

L'impiego di dati Copernicus per la derivazione di indicatori sul consumo di suolo e sullo sprawl urbano

Ines Marinosci (*), Luca Congedo (*), Michele Munafò (*), Nicola Riitano (**), Daniele Vazquez Pizzi (***), Alessandra Ferrara (***), Pierpaolo Napolitano (***)

(*) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Via Vitaliano Brancati 48, Roma, ines.marinosci@isprambiente.it, michele.munafò@isprambiente.it

(**) Tirocinante c/o Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA),

Via Vitaliano Brancati 48, Roma

(***) Istat, Viale Oceano Pacifico, 171, Roma

Abstract

Nell'ambito del programma Copernicus (già noto come GMES - *Global Monitoring for Environment and Security*) vengono prodotti diversi servizi informativi di interesse per le politiche ambientali e relativi ai temi del monitoraggio del territorio, del mare, dell'atmosfera e dei cambiamenti climatici. In questo lavoro si vuole sperimentare la possibilità dell'utilizzo dei dati relativi al monitoraggio del territorio, in particolare i dati *Urban Atlas* e dello strato ad alta risoluzione sull'impermeabilizzazione del suolo (*High Resolution Layer Imperviousness Degree*), per la derivazione di indicatori utilizzati ai fini della valutazione e del reporting ambientale con riferimento alle questioni del consumo di suolo e dello sprawl urbano.

Introduzione

Copernicus è un'iniziativa che nasce nel 1998, promossa ed attuata dall'Unione Europea e dall'Agenzia Spaziale Europea, il cui obiettivo è quello di implementare i servizi informativi, tra cui il *land monitoring*, basati su dati di *Earth Observation* ed *in-situ*, per cui ISPRA, in qualità di *National Focal Point* della rete europea EIONet, è l'Autorità Nazionale di riferimento. ISPRA partecipa anche al programma "Support to the implementation of the European Earth monitoring programme (GMES) and its initial operations (2011-2013)" della Commissione Europea, dove, tra le altre attività previste, contribuisce a sostenere le politiche ambientali europee per il monitoraggio del *land take*, del *soil sealing*, dell'*urban sprawl* e dei processi di urbanizzazione.

Nell'ambito del programma Copernicus vengono offerti diversi strati informativi tra cui *Urban Atlas* e lo strato informativo sull'impermeabilizzazione (*Imperviousness Degrees*).

Urban Atlas è una banca dati di uso e di copertura del suolo che offre una cartografia ad alta risoluzione su 305 agglomerati europei, con riferimento alle *Large Urban Zones* (LUZ) e i loro dintorni. I dati hanno una scala nominale pari 1:10.000 e un sistema di classificazione *Corine Land Cover* approfondito al quarto livello tematico per le aree artificiali (EC, 2011). L'ultima versione dell'atlante disponibile è del 2010 (dati 2006) e sono previsti aggiornamenti periodici dei dati (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas>).

Imperviousness Degrees è lo strato informativo sull'impermeabilizzazione del suolo ottenuto da immagini satellitari e realizzato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente con riferimento al 2006 e nell'ambito del progetto *Geoland2* con riferimento al 2009. L'aggiornamento dei dati al 2012 è in corso con il contributo degli stati membri e di ISPRA per l'Italia. I dati sono costituiti da una copertura raster ad alta risoluzione (20m x 20m) ed esprimono il grado continuo di *soil sealing* in valori percentuali (0-100%). Lo strato identifica le superfici artificiali ricoperte da materiale impermeabile e ne calcola l'*imperviousness* in relazione all'area del pixel. Come suggerito dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, al fine di ottenere la superficie costruita (*built-up area*), sono stati considerati tutti i pixel con grado di impermeabilizzazione maggiore o uguale al 30% (EEA, 2011).

Consumo e uso del suolo nelle aree urbane

Il consumo di suolo è legato ai diversi processi di cementificazione, artificializzazione ed impermeabilizzazione del territorio dovuti all'espansione delle aree urbane ed alla conseguente perdita di territorio a tipologia agricola, naturale e seminaturale. La sua rappresentazione è quindi data dalla continua evoluzione delle aree urbane in termini di sottrazione di suolo agricolo o naturale che viene sostituito da infrastrutture, edifici, capannoni, aree estrattive, discariche, cantieri, cortili, piazzali e altre aree pavimentate o in terra battuta, serre e altre coperture permanenti, aeroporti e porti, aree e campi sportivi impermeabili, pannelli fotovoltaici.

Il consumo di suolo viene valutato da ISPRA attraverso una rete di monitoraggio del consumo di suolo, un'indagine avviata nel 2006 in collaborazione con il Sistema delle Agenzie Ambientali delle Regioni e delle Province Autonome (ARPA/APPA) che rappresenta la più significativa collezione di dati a livello nazionale e ricostruisce l'andamento del consumo di suolo dal secondo dopoguerra ad oggi, garantendo la disponibilità di una serie storica estesa. La valutazione del consumo di suolo è basata su indicatori derivati dall'osservazione di una rete di monitoraggio nazionale e su specifiche reti estese a livello regionale e sui principali comuni. I risultati della rilevazione sono annualmente sintetizzati nell'Annuario dei dati Ambientali (ISPRA, 2013a) e nel Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano (ISPRA, 2013b) a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Per una prima analisi dell'uso del suolo in ambito urbano è stata effettuata un'estrazione dei dati a livello comunale dalla banca dati geografica *Urban Atlas* (sono state esaminate 30 aree urbane), è stato realizzato un accorpamento delle classi *Urban Atlas* in 7 aggregati (Tabella 1) e, quindi, calcolata la superficie di ogni classe espressa in ettari e in percentuale rispetto all'area comunale (ISPRA, 2013b).

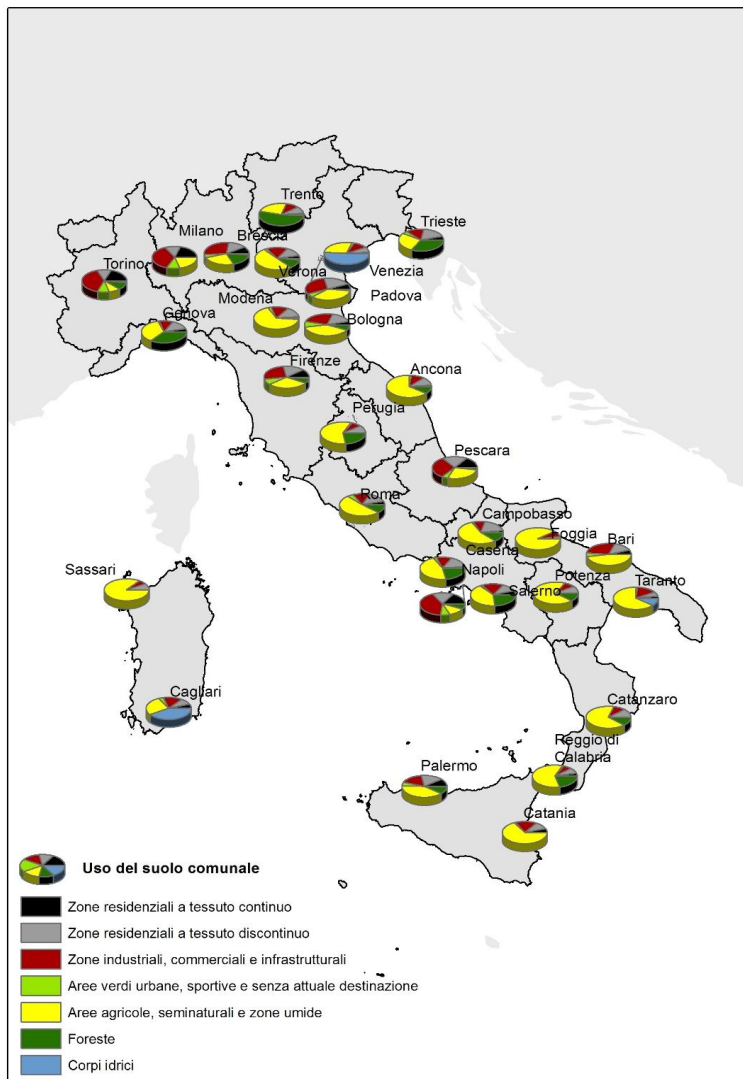
Tabella 1. Classi di corrispondenza *Urban Atlas*.

Classi <i>Urban Atlas</i>	Classi aggregate
<i>Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)</i>	Zone residenziali a tessuto continuo
<i>Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L.: 50% - 80%)</i>	Zone residenziali a tessuto discontinuo
<i>Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L.: 30% - 50%)</i>	
<i>Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L.: 10% - 30%)</i>	
<i>Discontinuous Very Low Density Urban Fabric (S.L. < 10%)</i>	
<i>Isolated Structures</i>	Zone industriali, commerciali e infrastrutturali
<i>Industrial, commercial, public, military and private units</i>	
<i>Fast transit roads and associated land</i>	
<i>Other roads and associated land</i>	
<i>Railways and associated land</i>	
<i>Port areas</i>	
<i>Airports</i>	
<i>Mineral extraction and dump sites</i>	Aree verdi urbane, sportive e senza attuale destinazione
<i>Construction sites</i>	
<i>Land without current use</i>	
<i>Green urban areas</i>	Aree agricole, seminaturali e zone umide
<i>Sports and leisure facilities</i>	
<i>Agricultural + Semi-natural areas + Wetlands</i>	Foreste
<i>Forests</i>	Corpi idrici
<i>Water bodies</i>	

Dall'analisi dei dati espressi in ettari, i comuni che presentano più di 2.000 ha di zone residenziali a tessuto continuo sono Roma, Milano e Torino mentre i comuni che presentano meno di 100 ha di superficie sono Catanzaro, Caserta, Potenza e Perugia. Per quanto riguarda la classe delle zone residenziali a tessuto discontinuo, Roma, Sassari, Perugia, Palermo e Genova hanno la prevalenza, con una superficie che supera i 3.000 ha (Roma raggiunge i 18.000 ha), mentre Pescara, Caserta, Cagliari e Salerno hanno valori che vanno al di sotto dei 1.000 ha. Relativamente alla classe delle zone industriali, commerciali e infrastrutturali la città di Roma presenta dei valori di superficie molto alti (circa 20.300 ha), seguita da Milano, Torino, Napoli, Venezia e Verona che riportano dei valori al di sopra dei 4.000 ha; di contro, le città che hanno minore superficie destinata a tale uso, sono Pescara, Caserta e Campobasso con valori che vanno al di sotto dei 1.000 ha. Se si osserva la classe delle aree verdi urbane, sportive e senza attuale destinazione, prevale sempre la città di Roma con circa 6.500 ha di superficie ricadente in tale classe, seguita da Milano, Torino e Napoli con più di 1.000 ha, mentre per Campobasso, Potenza e Catanzaro le superfici ricadenti in tale classe occupano un'area inferiore a 100 ha.

Se si considerano i valori relativi, espressi in percentuale di classe rispetto alla superficie comunale (Figura 1) si possono ottenere dei risultati che permettono di confrontare i comuni con diversa estensione superficiale. Per quanto riguarda la classe delle zone residenziali a tessuto continuo Milano, Torino e Napoli presentano le percentuali maggiori (19%, 18% e 14% rispettivamente), mentre Catanzaro, Foggia, Sassari, Potenza e Perugia presentano percentuali al di sotto dell'1%. Roma, che in valori assoluti occupa il primo posto della graduatoria con più di 4.700 ha di superficie, in valore percentuale arriva solamente al 3,6%. Dicasi lo stesso per la seconda classe, dove le città con i valori più alti, superiori al 20%, sono Padova, Pescara e Napoli, mentre Taranto e Foggia rimangono al di sotto del 5%, mentre Roma, ancora una volta, presenta un valore in percentuale (14%) non troppo alto, e un valore assoluto che supera i 18.000 ha. Tale considerazione evidenzia l'elevata dispersione insediativa di Roma. Per quanto riguarda la terza classe, Napoli, Torino e Milano hanno i valori più alti superando il 30%, mentre Sassari presenta un valore al di sotto del 6%. Infine per la quarta classe si riscontrano valori che oscillano tra da un massimo del 13% (Milano) ad un minimo dello 0,3% (Sassari). Ancora una volta Roma presenta per questa classe il valore più alto in termini di superficie (6.500 ha) ed un valore relativamente basso in termini percentuali (5%).

Figura 1. Copertura percentuale delle classi di uso del suolo a livello comunale.



Fonte: ISPRA (2013b)

Sprawl, dispersione e diffusione urbana

L'analisi dei processi di diffusione e di dispersione urbana, intesi rispettivamente come crescita della città attraverso la creazione di centri di dimensione medio-piccola all'esterno dei principali poli metropolitani e di frammentazione dei centri abitati, con conseguente perdita di limiti tra territorio urbano e rurale, ha portato, nel passato, a coniare il termine di città diffusa, nella quale si annulla, di fatto, la distinzione fra città e campagna, con il territorio che tende ad assomigliare a una enorme città includendo al suo interno delle zone agricole e naturali (Indovina, 1990)

Per la valutazione della dispersione viene utilizzato un indice che esprime il rapporto tra la somma della superficie urbanizzata discontinua e la superficie urbanizzata totale (ISPRA, 2013b). Le elaborazioni sono state effettuate su 30 aree urbane (Figura 2). I comuni di Torino e Milano

presentano i valori più bassi di tale indice, inferiori allo 0,5%, che sono in linea con i risultati della precedente analisi sulle zone residenziali a tessuto continuo. Napoli ha un valore leggermente più alto. Valori dell'indice compresi tra 0,6 e 0,7 sono stati rilevati per i comuni di Pescara, Cagliari, Foggia, Taranto, Brescia, Firenze, Reggio Calabria e Palermo, mentre valori mediamente alti, tra 0,7 e 0,8 si osservano a Catania, Salerno, Bari, Verona e Roma. Le città che hanno i valori più alti dell'indice, superiori a 0,8, sono quelle in cui i processi di espansione della superficie urbanizzata a bassa densità hanno interessato il territorio comunale in maniera diffusa. Perugia è la città con il valore più alto (0,98%), seguita da Potenza (0,94) e Sassari (0,91). Si può osservare una correlazione inversa tra il valore percentuale della classe delle zone residenziali a tessuto continuo ed i valori estremi dell'indice di dispersione. Valori percentuali alti di superfici artificiali di tipo continuo indicano città compatte (almeno all'interno dei confini comunali) e, quindi, con un indice di dispersione basso. Ne sono un esempio Torino, Milano e Napoli. Viceversa, valori percentuali bassi di superfici artificiali di tipo continuo indicano città i cui i processi di sprawl all'interno del territorio comunale sono stati più marcati, risultando in un più elevato indice di dispersione, come Potenza e Perugia.

Figura 2. Indice di dispersione urbana (superficie urbanizzata discontinua rispetto alla superficie urbanizzata totale del comune).



Fonte: ISPRA, 2013b

Per la valutazione dello sprawl, inteso come espansione urbana a bassa densità, sono utilizzati indicatori relativi alla densità dei margini urbani e alla diffusione urbana, che analizzano la forma urbana ed utilizzano lo strato Copernicus ad alta risoluzione relativo all'impermeabilizzazione.

Per quanto riguarda la densità dei margini urbani, l'*Edge Density* (ED) descrive la densità dei margini urbani, intesi come interfaccia tra aree costruite e aree non costruite utilizzando il fronte di trasformazione della città. L'ED, misurato in m/ha, è il rapporto tra la somma totale dei perimetri dei poligoni delle aree costruite e la superficie comunale indagata. Essendo i perimetri standardizzati per unità di area, l'indicatore facilita i confronti tra paesaggi di varie dimensioni e si presta a una misura efficace della forma e della complessità delle diverse aree urbane. In particolare, l'ED assume valori crescenti, a parità di superficie, nel passare da aree urbane con forma compatta a situazioni con limiti più frastagliati (McGarigal e Marks, 1995). Confini regolari (bassi valori di ED) si riferiscono a città compatte o, nel caso di realtà multipolarizzate, a centri urbani definiti e delimitati da confini regolari. L'ED è stato calcolato su 60 città, su base raster, ed è perciò funzione delle dimensioni dell'unità minima definita e della risoluzione spaziale dei dati considerati. All'aumentare della risoluzione migliora l'approssimazione ai confini reali, il risultato è generalmente un incremento della lunghezza dei margini (Eiden *et al.*, 2000). Nel nostro caso, la dimensione del pixel di 20 metri permette un'analisi di dettaglio adeguato alla scala comunale.

L'ED presenta un range di variazione di valori piuttosto ampio, dai 18 m/ha di Foggia ai 126 m/ha di Pescara (Figura 3). Ben 9 città superano i 100 m/ha (Pescara, Monza, Bari, Udine, Napoli, Firenze, Treviso, Padova). Il valore medio di circa 65 m/ha risulta un valore centrale per i 60 comuni e ci mostra come le grandi città (con la maggiore superficie edificata) siano mediamente affette da una tendenza alla frammentazione e siano spesso caratterizzate da elevati valori di ED (ad esempio: Milano con 96 m/ha, Roma 83, Palermo 91, Napoli 111, Palermo 91).

Figura 3: Densità dei margini urbani (Edge Density – m/ha).



Fonte: ISPRA, 2013b

Per quanto riguarda invece i processi di diffusione urbana, si è reso necessario considerare tre indicatori utili a descrivere la distribuzione e la forma delle aree costruite (ISPRA, 2013b). Questi indicatori sono relativi al valore percentuale della superficie costruita sulla superficie comunale, alla percentuale di area costruita attribuibile al poligono di massima estensione che fa riferimento alla sola superficie costruita e all'ampiezza media dei poligoni escludendo il poligono di area massima.

Tabella 2. Indicatori di diffusione urbana.

Comune	Superficie costruita sul territorio comunale (%)	Area costruita del poligono maggiore sulla superficie costruita (%)	Area media dei poligoni rimanenti (ha)
Torino	61,4	93,2	0,9
Novara	18,2	78,8	0,8
Alessandria	11,2	38,9	0,7
Aosta	20,6	85,6	0,4
Genova	17,8	86,7	0,6
La Spezia	23,2	84,8	0,4
Como	24,5	34,8	1,4
Milano	59,2	95,8	0,5
Bergamo	40,3	89,2	0,6
Brescia	46,6	94,8	0,5
Bolzano	20,7	52,3	2,1
Trento	13,8	75,6	1,0
Verona	24,6	76,9	1,1
Vicenza	29,7	68,7	2,4
Treviso	25,0	83,0	0,6
Venezia	10,6	54,7	2,6
Padova	43,4	77,0	1,5
Udine	35,9	91,6	0,7
Trieste	23,5	74,1	0,6
Piacenza	15,7	83,1	0,8
Parma	14,1	65,3	0,8
Reggio Emilia	11,7	56,6	0,5
Modena	16,0	75,3	0,5
Bologna	31,3	87,0	0,6
Ferrara	6,6	47,6	1,3
Ravenna	7,3	31,5	1,4
Forlì	10,2	62,7	0,7
Pesaro	11,4	46,0	1,2
Ancona	12,2	48,7	1,2
Pistoia	8,5	50,3	0,5
Firenze	37,2	87,7	0,4
Livorno	25,5	88,1	0,3
Arezzo	3,5	49,0	0,3
Perugia	9,3	20,1	1,4
Terni	6,3	43,8	1,2
Roma	25,2	31,1	2,3
Latina	14,1	30,8	0,7
Caserta	18,8	75,5	0,7
Napoli	62,1	95,1	0,5
Salerno	23,4	74,1	0,8
Pescara	46,7	92,7	0,4
Campobasso	14,7	55,3	0,7
Foggia	4,9	61,1	0,8

continua

segue Tabella 2. Indicatori di diffusione urbana.

Comune	Superficie costruita sul territorio comunale (%)	Area costruita del poligono maggiore sulla superficie costruita (%)	Area media dei poligoni rimanenti (ha)
Bari	38,5	85,0	0,7
Taranto	18,2	22,0	3,3
Brindisi	5,7	18,6	2,1
Potenza	9,2	35,3	1,0
Catanzaro	7,9	13,6	0,9
Reggio Calabria	13,3	50,9	1,6
Palermo	32,5	86,1	0,5
Messina	15,5	60,3	1,2
Catania	24,0	73,4	2,6
Siracusa	12,8	39,5	0,8
Sassari	5,2	31,8	0,5
Cagliari	27,7	89,1	0,8
Rimini	20,3	82,8	1,0
Prato	30,5	89,6	0,4
Monza	48,3	93,3	0,5
Andria	4,2	59,2	0,4
Barletta	8,4	79,7	0,5

Fonte: ISPRA, 2013b

L'analisi di questi indicatori non può prescindere dalla qualità del dato e quindi dalla qualità del processo di classificazione delle immagini satellitari, ma anche dalla risoluzione degli elementi lineari, ad esempio le infrastrutture di trasporto che vengono considerate come parte integrante nella definizione dei poligoni e che possono influenzare la continuità delle aree costruite.

Un'osservazione interessante è che l'area residuale che si ottiene sottraendo all'area totale costruita l'area del poligono maggiore è nei due terzi dei comuni considerati inferiore ai 1.000 ettari. Tra le città che fanno eccezione c'è Roma, la cui area residuale è superiore ai 22.000 ettari.

Sulla base di risultati ottenuti si possono descrivere quattro diverse forme di urbanizzazione del territorio comunale:

- comuni con spazi altamente costruiti in cui la parte sigillata è formata da un'area urbana maggiore, unitaria e vasta, che copre la maggior parte del territorio comunale e da un residuo non rilevante di urbanizzazione diffusa polverizzata, di estensione complessiva limitata;
- comuni il cui territorio in percentuale appare mediamente costruito, dove la parte sigillata è costituita da un'area urbana maggiore, unitaria che copre tuttavia una elevata percentuale della parte del territorio costruito, e da un residuo scarsamente rilevante di urbanizzazione diffusa formata da poligoni di media grandezza (superiori a 1 ha), in corrispondenza di un'area comunale tuttora priva di una diffusa copertura artificiale;
- comuni che presentano valori percentuali di area costruita relativamente bassi, ed in cui la parte sigillata è costituita da un'area urbana maggiore, unitaria che copre a sua volta una bassa percentuale dell'area sigillata complessiva del comune e da un residuo di urbanizzazione diffusa importante formata da poligoni piuttosto estesi;
- comuni che presentano caratteristiche simili al caso precedente con però la presenza di un residuo importante di urbanizzazione diffusa polverizzata.

Bibliografia

EC, 2011. *Mapping Guide for a European Urban Atlas*, European Commission, European Union. Da: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas/mapping-guide/urban_atlas_2006_mapping_guide_v2_final.pdf

EEA, 2011. *Guidelines For Verification Of High-Resolution Layers Produced Under Gmes/Copernicus Initial Operations (GIO) Land Monitoring 2011–2013*. EEA, Copenhagen.

Eiden G., Kayadjanian M., Vidal C., 2000. *Capturing landscape structures: Tools. From Land Cover To Landscape Diversity In The European Union*. Da: <http://ec.europa.eu/agriculture/publi/landscape/ch1.htm#1.1.2>

Indovina F. (a cura di), 1990. *La città diffusa*. Iuav-Daest, Venezia.

ISPRA, 2013a. *Annuario dei dati ambientali*, Edizione 2012, ISPRA, Roma.

ISPRA, 2013b. *Qualità dell'ambiente urbano – IX Rapporto*, ISPRA, Roma.

McGarigal K., Marks B.J., 1995. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. General Technical Report PNW-GTR-351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, USA