziale può subire rallentamenti o deviazioni dal percorso storico. L'intervento di forme di tutela, quali aree protette o altro, e la considerazione di cui si è già detto circa i valori ecosistemici e di biodiversità espressi dal territorio, possono, infatti, fermare e far cambiare direzione alle tendenze storicamente manifestate.

Ciò è però molto difficile e tutt'altro che scontato. Tenendo conto del fatto che le tendenze mantengono livelli di pressione elevata e costante nel tempo, mentre le forme di controllo

hanno in genere delle oscillazioni nella contropressione di contrasto (è sufficiente una crisi prolungata nella gestione di un'area protetta o l'imporsi di necessità pubbliche inderogabili a carattere energetico o per calamità naturali) è intuibile che, sul lungo termine temporale (>30 anni), le tendenze tornano probabilisticamente ad imporsi superando i controlli indeboliti.

Se consideriamo che obiettivi quale la conservazione della biodiversità devono necessariamente confrontarsi con tempi medio-lunghi, è comprensibile il perché una mappa delle tendenze storiche nel consumo di suolo ("rischio insediativo" appunto) possa aiutare nel concentrare le attenzioni di controllo della pianificazione eco-orientata nelle aree più vulnerabili in tal senso.

L'indice registra in particolare la sensibilità del territorio verso l'urbanizzazione diffusa (rischio insediativo) sulla base valutativa dei fenomeni pregressi in base ai connotati morfologici (altimetria, acclività ed esposizione dei versanti) ed urbanistici (prossimità ai polarizzatori urbani e prossimità alle infrastrutture maggiori) (Paolinelli e Romano, 2007).

Nella applicazione che viene illustrata nel presente lavoro non sono state considerate le categorie urbanistiche sia per mancanza di dati, sia per problematiche che analizzeremo meglio in seguito (paragrafo 4.3, La sensibilità insediativa come feed back positivo).

Alla pressione urbana prefigurata dal modello di rischio insediativo è anche collegabile una forma di frammentazione tendenziale della struttura ecosistemica (Battisti, 2004) che presuppone una rappresentazione di scenario, ma su tempi lunghi e attraverso parametri di complessa identificazione e calcolo, che coinvolgono sia i connotati ambientali dei luoghi fisici sia le fisionomie sociali, comportamentali ed economiche.

Pensando al suolo come risorsa non rinnovabile bisogna necessariamente tenere conto del consumo di suolo futuro, dovuto all'espansione urbana, e soprattutto prevedere delle soluzioni atte a mitigare tale problema, introducendo, già nelle fasi di pianificazione, il concetto di reversibilità delle trasformazioni.

Il filone di indagine relativo alla "frammentazione ecosistemica potenziale" del territorio, nel quale si inserisce questo studio, vede, infatti, nella azione di espansione urbana uno dei fenomeni di maggiore impatto, oggi attentamente considerato nelle procedure di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) dei piani e dei programmi di trasformazione.

## **2 AREA DI STUDIO**

Nel lavoro viene illustrata l'esperienza di applicazione del modello di rischio insediativo al territorio della Regione Lazio cercando di stabilire le possibili relazioni tra componenti geomorfologiche e sviluppo urbano.

E' utile richiamare alcuni caratteri generali della Regione Lazio che presenta circa 5 milioni di abitanti (ISTAT 2001), pari al 9% della popolazione italiana, e una densità abitativa di 306

ab./km<sup>2</sup> che, paragonata al dato relativo all'Italia centrale (187 ab./km<sup>2</sup>) o a quello nazionale (189 ab./km<sup>2</sup>), risulta molto elevata.



*Figura 1* La pianura romana alla base del versante meridionale dei Monti Simbruini (Marcellina, provincia di Roma).

La popolazione è concentrata principalmente nella provincia di Roma, con il 72,2%, seguita da quella di Latina con il 9,8%, da quella di Frosinone con il 9,4%, da quella di Viterbo con il 5,7% e, infine, da quella di Rieti con il 2,9%.

Il 68% dei comuni laziali sono di piccole dimensioni, cioè con popolazione fino a 5.000 abitanti.

L'area metropolitana di Roma è la più grande in Italia e, quindi, è un forte polarizzatore per le dinamiche di crescita urbana ed economica che crea all'insieme regionale un evidente sbilanciamento.

Altri centri importanti sono i capoluoghi di provincia: Frosinone (48.636 abitanti), Latina (107.898 abitanti), Rieti (43.785 abitanti), e Viterbo (59.308 abitanti), oltre alle conurbazioni con popolazione superiore ai 20.000 abitanti (circa 22).

Sono poi presenti un gran numero di centri urbani “minori” gravitanti, per molte proprie funzioni ordinarie, sui centri più grandi citati, erogatori di servizi e di questi a tutti gli effetti “centri satellite”. Alcuni dei piccoli centri, come ad esempio quelli della fascia montana dell'Appennino, evidenziano un carattere prettamente rurale e sono caratterizzati da tutte le patologie socioeconomiche tipiche delle terre alte peninsulari italiane.

### 3 METODOLOGIA

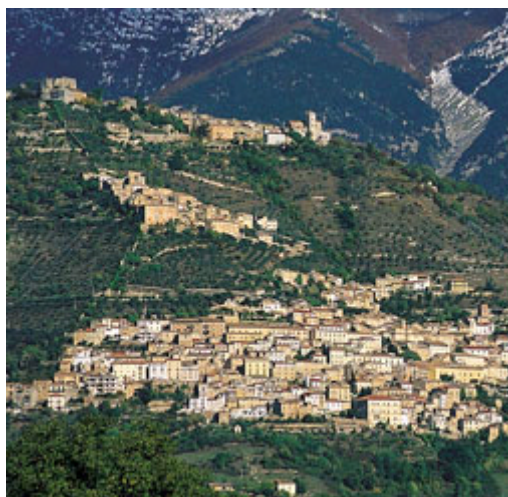
Per esprimere una previsione sullo sviluppo insediativo è stato seguito il modello di calcolo già utilizzato per altre regioni italiane, quali il Veneto, l'Umbria, le Marche, l'Abruzzo e il Molise in altre occasioni di ricerca. Come già precisato in precedenza, tale modello prevede il calcolo dell'Indice di Rischio Insediativo in base alla selettività dell'urbanizzato da parte di particolari categorie geo-morfologiche (geologia, altimetria e acclività) (Romano, 2004).

Esprimendo tale indice attraverso delle classi di vulnerabilità si è potuta costruire, tramite il supporto delle tecniche GIS, una carta dello sviluppo urbano potenziale definita "Carta di Rischio Insediativo".

Utilizzando la restituzione spaziale dell'indice sono state calcolate le aree relative alle singole classi di vulnerabilità e, successivamente, è stato implementato l'Indice di Incremento Urbano Potenziale, che esprime la percentuale di suolo soggetto al rischio insediativo rispetto all'area dell'urbanizzato già esistente.

#### *3.1 Categorie geo-morfologiche*

Il dettaglio informativo restituito dal modello di rischio insediativo è strettamente legato a quello dei dati che alimentano il modello stesso. Risulta naturalmente importante utilizzare database congruenti per scala nominale e date di aggiornamento.



*Figura 2* Tipico insediamento della zona Appenninica (Alvito, provincia di Frosinone).

L'articolazione delle categorie utilizzate per l'implementazione del modello nel caso della Regione Lazio è quella riportata in Tab. 2.

*Tabella 1* Categorie geo-morfologiche considerate per la Regione Lazio e relative suddivisioni in classi

<b>Categorie geo-morfologiche (Ci)</b>	<b>Classi (Cij)</b>
C1 – Altimetria (m slm)	Meno di 100 Tra 100 e 300 Tra 300 e 600 Tra 600 e 800 Tra 800 e 1000 Tra 1000 e 1200 Tra 1200 e 1400 Tra 1400 e 1600 Tra 1600 e 1800 Oltre 1800
C2 - Acclività (Pendenza)	Meno del 5% Tra 5% e 10% Tra 10% e 20% Tra 20% e 50% Oltre 50%
C3 – Geologia	Categorie geologiche

### *3.2 Definizione dell'Indice di Rischio Insediativo*

A loro volta le categorie vengono sottoarticolate in «classi» il cui numero ed ampiezza dei ranges di variabilità dipende sia dai dati disponibili, sia dalle caratteristiche fisiografiche dei territori di studio..

Con riferimento ai parametri geo-morfologici vengono elaborati i dati, ricavando un «tasso di selezione» della distribuzione insediativa rispetto alla classe esaminata, ottenuto come percentuale di copertura urbanizzata riscontrabile all'interno della medesima classe fenomenologia. La suddetta percentuale viene identificata come Indice di Rischio Insediativo tematico, in quanto rappresenta la misura di quanto una certa classe parametrica sia sensibile al fenomeno dell'urbanizzazione.

Il potere selettivo della singola categoria viene espresso per mezzo della funzione statistica di varianza normalizzata, applicata alla variazione degli indici tematici all'interno della stessa categoria. Quando gli indici tematici vengono sommati per comporre l'indice di rischio insediativo totale, la varianza svolge, infatti, una funzione di pesatura della sensibilità all'urbanizzazione manifesta all'interno di ogni singola categoria.



*Figura 3* Espansione insediativa a ridosso dei Monti Cimini (Viterbo).

L'implementazione dell'indice richiede che venga preliminarmente effettuata una intersezione multipla tra le classi in cui vengono articolati gli attributi geo-morfologici già citati.

Dato un territorio di studio,  $SIX_{ij}$  rappresenta la sensibilità della  $j$ -esima classe tematica nei confronti della urbanizzazione, relativamente alla categoria  $i$ -esima. Tale sensibilità viene ottenuta come:

$$Six_{ij} = \frac{Su_{ij}}{S_{ij}}$$

dove:

$Su_{ij}$  = somma delle superfici urbanizzate ricadenti all'interno della  $j$ -esima classe tematica, relativamente alla categoria  $i$ -esima;

$S_{ij}$  = somma delle superfici appartenenti alla  $j$ -esima classe tematica, relativamente alla categoria  $i$ -esima.

Data la categoria, il territorio di studio risulta partizionato in zone, a ciascuna delle quali è associato un attributo di classe. Mediante un passaggio di intersezione tra tutte le categorie si ottiene una partizione più fine in ambiti che presentano un attributo di classe per ciascuna categoria. Su ognuno di tali ambiti il valore dell'indice di sensibilità complessiva all'urbanizzazione viene determinato come segue:

$$Six = \sum_{i=1}^3 Six_{ij} * Vn_i$$

dove, per dato ambito, il valore assunto da  $j$  è univocamente determinato dal valore di  $i$ .



Il simbolo  $V_i$  rappresenta la varianza normalizzata dal tasso di distribuzione delle superfici urbanizzate tra le classi tematiche della  $i$ -esima categoria.

$$Vn_i = \left( \frac{1}{C_i} * \sigma_i \right) / m_i^2$$

dove  $c_i$  è il numero di classi di suddivisione di ogni  $i$ -esima categoria geo-morfologico-urbanistica,  $\sigma_i$  è la varianza e  $m_i$  è la media delle sensibilità insediative delle classi tematiche appartenenti alla  $i$ -esima categoria.

### 3.3 Definizione dell'Indice di Incremento Urbano Potenziale

L'Indice di Incremento Urbano Potenziale dà indicazioni sulla percentuale di area soggetta a rischio insediativo rispetto all'area dell'urbanizzato attualmente presente.

Tale indice viene ricavato a partire dalla Carta del Rischio Insediativo, infatti si calcola come:

$$I_{ip} = \frac{S_{SIX}}{S_{ue}}$$

dove:

$S_{SIX}$  = superficie delle singole classi di vulnerabilità individuate dall'indice di rischio insediativo.

$S_{ue}$  = superficie dell'urbanizzato attuale.

## 4 ELABORAZIONE DEI DATI

Per evidenziare le relazioni esistenti tra urbanizzato e componenti geo-morfologiche l'attenzione è stata concentrata, come visto, su tre parametri geo-morfologici (geologia, altimetria e acclività).

Come dati di partenza sono stati utilizzati dei geo-database regionali, provenienti dal Sistema Informativo Territoriale Regionale (S.I.T.R.) della Regione Lazio.

A partire dai dati a disposizione, con l'ausilio delle tecniche GIS, è stato possibile ricavare la distribuzione dell'insediamento per ogni categoria geo-morfologica mediante un processo di intersezione spaziale tra l'urbanizzato e le diverse categorie di volta in volta considerate ed elencate nella Tab. 2 (paragrafo 3.1).



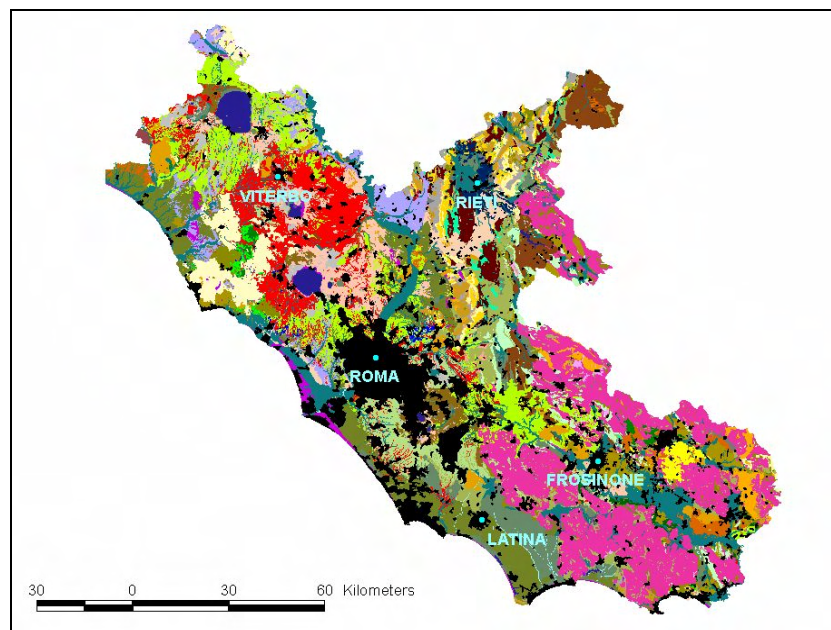
*Figura 4* Agglomerato urbano storico con impianto urbano pressoché inalterato (Vivaro Romano nella Valle del Tevere).

#### *4.1 Calcolo della sensibilità delle singole categorie geo-morfologiche*

##### - Geologia

Dal grafico si possono distinguere tre gruppi:

- 1° gruppo, con percentuale tra il 35% e il 40% (comprende le sabbie e le pozzolane);
- 2° gruppo, con percentuale tra il 22 % e il 5 % (comprende circa 18 categorie geologiche);
- 3° gruppo, con percentuale < 5% (comprende le restanti categorie geologiche).



*Figura 5* Carta Geologica.

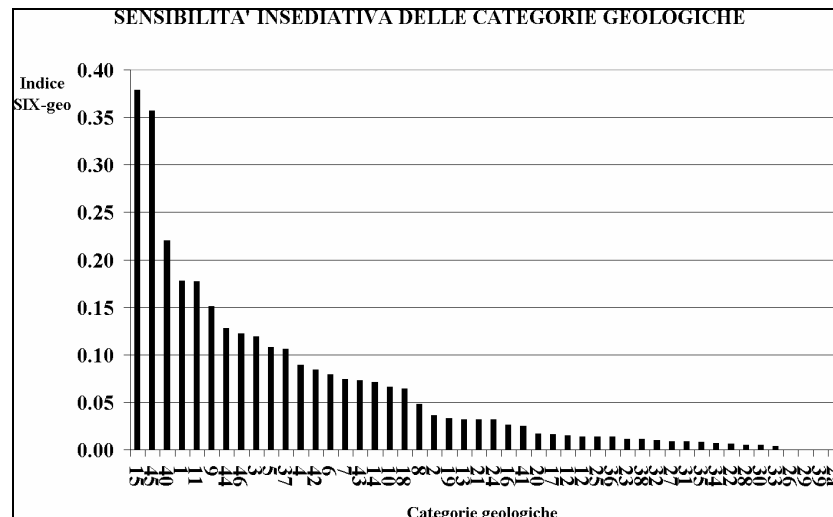


Figura 6 Diagramma delle sensibilità insediative delle classi geologiche.



Figura 7 Legenda relativa della Carta Geologica.

- Altimetria

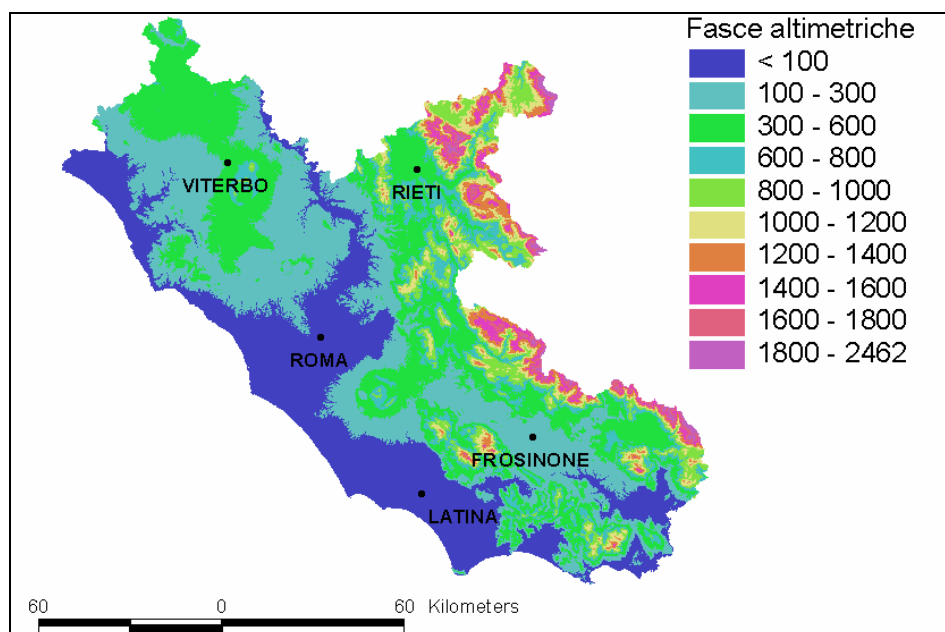


Figura 8 Carta Altimetrica.

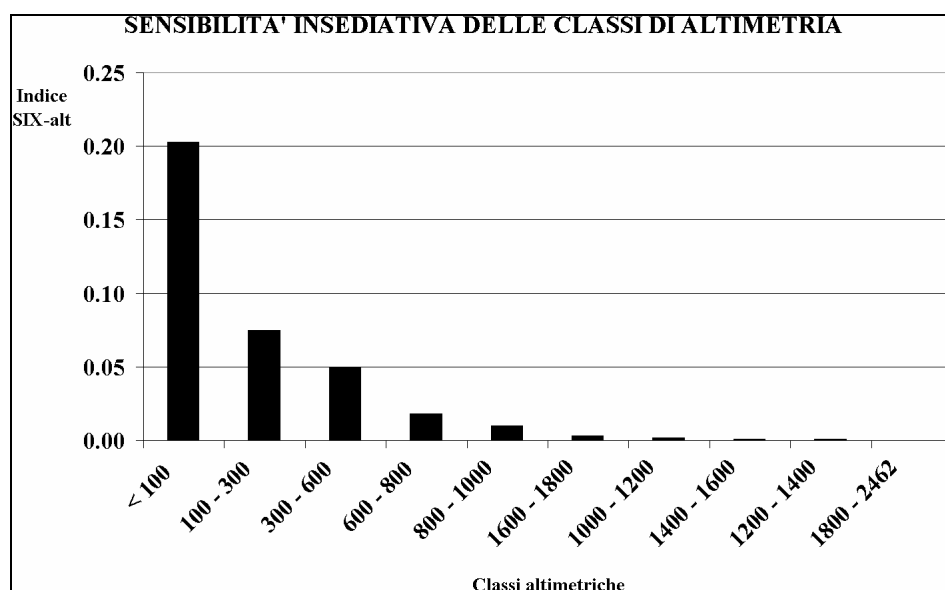


Figura 9 Diagramma delle sensibilità insediative delle classi altimetriche.

Risulta evidente che la classe altimetrica 0-100 m s.l.m. è quella maggiormente occupata da aree urbanizzate, presentando circa il 20% di copertura urbana. Dopo un salto abbastanza consistente ci sono la classe 100-300 m s.l.m. (con circa il 7%) e la classe 300-600 m s.l.m. (con circa il 5%). Le restanti classi sono caratterizzate tutte da percentuali inferiori al 2%.

## - Acclività

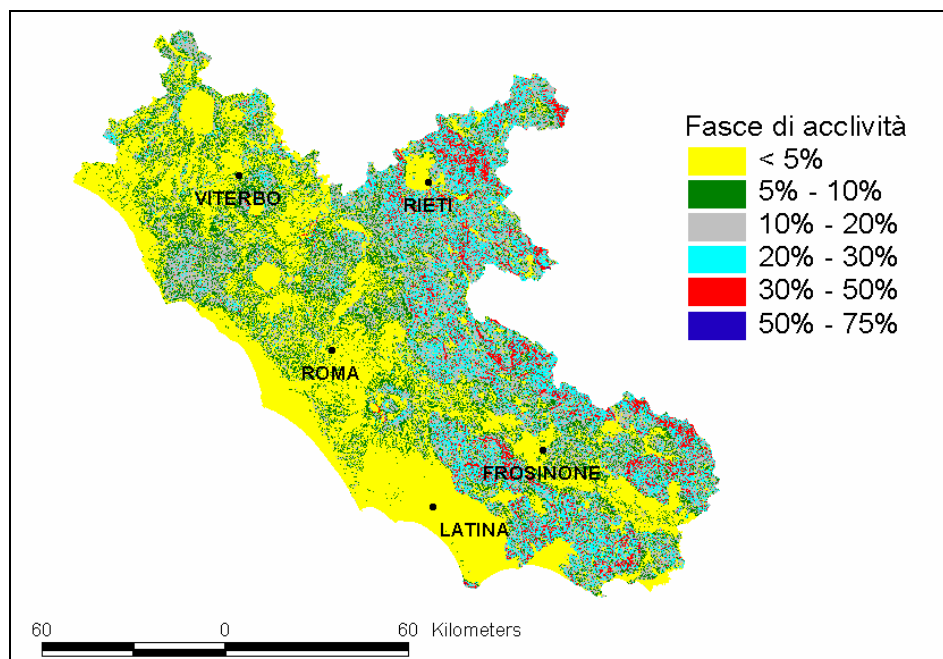


Figura 10 Carta di Acclività.

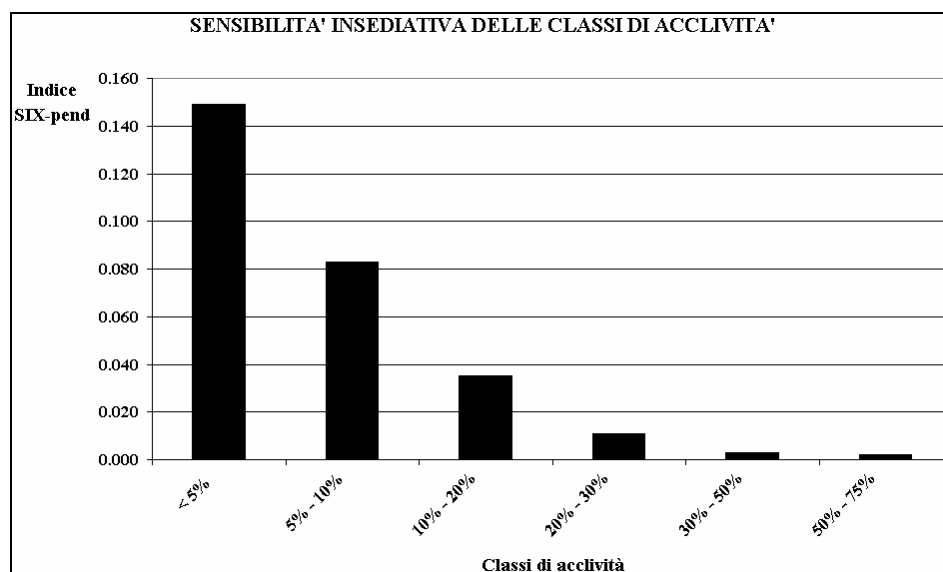


Figura 11 Diagramma delle sensibilità insediative delle classi di acclività.

La classe di acclività < 5% è quella che risulta urbanizzata in misura maggiore (circa il 15%). A seguire si trovano la classe 5-10% (con circa l' 8%) e la classe 10-15% (con circa il 4%), tutte le altre classi presentano percentuali inferiori al 2%.

## 4.2 Calcolo delle varianze

La varianza è una misura della dispersione di C valori attorno alla loro media ed è definita come:

$$\sigma_{ni} = \frac{\sum (X_j - \bar{X}_i)^2}{C_i}$$

dove

$X_j$  = valore relativo alla singola classe tematica, per ogni categoria geo-morfologica .

$\bar{X}_i$  = media di tutti i valori delle classi tematiche della singola categoria geo-morfologica.

$C_i$  = numero di classi in cui è suddivisa la singola categoria geo-morfologica.

E' importante specificare che, ai fini dell'elaborazione, non sono state inserite nel calcolo le classi che presentavano al loro interno una percentuale di urbanizzato minore dello 0,1%, ritenendole trascurabili.

Vengono di seguito riportati sinteticamente i risultati ottenuti per le singole categorie:

Tabella 2 Valori di media e varianza per ogni categoria geo-morfologica considerata.

Valori calcolati	Geologia	Altimetria	Pendenza
$\bar{X}_i$	0,069	0,045	0,047
$\sigma_i$	0,007	0,004	0,003

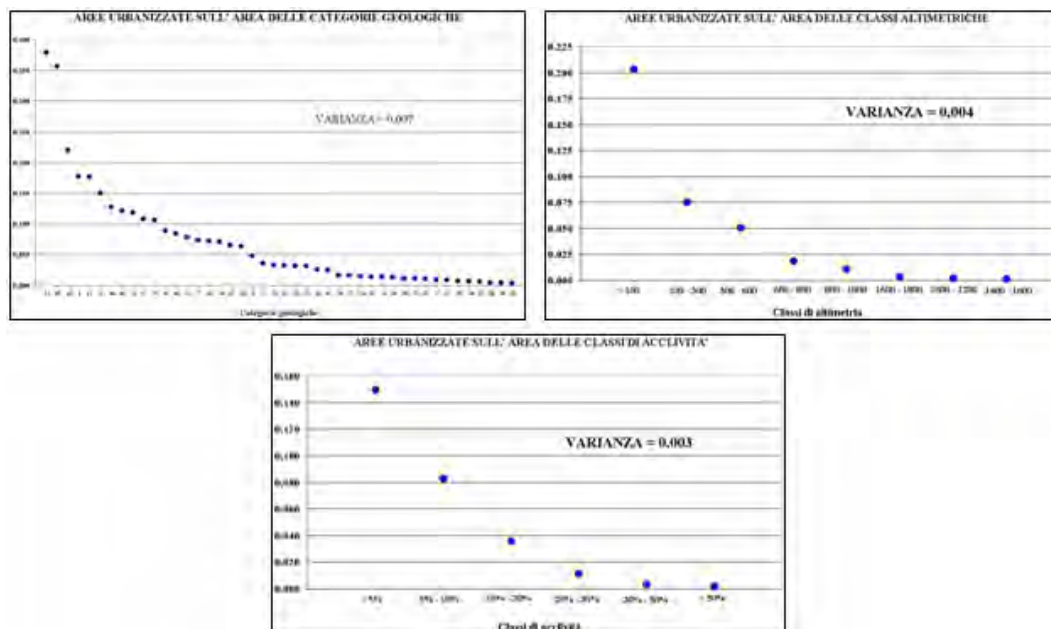


Figura 12 Diagrammi delle varianze relative ad ogni categoria geo-morfologica considerata.

Calcolando la varianza in questo modo, però, non si tiene conto del fatto che ogni categoria presenta una propria diversa suddivisione in classi; in particolare si passa dalle 46 classi caratteristiche della geologia alle 5 classi caratteristiche della acclività.

Per rendere paragonabili tali varianze e poterle quindi utilizzare nella stessa formula per il calcolo dell'indice di rischio insediativo è stato necessario pesarle in base al quadrato del valore medio di ogni campione di valori relativo alla singola categoria geo-morfologica (varianza normalizzata).

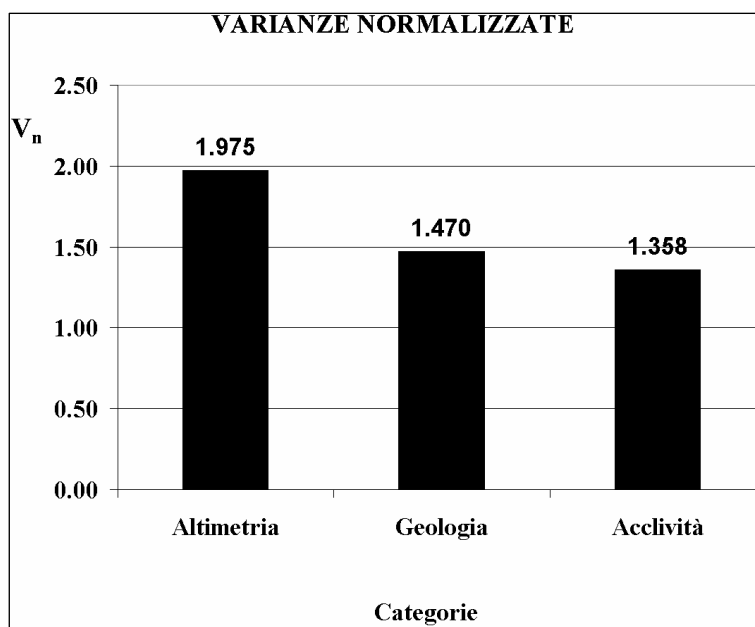
La formula specifica per il calcolo della varianza pesata, come visto in generale nel paragrafo 3.2, risulta quindi essere:

$$Vn_i = \left( \frac{1}{C_i} * \sigma_i \right) / m_i^2$$

Applicando quest'ultima relazione si ottengono i seguenti valori:

*Tabella 3* Valori delle varianze normalizzate per ogni categoria geo-morfologica.

PARAMETRI GEO-MORFOLOGICO	VARIANZA NORMALIZZATA
Altimetria	1.975
Geologia	1.470
Acclività	1.358



*Figura 13* Diagramma delle varianze normalizzate relative ad ogni categoria geo-morfologica considerata.

Il grafico mostra chiaramente come nella Regione Lazio il parametro che maggiormente condiziona la distribuzione delle aree urbanizzate è l'altimetria, seguita da geologia e acclività.

#### *4.3 La sensibilità insediativa come feed back positivo*

Oltre alla implementazione descritta del modello di sensibilità insediativa relativo alle componenti fisiografiche e geo-morfologiche del territorio è possibile applicare una procedura analoga legata alle componenti urbanistiche. E' noto che alcune agglomerazioni urbane, con notevole energia insediativa, erogatrici di servizi e opportunità occupazionali, generano un potenziale attrattivo notevole verso le nuove estensioni urbane.

Tale considerazione vale anche per il sistema viario, nel quale le fasce laterali alle principali arterie, o nei pressi dei nodi, risultano caratterizzate da elevata sensibilità all'espansione urbana.

In realtà cercare di misurare "l'urbano intorno all'urbano" (cioè l'effetto di feed back positivo che le parti urbanizzate producono a carico dei territori adiacenti) comporta una procedura disomogenea da quella che alimenta il modello relativamente alle determinanti geo-morfologiche e, in parte, alle strade. Infatti è necessario impostare il problema in forma diacronica e non sincronica: considerando la geografia dei polarizzatori urbani al tempo  $t_1$  si può verificare la sensibilità all'urbanizzazione delle corone urbane al tempo  $t_2$ , definendo tali corone come le aree comprese in specifici ranges distanziali dal bordo dell'urbanizzato al tempo  $t_1$ .

Pertanto ricercare la sensibilità all'urbanizzazione delle corone urbane tracciate intorno ai bordi attuali dei polarizzatori ha un senso esclusivamente se tale sensibilità è stata ricavata a partire dall'analisi pregressa (cioè, analizzando la sensibilità al tempo  $t_2$  avendo considerato la geografia urbana al tempo  $t_1$  e analogamente analizzando la sensibilità al tempo  $t_3$  avendo considerato la geografia urbana al tempo  $t_2$ ).

Misurando le sensibilità come percentuale urbanizzata delle singole corone urbane (già definite come classi nella categoria dell'accessibilità ai poli urbani, in analogia a quanto illustrato a proposito della geo-morfologia) si ottengono diversi valori per ogni intervallo temporale ( $t_1-t_2$ ;  $t_2-t_3$ ;  $t_n-t_{n+1}$ ).

Naturalmente dopo ogni misura le corone urbane vanno nuovamente ridisegnate intorno alla più recente configurazione del polarizzatore urbano.

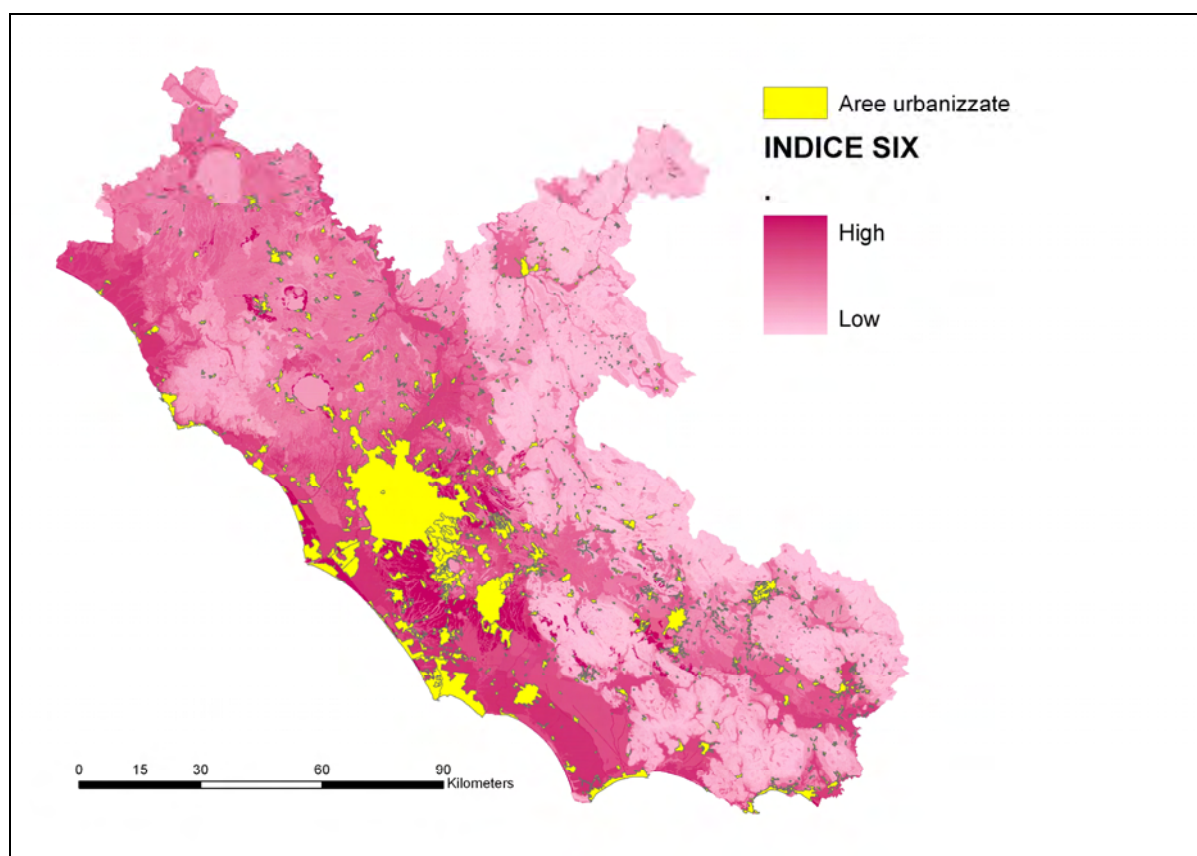
Mantenendo sempre costanti le distanze delle corone si può giungere a determinare una media dei valori dopo un certo numero di eventi.

Tale informazione è tanto più statisticamente attendibile quanto più numerose sono le sezioni di periodizzazione dell'insediamento.



## 5 RISULTATI

I valori di sensibilità insediativa delle categorie geo-morfologiche, modulati attraverso la varianza normalizzata, sono stati elaborati con un modello GIS che ha consentito di determinare la sensibilità complessiva delle varie parti di territorio attribuibile alla compartecipazione dei diversi aspetti considerati. Sommando gli effetti dovuti alla appartenenza delle parti territoriali alle diverse categorie richiamate è stato possibile allestire la carta del Rischio Insediativo della Regione Lazio riportata in Figura 16.



*Figura 15* Carta del Rischio Insediativo della Regione Lazio.

Le tonalità di rosa si accentuano all'aumentare del valore assunto dall'indice, denunciando con i toni più scuri una vulnerabilità in prospettiva più alta verso il consumo di suolo per fini urbani. Dalla osservazione della carta si nota che una forte concentrazione dei fenomeni tendenziali si verifica proprio nel territorio pianeggiante centrale della regione, come lungo tutte le zone costiere. Un'altra zona a forte rischio insediativo risulta essere quella costituita da tutte le aree limitrofe a Roma.

Sviluppi urbani meno marcati si possono invece prevedere per le aree orientali e sud-orientali della regione, ed in particolare per quelle che comprendono l'Appennino Centrale e gli altri rilievi montuosi.

Per ottenere la dimensione geografica delle aree soggette ad un rischio insediativo più accentuato è stata elaborata una classificazione automatica con gli strumenti GIS (*natural breaks*) che ha consentito di evidenziare i livelli seguenti:

- Rischio insediativo irrilevante (SIX < 0,12)
- Rischio insediativo molto basso (0,12 < SIX < 0,20)
- Rischio insediativo basso (0,20 < SIX < 0,35)
- Rischio insediativo medio (0,35 < SIX < 0,50)
- Rischio insediativo alto (0,50 < SIX < 0,65)
- Rischio insediativo molto alto (0,65 < SIX < 0,90)
- Rischio insediativo estremo (SIX > 0,90)

Successivamente sono state calcolate le aree di queste singole classi, in modo da poterne valutare la percentuale rispetto alla superficie regionale totale.

*Tabella 4* Valori percentuali delle aree a rischio sull'area regionale totale, rispetto ai tipi di rischio individuati.

<b>Tipi di Rischio</b>	<b>% Aree a rischio sull'area regionale totale</b>
Irrilevante	17.72%
Molto basso	15.23%
Basso	13.37%
Medio	17.62%
Alto	13.34%
Molto alto	19.84%
Estremo	2.88%
	<b>100.00%</b>

Dalla tabella di distribuzione del rischio insediativo nella Regione Lazio, della Figura 17, si vede chiaramente che il rischio molto alto coinvolge un settore considerevole del territorio regionale pari a quasi il 20%, al quale va sommata la parte esposta al rischio cosiddetto “estremo” o comunque alto che coprono rispettivamente ulteriore 3% e 14% circa.

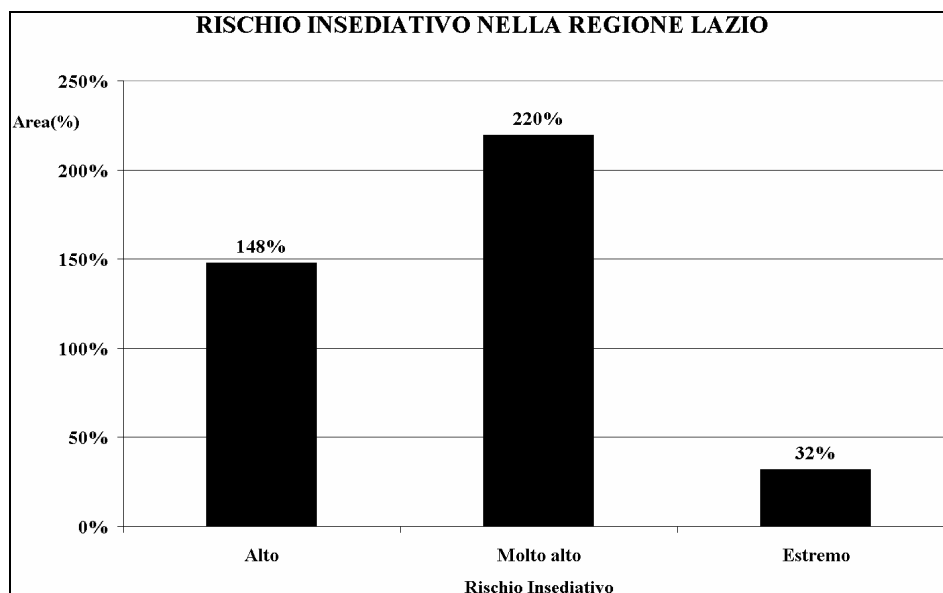
Questo calcolo porta ad uno scenario nel quale più di un terzo dell'intera regione Lazio presenta una considerevole vulnerabilità nei confronti del consumo di suolo provocato dalle urbanizzazioni se perdureranno i modelli di sviluppo che sono stati applicati fino ad oggi.

Estraendo dall'analisi condotta solamente le aree regionali per le quali il rischio è di grado alto, molto alto ed estremo è stato successivamente elaborato l'Indice di Incremento Urbano Potenziale, come esposto nel paragrafo 3.3.



*Figura 16* Le tipologie insediative di Aprilia (LT) e di Frosinone.

Nel grafico sottostante vengono riportati i risultati di tale indice avendo, però, concentrato l'attenzione sulle classi di rischio insediativo ritenute significative, cioè su quelle corrispondenti ai valori più elevati.



*Figura 17* Diagramma delle superfici territoriali nella Regione Lazio soggette a rischio alto, molto alto ed estremo.

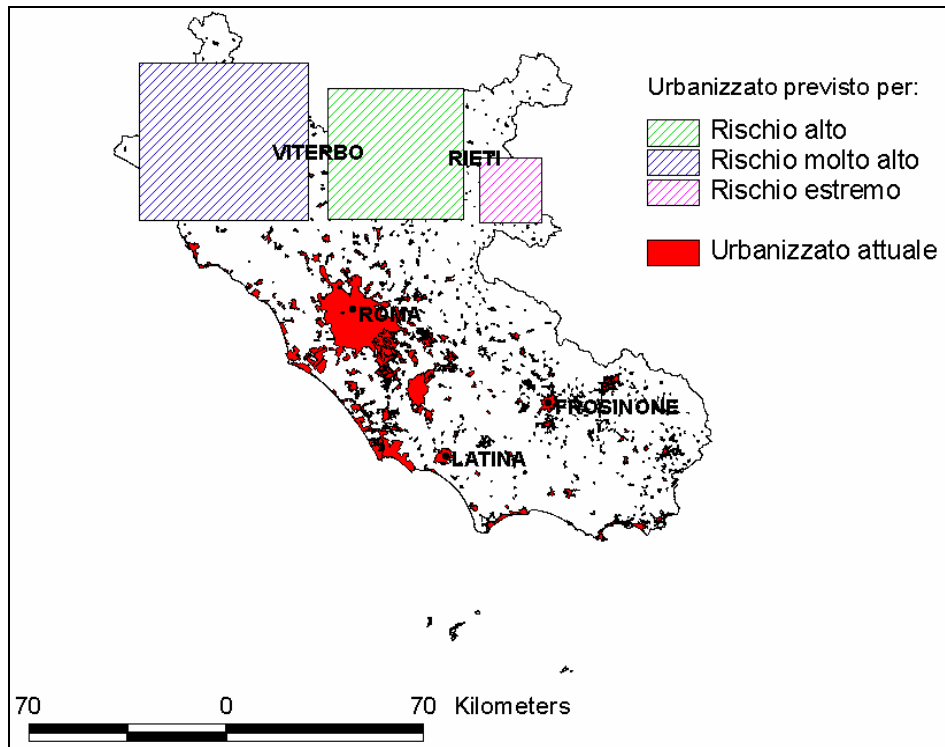


Figura 18 Schema geografico del Consumo di Suolo Previsto per la Regione Lazio.

Considerando il fatto che la superficie dell'urbanizzato attuale è di 145.000 ha e che l'Indice di Incremento Urbano Potenziale è dato da:

$$I_{ip} = \frac{S_{six}}{S_{ue}}$$

dove:

$S_{six}$  = superficie delle singole classi di vulnerabilità individuate dall'indice di rischio insediativo.

$S_{ue}$  = superficie dell'urbanizzato attuale.

Se il modello descritto risultasse verificato:

- Le aree regionali soggette a condizioni di rischio “molto alto” si estenderebbero per 325.000 ha, pari a 2,20 volte l'urbanizzato esistente attualmente su tutta la Regione Lazio;
- Le aree regionali soggette a condizioni di rischio “alto” si estenderebbero per 220.000 ha, pari a 1,48 volte l'urbanizzato esistente attualmente su tutta la Regione Lazio;
- Le aree regionali soggette a condizioni di rischio “estremo” si estenderebbero per 50.000 ha, pari a 0,32 volte l'urbanizzato esistente attualmente su tutta la Regione Lazio.

## 6 CONCLUSIONI

### *6.1 Attendibilità dei dati*

Nell'interpretazione dei risultati ottenuti in questo lavoro è importante tener conto del fatto, peraltro già in precedenza sottolineato, che la attendibilità dello scenario restituito mediante l'implementazione dell'indice di rischio insediativo dipende dal dettaglio degli strati informativi utilizzati e dalle scale nominali di elaborazione degli stessi.

Uno dei maggiori problemi nel caso applicativo del Lazio è stato quello della mancata disponibilità del metadata associato al Sistema Informativo Territoriale Regionale (S.I.T.R.) della Regione Lazio, il che non ha reso possibile risalire alle modalità di creazione dei dati, ai loro livelli di dettaglio e alle loro eventuali date di aggiornamento.

L'indice di rischio ha considerato l'urbanizzato come categoria omogenea in quanto non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche utilizzative e tipologiche del medesimo (residenziale, produttivo, commerciale ecc.).

Da tutto ciò si evince che la formulazione generale può subire degli adattamenti in base alle condizioni e ai dati disponibili per ogni regione.

### *6.2 Utilizzabilità dei prodotti nei processi di pianificazione*

Analizzando l'Indice di rischio insediativo sono state individuate le zone a vulnerabilità maggiore verso il consumo di suolo, sulle quali è importante focalizzare l'attenzione.

Alla luce degli orientamenti recenti del mondo scientifico verso la conservazione della biodiversità sembrerebbe interessante utilizzare l'indice proposto, e lo scenario che ne risulta dall'applicazione del modello, per definire l'entità della frammentazione ecosistemica tendenziale, fornendo un ulteriore strumento alla pianificazione sostenibile. In tal modo si potrebbero attuare provvedimenti di regolazione e di governo in tutte quelle aree a maggiore sensibilità che, pertanto, richiedono un più sofisticato progetto territoriale che consenta di mantenere inalterate le prerogative ecosistemiche.

Dalle conclusioni, alle quali è pervenuta la ricerca elaborata, è possibile cogliere alcuni elementi da utilizzare nello sviluppo di alcuni strumenti di pianificazione ordinaria quali, ad esempio: il Piano Territoriale Regionale Generale (PTRG) o il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR).

Il modello di rischio ottenuto può, inoltre, essere un valido supporto informativo per le valutazioni ambientali VAS e VINCA. In tal senso può diventare un aiuto fondamentale per la

verificabilità della pressione tendenziale dell'insediamento verso le aree protette e i SIC, come si stà già facendo con alcune specifiche sperimentazioni (Caputi e Romano, 2007).

## **7 Bibliografia**

- Battisti C. (2004) Frammentazione ambientale e reti ecologiche – Scala, contesti, specie, livelli ecologici: considerazioni teoriche, concettuali, metodologiche. *Atti del Convegno Nazionale “Ecoregioni e reti ecologiche: la pianificazione incontra la conservazione”*. Roma, 27-28 Maggio.
- Battisti C., Romano B. (2007) *L'interferenz Frammentazione e connettività. Dall'analisi ecologica alla pianificazione ambientale*, Città Studi Ed., Milano, 420.
- Caputi R., Romano B. (2007) I protocolli di scenario per la Valutazione di Incidenza (VINCA): indicatori sperimentali sul sistema Natura 2000 della Regione Umbria, Relazione presentata alla *XXVIII Conferenza Italiana di Scienze Regionali*, Bolzano.
- Paolinelli G. (2003) *La frammentazione del paesaggio perturbano*, Firenze University Press, Firenze.
- Romano B. (2004) Environmental Fragmentation Tendency: the Sprawl Index, *ERSA 2004 Congress*, Porto, Portugal, Agosto 2004.
- Romano B., Paolinelli C. (2007) *L'interferenza insediativa nelle strutture ecosistemiche – modelli per la rete ecologica del Veneto*, Ed. Gangemi.

## **ABSTRACT**

The goal of the proposed work is the identification of sensibility levels in the context of insediative manifestations toward some geo-morphological parameters, like geologic formations, altimeter parameters and slope.

These sensibility levels are obtained through an index that registers the effects due to urbanisation (Sprawl Index), based on evaluation of previous phenomena concerning geo-morphological elements.

The study case is Lazio region, where many places are under greater risk of ground consumption due to urban growth interventions and where have been detected through evaluation of values obtained from sensibility indexes.

The classification of risk index values in different ranges based upon gravity of the phenomena permits to evaluate their influence with respect to actual urban areas consumption, obtaining interesting derivate indexes. These indexes, through specific territorial sampling, permit to implement correspondences among the development scenarios of "urban areas" and those of "builded zones".