Maria Lanfredi, Rosa Coluzzi, Mariagrazia D'Emilio, Vito Imbrenda

Tecniche di telerilevamento e analisi di database territoriali per lo studio del pattern rurale-urbano nel comune di Ariano Irpino (Sud Italia)

La crescita urbana incontrollata è spesso associata alle grandi aree metropolitane; in realtà, specie negli ultimi anni, il fenomeno ha cominciato ad interessare i centri di medio-piccole dimensioni anche in Italia. I cosiddetti fenomeni di sprawl *hanno modificato il* pattern *rurale-urbano con importanti ricadute da un punto di vista ambientale e socio-economico. Analizzare come esso si sia trasformato nel tempo può fornire informazioni cruciali per ripensare in chiave sostenibile l'assetto delle aree urbane. In questo lavoro, sono stati utilizzati dati multisorgente, comprendenti database territoriali (Corine Land Cover per il periodo 1990-2018) e dati satellitari (Keyhole e Landsat per ricostruire lo scenario dal 1975), per lo studio del* pattern *rurale-urbano del comune di Ariano Irpino (Sud Italia) nel periodo 1975-2018. Qui, la straordinaria crescita urbana sviluppatasi con prevalenza del tessuto discontinuo, a scapito delle aree agricole, e la contestuale flessione demografica, configurano condizioni di criticità che impongono la messa a punto di misure di contenimento/mitigazione e di risanamento.*

Remote Sensing Techniques and Territorial Database Analyses for studying Rural-urban Pattern in the Municipality of Ariano Irpino (Southern Italy)
Uncontrolled urban growth is often associated to large metropolitan areas; actually, especially in recent years, the phenomenon has begun to affect medium-small sized cities also in Italy. The so-called sprawl phenomena have modified rural-urban pattern with considerable impacts from an environmental and socio-economic point of view. The analysis of the rural-urban pattern changes occurred over time can provide crucial information to rethink the arrangement of urban areas in a sustainable way. In this work, we used multisource data, including territorial database (Corine Land Cover for the period 1990-2018) and satellite data (Keyhole e Landsat to trace the evolution since 1975) for studying rural-urban pattern of the municipality of Ariano Irpino (Southern Italy) in the time frame 1975-2018. Here, the extraordinary urban growth that has developed with a prevalence of discontinuous fabric at the expense of agricultural areas, and the concomitant population decline have caused critical conditions forcing to put containment/mitigation and restoration measures in place.

Techniques de télédétection et analyses de database territorial pour l'étude du pattern rural-urbain dans la commune de Ariano Irpino (Sud de l'Italie)
La croissance urbaine incontrôlée est souvent associée aux grandes aires métropolitaines ; en réalité, surtout dans les dernières années, le phénomène a commencé à intéresser les centres de petites et moyennes dimensions aussi en Italie. Les soi-disant phénomènes d'étalement urbain ont modifié le modèle rural-urbain avec des rechutes importantes du point de vue environnemental et socio-économique. Analyser comment il se soit transformé, au cours du temps, peut fournir des informations cruciales pour repenser l'aménagement des aires urbaines dans une optique durable. Dans ce travail ont été utilisées de données multi-sources, comprenantes des bases de données territoriales (Corine Land Cover pour la période 1990-2018) et de données satellitaires (Keyhole et Landsat pour reconstruire le scénario depuis 1975), pour l'étude du modèle rural-urbain de la commune de Ariano Irpino (Sud de l'Italie) dans la période 1975-2018. Ici, l'extraordinaire croissance urbaine qui s'est développée surtout comme tissu urbain discontinu, aux dépens des aires agricoles, et, au même temps, la contextuelle flexion démographique, constituent des conditions de criticité qui imposent la mise au point de mesures de confinement/atténuation et de réhabilitation.

Parole chiave: *telerilevamento,* pattern *rurale-urbano,* sprawl *urbano, Corine Land Cover, GIS*

Keywords: *remote Sensing, rural-urban pattern, urban sprawl, Corine Land Cover, GIS*

Mots-clés : *télédétection, modèle rural-urbain, étalement urbain, Corine Land Cover, SIG*

Maria Lanfredi, IMAA-CNR (Istituto di metodologie per l'analisi ambientale, Consiglio nazionale ricerche) – maria.lanfredi@imaa.cnr.it
Rosa Coluzzi, IMAA-CNR – rosa.coluzzi@imaa.cnr.it
Mariagrazia D'Emilio, IMAA-CNR – mariagrazia.demilio@imaa.cnr.it
Vito Imbrenda, IMAA-CNR – vito.imbrenda@imaa.cnr.it

Nota: *l'introduzione è da attribuire a Maria Lanfredi, Rosa Coluzzi, Mariagrazia D'Emilio e Vito Imbrenda, il paragrafo 1 a Rosa Coluzzi e Vito Imbrenda, il paragrafo 2 a Maria Lanfredi, Rosa Coluzzi, Mariagrazia D'Emilio e Vito Imbrenda e le conclusioni a Maria Lanfredi, Rosa Coluzzi, Mariagrazia D'Emilio e Vito Imbrenda.*

1. Introduzione

Il tema della sostenibilità ha, negli ultimi anni, stabilmente polarizzato l'attenzione della ricerca scientifica e dei decisori, trainato da una serie di iniziative internazionali (*Conferenza ONU sull'Ambiente e lo sviluppo* - Rio de Janeiro 1992, *Convenzione ONU per combattere la* desertificazione - Parigi 1994, *Summit mondiale sulla sostenibilità ambientale* - Johannesburg 2002, *Conferenza sullo sviluppo sostenibile* – Rio 2012 ecc.) che hanno promosso una svolta economica *green* accoppiata a una più energica azione di salvaguardia delle risorse naturali. Se si parla di sostenibilità non si può eludere il ragionamento sulla risorsa suolo che costituisce un *asset* cruciale e insostituibile per il sistema di relazioni tra esseri viventi e cicli naturali che assicurano il sostentamento della biosfera. A questo ragionamento si lega indissolubilmente il dibattito sul consumo di suolo, che ha guadagnato recentemente una *escalation* mediatica sia per la sua intrinseca importanza strettamente connessa al tema della sostenibilità, sia poiché si colloca naturalmente al crocicchio di diverse discipline tra cui la geografia. Attraverso la stima dei tassi di consumo di suolo si può agilmente inferire quali siano le modalità di utilizzo di questa risorsa e i conseguenti livelli di sostenibilità da conseguire. La perdita irreversibile della risorsa suolo e/o una sua considerevole degradazione sotto il profilo funzionale si traducono in un costo ambientale ed economico elevatissimo con drammatiche ripercussioni sugli equilibri dei molteplici ecosistemi sottostanti. A questo proposito, negli anni recenti, sia la Comunità internazionale attraverso la famosa Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile (programma d'azione sottoscritto dai Paesi membri dell'ONU, vedi UN, 2015), che l'Unione Europea con una serie di direttive indirettamente legate alla tutela del suolo (*Direttiva Habitat*, *Convenzione Europea del Paesaggio* ecc.) hanno ribadito la centralità di questa risorsa, stabilendo anche dei concreti obiettivi strategici (azzeramento della *land degradation* entro il 2030 e del consumo di suolo entro il 2050).

Vi è poi da rilevare che anche nelle direttive e nei programmi summenzionati il fenomeno del consumo di suolo non è disgiunto dall'analisi di variabili socioeconomiche. In particolare, di grande interesse rispetto alla stima dei tassi di consumo del suolo, vi è lo studio delle dinamiche demografiche e, segnatamente, di quelle realtà che configurano accentuate asimmetrie spaziali nella distribuzione della popolazione con concentrazioni antropiche che, per alcune zone, possono eccedere la capacità di carico degli ecosistemi di supporto. Tendenzialmente, infatti, si è portati ad associare la crescita del consumo di suolo con l'aumento demografico, ma esistono altre variabili socioeconomiche e politiche che possono condizionare fortemente l'incremento delle superfici impermeabilizzate.

A questo proposito il caso dell'Europa è paradigmatico e vede l'espansione dell'urbano procedere negli ultimi anni a un tasso di crescita nettamente superiore a quello della popolazione (+20% dell'edificato a fronte del +6% della popolazione (Di Iacovo e altri, 2010). Nell'Europa mediterranea questo disaccoppiamento è avvenuto contestualmente alle fluttuazioni economiche degli ultimi vent'anni che hanno visto dapprima un periodo di effimera e volatile espansione, nei primi anni 2000, seguita dall'intensa recessione cominciata intorno agli anni 2007-2008. Queste condizioni, supportate dalla grande eterogeneità dei *pattern* di crescita dell'urbano, hanno configurato delle situazioni di criticità nel Sud Europa in cui si evidenzia una relazione latente tra declino economico e cicli urbani, rappresentati dalle dinamiche della popolazione e dai tassi di consumo di suolo (Arapoglu e Savas, 2009; Carlucci e altri, 2017). Questa manifestazione è

tanto più perniciosa quanto più la crescita del tessuto urbano risulta caotica e disorganizzata, sganciata da qualsivoglia piano di indirizzo urbanistico e spesso orientata da decisori malaccorti che promuovono infrastrutturazioni superflue o non funzionali. Tale fenomeno, le cui origini sono nordamericane, è noto come *urban sprawl*eha cominciato da qualche tempo a insidiare anche le forme insediative europee e quelle italiane. La città si espande senza confini precisi e, come affermano plasticamente Ghibelli e Salzano, «si sdraia sguaiatamente sul territorio, in modo spesso disordinato e caotico» (2006 in *https://puntoponte.wordpress.com/2017/12/27/ecovillaggi-e-sprawl-urbano/*). Essa diventa una sorta di *continuum* di antropizzazione pervasivo e indistinto che risulta difficilmente governabile e che incrementa significativamente i tassi di inquinamento di tutte le matrici ambientali. Si tratta, quindi, per il basso o bassissimo grado di densità edilizia riscontrato, di un modello di espansione urbana fortemente frammentato e disperso che comporta un ingente quantitativo di suoli consumati, ben al di là di quello richiesto dall'effettivo ampliamento dell'edificato. Questa tendenza desta ancora più preoccupazione in Italia poiché si riscontra non soltanto nei grandi centri urbani (Strollo e altri, 2020), ma anche e soprattutto nei piccoli comuni che esibiscono tassi di consumo di suolo per nuovo abitante più elevati in rapporto alle grandi e medie realtà metropolitane (Pileri, 2013).

Una delle principali implicazioni di un elevato tasso di consumo di suolo, specie nelle zone non particolarmente antropizzate e anzi in declino demografico, è l'impatto sulla delicatissima frangia rurale-urbana, di cruciale importanza poiché comprende habitat residuali con ancora un buon livello di naturalità e in grado di facilitare la dispersione delle diverse specie floro-faunistiche (De Montis e altri, 2018).

Proprio lo studio del *pattern* rurale-urbano può fornire utili informazioni su entità e natura dei processi trasformativi occorsi, ricostruendo diacronicamente l'evoluzione del paesaggio e le specifiche transizioni nell'uso/copertura del suolo e conteggiando, eventualmente, la connessa perdita di beni e servizi ecosistemici per evidenziare criticità e potenzialità degli attuali assetti territoriali e suggerire possibili azioni di mitigazione, contrasto e salvaguardia.

In questo contesto, l'incrementata capacità di supporto delle tecnologie e metodologie nel settore del telerilevamento (*remote sensing*), nell'ultimo trentennio, ha permesso di effettuare analisi su più vasta scala, multi-temporali e con costi sempre più contenuti. In particolare, sono sensibilmente migliorate le tecniche per la *detection* e il monitoraggio da remoto delle superfici impermeabilizzate (Smiraglia e altri, 2014; Terfa e altri, 2020; Zhao e Tsutsumida, 2020). In questa direzione sta spingendo da tempo l'Unione Europea che supporta lo sviluppo di nuovi *dataset* per la stima del consumo di suolo nell'ambito di Copernicus, progetto finalizzato al monitoraggio della Terra e dei suoi ecosistemi. Proprio all'interno della cornice Copernicus è attualmente inserito anche il *dataset* Corine Land Cover (CLC), storico progetto nato negli anni Ottanta per promuovere il monitoraggio e i cambiamenti dell'uso/copertura del suolo negli Stati membri dell'Unione Europea (*https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover*).

Sebbene il *dataset* non sia particolarmente adatto a investigazioni a scala molto locale per via della Minima Unità Mappabile (25 ha con cambiamenti mappati solo se maggiori di 5 ha, si veda Decoville e Schneider, 2016) la CLC può supportare efficacemente analisi spaziali poiché presenta due fondamentali vantaggi; essa fornisce: *a*) un *dataset* geograficamente continuo su un territorio assai vasto, adatto per studi a scala regionale, nazionale e pan-europea; *b*) la copertura di un segmento temporale ragionevolmente lungo (1990-2018); *c*) una classificazione interna delle categorie di uso/copertura del suolo che consentono un'agile tracciabilità dei cambiamenti avvenuti (Bilozor e altri, 2020; Rusu e altri, 2020).

Questo lavoro è focalizzato sullo studio del *pattern* urbano-rurale del comune di Ariano Irpino (provincia di Avellino) che si contraddistingue come caso singolare di esplosione delle superfici sigillate a fronte di una lieve decrescita demografica nel periodo 1975-2018. Nel caso di Ariano Irpino è interessante studiare questo disaccoppiamento anche alla luce del sisma che il 23 novembre 1980 colpì l'Irpinia facendo molte vittime e distruggendo una parte del patrimonio edilizio.

A questo fine sono stati utilizzati dati multisorgente per un'indagine speditiva impostata sull'uso della CLC (disponibile dal 1990 fino al 2018) ed è stata estesa agli anni Settanta avvalendosi di dati satellitari.

I risultati restituiscono un quadro critico da cui emergono differenti modalità di «occupazione» antropica del suolo, i cui esiti sono forme di

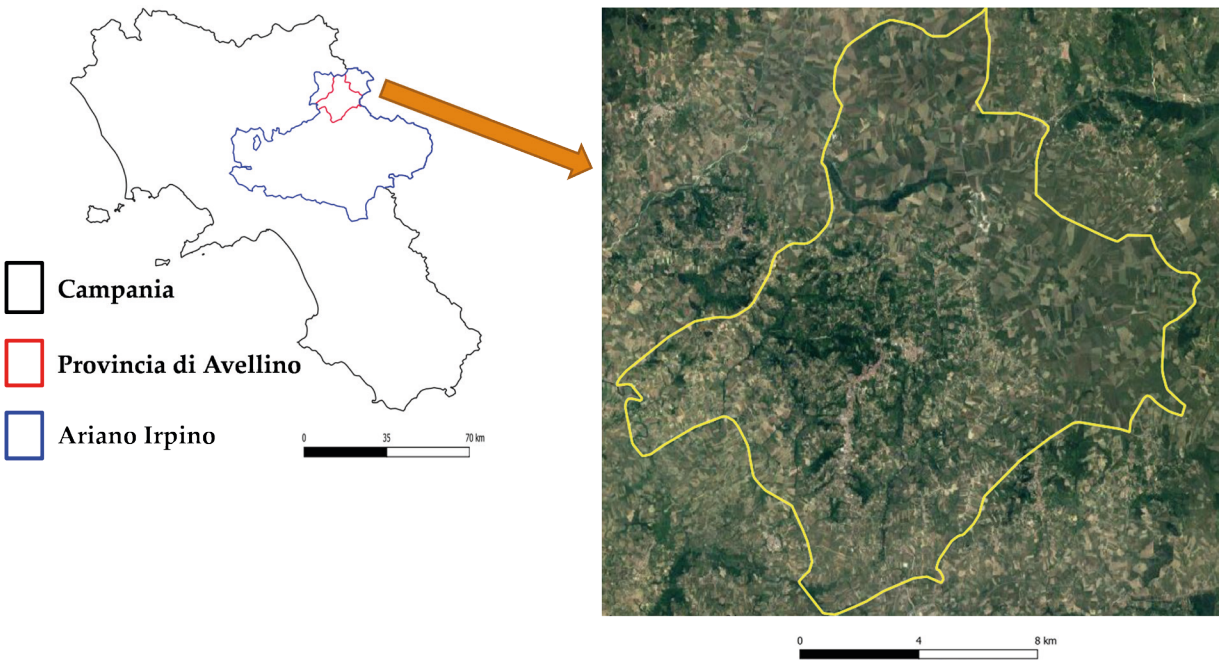


Fig. 1. Ariano Irpino, uno dei principali poli produttivi della provincia di Avellino
Fonte: shapefile dei comuni italiani (*https://www.istat.it/it/archivio/222527*)

degrado che possono preludere a fenomeni ancora più impattanti (*land degradation*: Imbrenda e altri, 2014; Lanfredi e altri, 2015; Egidi e altri, 2020) caratterizzati da una cospicua perdita di beni e servizi ecosistemici. Tale analisi può supportare i decisori nel raggiungimento di una configurazione sostenibile dei *pattern* di uso del suolo, identificando possibili soluzioni alternative per la collocazione di nuovi edificati e infrastrutture, e segnalando le aree maggiormente congestionate potenzialmente destinabili ad azioni di risanamento/rinaturalizzazione.

2. Materiale e metodi

2.1. Area di studio

L'area di studio è rappresentata dal comune di Ariano Irpino, situato sull'Appenino campano, nel quadrante settentrionale dell'Irpinia in una posizione baricentrica sull'asse congiungente Campania e Puglia, il mar Tirreno e il mar Adriatico (fig. 1). Si tratta del Comune con la superficie più grande di tutta la Campania e il più popoloso tra le municipalità montane della regione (circa 788 m.s.l.m.) (tab. 1).

Tab. 1. Abitanti e superficie del comune di Ariano Irpino

Comune	Abitanti	Abitanti	Superficie km^2
Ariano Irpino (Av)	186,74	22.246	22.864

Fonte: propria elaborazione su dati Istat, 2018 (*http://demo.istat.it/*) e Istat, 1975 (*https://ebiblio.istat.it/digibib/Demografia/Movimentostatocivile/IST0005035Pop_mov_ana_com_1976.pdf*)

2.2. Dati

Questo lavoro è basato sulla elaborazione di dati multisorgente:

a) dati satellitari;
b) *database* territoriali;
c) immagini Google Earth;
d) *report* sul consumo di suolo.

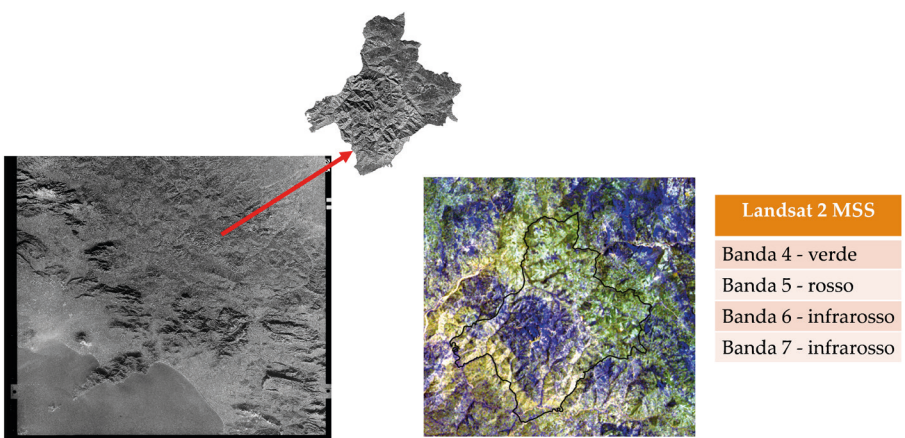
a) I dati satellitari sono lo strumento ormai consolidato di conoscenza per la stima di parametri di interesse ambientale/ecologico e

per la ricostruzione della storia della copertura del suolo sulla Terra. In particolare, sono stati utilizzati due differenti sensori: Keyhole e Landsat 2 (fig. 2). Il primo appartiene ad una vasta costellazione satellitare statunitense: Keyhole (KH) KH-9 (Hexagon), più noto con il suo *nick-name* «Big Bard». Il KH-9, considerato una prosecuzione del sistema satellitare CORONA, ha operato negli anni fra il 1971 e il 1986 prevalentemente come satellite spia; nel 2011 le immagini sono state declassificate e rese accessibili a basso costo a scopi e a utenti non militari. La collezione completa è archiviata e disponibile presso la National Archives and Records Administration (NARA) (*https://www.archives.gov/*). Il KH-9 acquisiva immagini della superficie terrestre con una camera con sistema telescopico; il film fotografico, custodito all'interno di capsule (più note come *buckets*), veniva recuperato mentre il sensore era paracadutato sulla Terra e in seguito processato. Il dato utilizzato in questo studio è una immagine stereo «KH-9 Lower Resolution Mapping» a toni di grigio acquisita il 29 dicembre 1975 e con una risoluzione spaziale (dimensione del *pixel*) di circa 6 m. Il satellite Landsat è probabilmente il vettore della più famosa missione non militare della NASA (National Aeronautics and Space Administration) e dell'USGS (United States Geological Survey) messo in orbita nel 1972 con lo scopo di monitorare ambiente, risorse, e cambiamenti naturali e antropici occorsi sulla Terra, ad oggi conta otto missioni lanciate con successo di cui l'ultima è il Landsat 8 (lanciato nel febbraio 2013). L'immagine utilizzata risale al 16 luglio 1975 e appartiene al satellite Landsat 2 che montava a bordo il sensore Multispectral Scanner-MSS con risoluzione spaziale di circa 80 m.

b) Il *database* di riferimento del presente lavoro è la CLC, notoriamente un pilastro della politica dell'Unione Europea per il rilievo e il monitoraggio dell'uso/copertura del suolo degli Stati Membri, che vanta un vasto numero di applicazioni e di correlazioni con altri *dataset* contenenti differenti parametri (Feranec e altri, 2010; Vilar e altri, 2019). Il primo *dataset* CLC ha come riferimento temporale il 1990 mentre gli aggiornamenti sono stati rilasciati nel 2000, 2006, 2012 e nel 2018. In questo lavoro sono state adottate le CLC 1990 e 2018 al III livello di dettaglio comprendente 44 classi con un'accuratezza dell'85% (fig. 3).

c) Le immagini di Google Earth ad altissima risoluzione spaziale sono state utilizzate a supporto della CLC 2018 per la verifica delle correnti condizioni dell'uso/copertura del suolo.

d) I *report* utilizzati per estrapolare dati sono quelli prodotti da ISPRA (Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale) sul consumo di suolo (ad esempio, incremento della copertura artificiale, consumo *pro-capite*, differenziazione del tasso di consumo per classe di pericolosità sismica, perdita economica risultante ecc. (ISPRA, 2016).



Figg. 2.a. Immagine satellitare Keyhole 9 acquisita il 29/12/1975 che copre parte della regione Campania con zoom sulla municipalità di Ariano Irpino; 2.b.) Composizione in falsi colori dell'immagine Landsat 2 MSS acquisita il 16.VII.1975 centrata sul comune di Ariano Irpino (confini in nero)
Fonte: propria elaborazione su dati NASA, (*https://www.archives.gov/*)

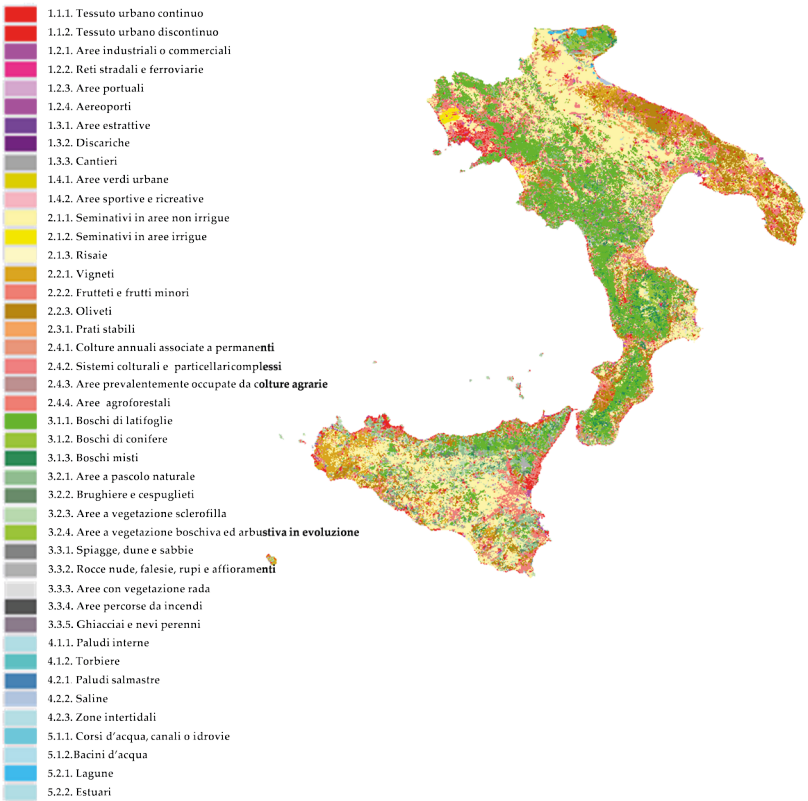


Fig. 3. Nomenclatura della CLC organizzata su tre livelli gerarchici (44 classi) per l'Italia
Fonte: propria elaborazione su dati Copernicus (*https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover*)

2.3. Metodologie

L'immagine KH-9 è stata pre-processata, ovvero georeferita, attribuendo coordinate geografiche attraverso il riconoscimento di punti fissi (cioè non mutati nel tempo) presenti nell'immagine satellitare e impiegando come riferimento immagini d'aereo ortorettificate. In questo modo è possibile sovrapporre i dati in un sistema GIS e confrontarli.

Per quanto riguarda l'immagine Landsat 2, è stata pre-processata usando appositi coefficienti per la correzione radiometrica (Chander e altri, 2009). Successivamente, è stato calcolato un indice vegetazionale, l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), considerato un *proxy* dello stato di salute e della densità della vegetazione (Rouse, 1974):

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$$

Dove ρ_{nir} e ρ_{red} sono le riflettanze nei canali del NIR (infrarosso – canale 6) e del RED (rosso – canale 5) che corrispondono a due differenti regioni dello spettro elettromagnetico.

L'NDVI è stato sostanzialmente utilizzato come supporto per la ricostruzione della copertura del suolo del 1975, vista la sua abilità nel discriminare il differente stato di densità e salute della copertura vegetale corrispondente a una diversa classe di copertura del suolo.

La mappa finale di copertura del suolo è stata ricostruita tenendo conto anche, tramite fotointerpretazione, dell'immagine Keyhole georiferita avente un più alto dettaglio spaziale. La mappa è stata ristretta a sole tre categorie di copertura del suolo: vegetazione naturale, aree agricole (che talora sono presenti nella forma di suoli nudi) e aree urbane.

Per quanto riguarda l'evoluzione del paesaggio nel periodo che va dal 1990 al 2018, le cartografie CLC relative ai predetti anni sono state analizzate sia al III livello di dettaglio per un'analisi più approfondita in quel dato segmento temporale, che al I livello di dettaglio per renderle omogenee con la *land cover* del 1975 ricostruita attraverso i dati satellitari e dunque consentire lo studio diacronico 1975-2018.

Tutti i diversi strati informativi utilizzati, infine, sono stati analizzati in ambiente GIS (Qgis 3.10.4) per effettuare analisi geospaziali (statistiche zonali).

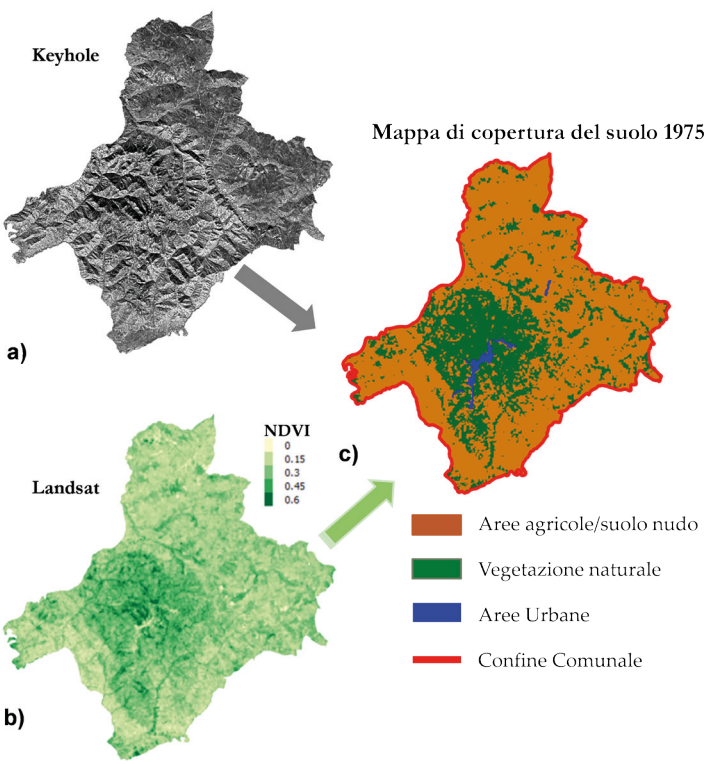
3. Risultati

L'uso del suolo 1975, così come appare nella figura 4c, è stato ricostruito tramite l'immagine Keyhole (fig. 4a) ad alta risoluzione e quella Landsat con più alto contenuto spettrale restituito tramite NDVI (fig. 4b). In quest'ultima immagine: le zone in verde scuro corrispondono ad aree ospitanti vegetazione naturale più densa e in buona salute; le aree in verde chiaro sono associabili a colture agrarie, suoli scarsamente vegetati o nudi (essendo un'immagine estiva i suoli a seminativo sono prevalentemente spogli); mentre laddove prevale il giallo pallido vi è la presenza di suoli sigillati (urbano).

La copertura del suolo 1975 dà conto di una realtà ancora fortemente agricola con ampi spazi coperti da vegetazione naturale e semi-naturale. La quantità di superfici sigillate è ancora piuttosto limitata, ma mostra già un singolare andamento nastriforme che conserverà nel tempo.

L'analisi delle classi di copertura CLC per gli anni 1990 e 2018 (fig. 5) e della mappa di copertura 1975 ricostruita (fig. 4c) suggerisce una dinamica di incremento delle superfici agricole tra 1975 e 1990 con contemporaneo decremento delle aree naturali, così come appare evidente dal grafico in figura 6a. Tra il 1990 e il 2018 restano praticamente invariate sia le une che le altre. Discorso a parte merita l'urbano (fig. 6b) che cresce in maniera importante nella prima finestra temporale (da circa 166 a 192 ettari nel periodo 1975-1990) con un aumento del 16%, mentre nella seconda finestra temporale (1990-2018) si registra un incremento *monstre* delle superfici sigillate (+263 ettari circa) con una crescita percentuale del 137% circa. Il bilancio complessivo tra il 1975 e il 2018 contabilizza una crescita straordinaria delle superfici sigillate (+400 ettari circa).

Un aspetto aggiuntivo, che desta ulteriore preoccupazione nella dinamica di urbanizzazione di medio-lungo periodo, è l'incidenza del tessuto urbano discontinuo (in prevalenza la classe 112, ma più in generale anche le altre classi



Figg. 4.a. Immagine satellitare Keyhole del 29 dicembre 1975, georiferita del comune di Ariano Irpino; 4.b. NDVI, derivato dall'immagine Landsat 2 del 16 luglio 1975, stimato sul comune di Ariano Irpino; 4.c. Mappa di copertura del suolo aggiornata al 1975 mediante l'uso combinato di dati satellitari Keyhole e Landsat 2
Fonte: propria elaborazione su dati NASA, (*https://earthexplorer.usgs.gov/*)

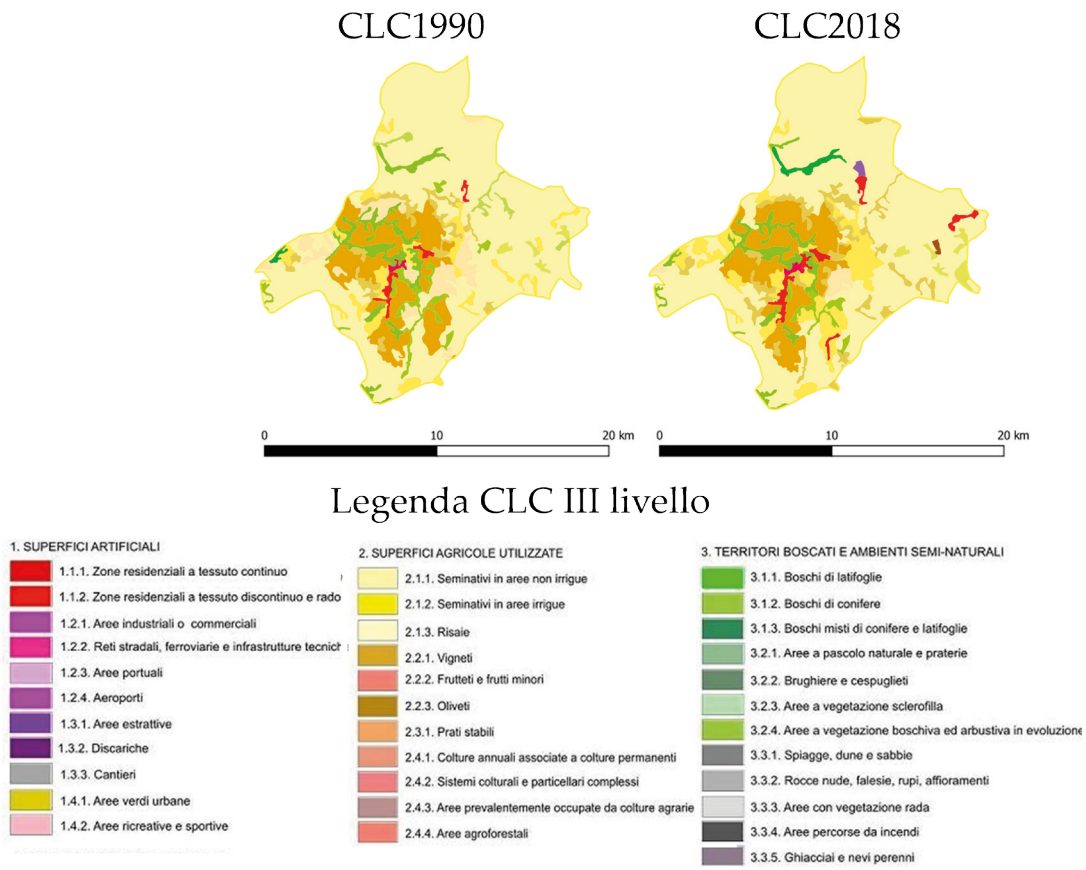
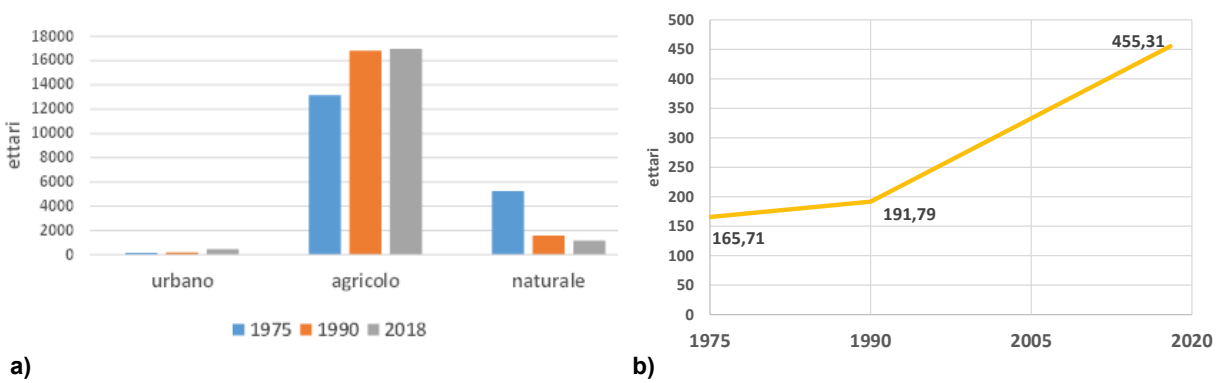


Fig. 5. Rappresentazione della CLC 1990 e 2018 per il comune di Ariano Irpino con annessa legenda
Fonte: propria elaborazione su dati Copernicus, (*https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover*)



Figg. 6.a. Andamento diacronico della copertura del suolo «semplificata» di Ariano Irpino tra il 1975 e il 2018; 6.b. zoom sull'andamento dell'urbano 1975-2018
Fonte: propria elaborazione su dati NASA e Copernicus (*https://earthexplorer.usgs.gov/* ; *https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover*)

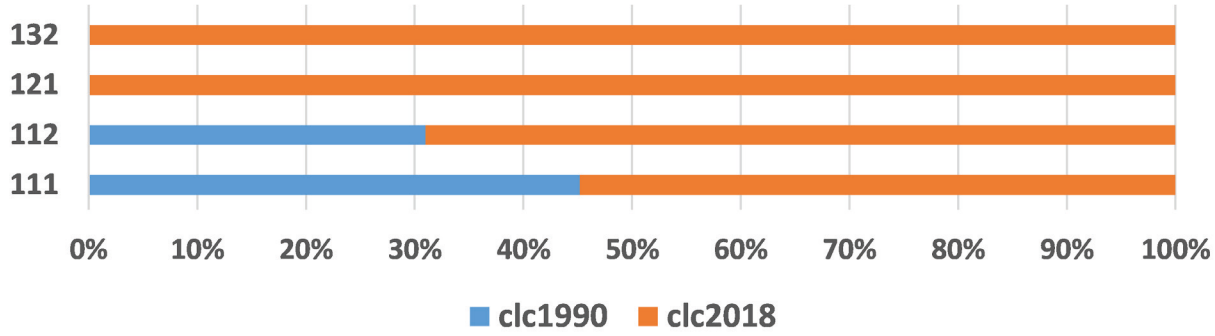


Fig. 7. Proporzione delle classi CLC (III livello - urbano) individuate tra il 1990 (in azzurro) e il 2018 (in arancio) per il comune di Ariano Irpino
Fonte: propria elaborazione su dati Copernicus, (*https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover*)

di urbano) rispetto a quello continuo (classe 111). Questa analisi, realizzabile soltanto per il segmento temporale investigato con la CLC, permette di evidenziare una crescita delle superfici sigillate discontinue che dall'80% del 1990 arrivano a comprendere circa il 90% delle aree impermeabilizzate nel 2018 (si veda la figura 7 per comprendere il rapporto proporzionale negli anni 1990 e 2018). Ciò dà conto di una già chiara prevalenza della tendenza a una modalità insediativa abbastanza dispersa che nel corso dell'ultimo trentennio si rafforza confermando l'ipotesi di fenomeni di *sprawl* urbano.

Più in dettaglio, classi come la 121 e la 132, rispettivamente «Aree industriali o commerciali» e «Discariche», caratterizzate da una tessitura intrinsecamente discontinua, non esistevano nel 1990 e perciò sono al 100% ad appannaggio del 2018, mentre è emblematico guardare alla larga preponderanza del 2018, in confronto al 1990, per quanto riguarda la classe 112 che rappresenta l'urbano discontinuo.

Anche il *pattern* di espansione dell'urbano suggerisce l'idea di una crescita piuttosto dispersa (fig. 8), le cui modalità sono piuttosto singolari poiché le nuove superfici sigillate si dispongono in prevalenza lungo un corridoio nastriforme che ad oggi ha ormai raggiunto la lunghezza lineare di circa 7 km. In particolare, la crescita delle superfici urbane segue tre precise modalità: il riempimento in punti nodali lungo l'arteria nastriforme predetta, la costruzione di spazi edificati ai margini delle cinture metropolitane e la costituzione di nuovi nuclei isolati, talora con destinazione d'uso non residenziale (ad esempio le discariche).

Contemporaneamente, è utile comprendere quali siano le classi di copertura del suolo del 1990 che hanno lasciato il posto all'urbano nel 2018 (fig. 9). Solo il 42% circa della copertura urbana 2018 apparteneva alla stessa tipologia di copertura del suolo trent'anni prima, ma a parte la ridotta quantità di superfici naturali trasformate in urbano (meno del 2%), vi è larga prevalenza di copertura di suolo agricolo che viene sigillata (56% circa). Questo risultato è in linea con quanto rinvenuto su scala nazionale sin dagli anni Sessanta (forte contrazione delle aree agricole, vedi Bencardino, 2017).

Infine, per quanto concerne l'evoluzione dell'agricoltura nell'area investigata (fig. 10), a livello di estensione areale, essa resta pressoché immutata nel trentennio, ma con una diversa distribuzione delle principali classi di copertura del suolo. Si registra, infatti, una tendenza a una minore specializzazione, testimoniata dalla riduzione dei seminativi, degli oliveti e della classe 241 («colture annuali associate a permanenti») con un incremento all'interno delle aree agricole eterogenee (classi 241, 242, 243, 244) di quelle includenti la presenza di vegetazione naturale (classe 243 – Colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti e classe 231 – Prati stabili). Questi ultimi risultati sembrano indicare un processo di sostanziale stasi agricola nel periodo 1990-2018 con una tendenza a una maggiore diversificazione del paesaggio agricolo che si aggiunge alla già elevata parcellizzazione della proprietà.

Per concludere, i grandi processi trasformativi, dominati dall'intensa urbanizzazione, che hanno interessato il comune di Ariano Irpino nel periodo

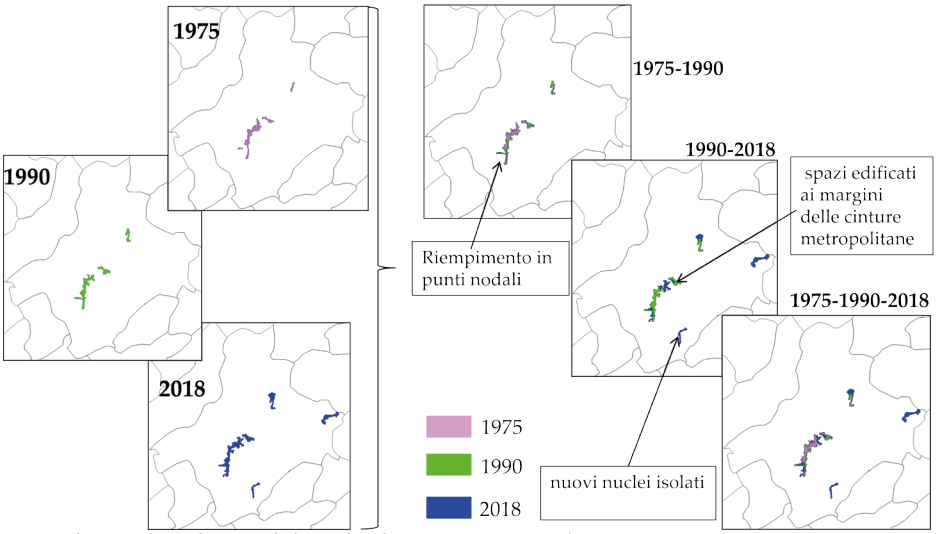


Fig. 8. Confronto dei *pattern* di uso del suolo di Ariano Irpino (mappa ricostruita 1975, CLC 1990 e CLC2018)
Fonte: propria elaborazione su dati Copernicus, *https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover*)

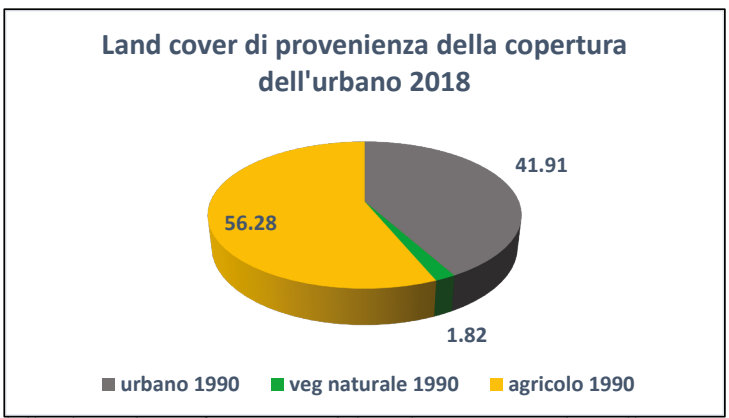


Fig. 9. Distribuzione delle classi di uso/copertura del suolo CLC 1990 che nella CLC 2018 divengono tessuto urbano
Fonte: propria elaborazione su dati Copernicus, (*https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover*)

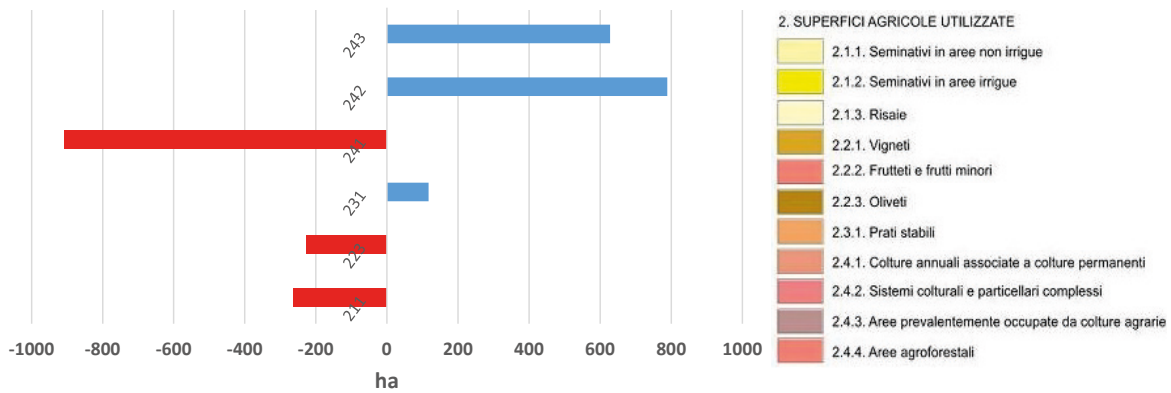


Fig. 10. Confronto classi di uso agricolo estratte dalle CLC1990 e CLC2018 per il comune di Ariano Irpino
Fonte: propria elaborazione su dati Copernicus, (*https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover*)

investigato (1975-2018) hanno inevitabilmente comportato una perdita ingente di beni e servizi ecosistemici. Solo a titolo di esempio, è stato calcolato attraverso i *report* e i *database* incentrati sul consumo di suolo forniti dall'ISPRA che, per il solo lasso temporale 2012-2016 (per il quale sono disponibili le mappe ad alta risoluzione), si è registrata una importante perdita di beni e servizi ecosistemici corrispondente in termini monetari a una cifra oscillante tra i 133.000 e i 256.000 euro. La parte preponderante del danno economico ravvisato è ascrivibile principalmente alla variazione della capacità di infiltrazione del suolo, legata a sua volta proprio ai massicci processi di urbanizzazione avvenuti. Va da sé che, se in un arco temporale così ristretto le perdite ammontano a quella cifra, essa vada moltiplicata per un coefficiente non facilmente calcolabile, qualora si potesse quantificare la perdita sull'intero periodo di riferimento.

4. Conclusioni

Il comune di Ariano Irpino rappresenta certamente una di quelle realtà che sono state segnate da un cambiamento profondo dei *pattern* territoriali nel periodo 1975-2018, caratterizzato da fenomeni di tipo naturale e socioeconomico. Il terremoto del 1980 ha certamente stimolato negli anni Ottanta una espansione dell'edificato senza precedenti, sostenuta da normative *ad hoc*. Al *boom* economico ed edilizio di quegli anni, che si estendono fino alle propaggini del nuovo millennio, ha fatto seguito la grande crisi internazionale del 2008 che, per almeno un quinquennio, ha zavorrato anche l'economia italiana con ricadute ancor più pesanti sul Meridione. In questo ampio segmento temporale, prima in maniera moderata, poi sempre più vigorosa e indipendentemente dalle sfavorevoli congiunture economico-finanziarie degli ultimi dieci o dodici anni, l'urbanizzazione è divenuta il processo dominante per la municipalità analizzata, avviluppandosi fortemente intorno al corridoio viario nastriforme che si snoda nel quadrante meridionale del comune. I numeri impressionanti di crescita, quasi quattro chilometri quadrati in un quarantennio, la sostanziale prevalenza del tessuto urbano discontinuo rispetto a quello continuo (90% nel 2018) e la prevalente occupazione urbana ai danni delle aree agricole (oltre il 50% tra il 1990 e il 2018) suggeriscono la presenza di processi di *sprawl* con negative conseguenze in termini di deterioramento o perdita di beni e servizi ecosistemici. La contemporanea, seppur flebile, contrazione demografica registrata (-3% circa nel periodo in esame) indica un chiaro disaccoppiamento tra andamento demografico ed espansione urbana. Questa condizione è corredata anche da una stasi del comparto agricolo che mantiene sostanzialmente gli stessi areali nell'ultimo trentennio (1990-2018), ma che cerca di diversificare le tipologie di coltura su cui investire per svincolarsi dalla rendita di una singola *cover* agricola (soprattutto seminativi).

I risultati ottenuti in questo lavoro confermano che i *database* territoriali (CLC) e le immagini satellitari (Landsat), opportunamente utilizzati, possono aiutare nella ricostruzione del fenomeno di urbanizzazione anche in zone non metropolitane come quelle dei comuni di media taglia del Sud Italia, laddove non sono affatto trascurabili le ricadute dal punto di vista economico e ambientale. Ciò, anche alla luce della disponibilità di nuovi dati remoti gratuiti e a più alta risoluzione spaziale (Sentinel 2 a 10m), può supportare i decisori nell'opera di rivitalizzazione economica di queste aree, ripensando le modalità insediative e contemperando politiche di salvaguardia degli ecosistemi e di risanamento delle aree più impattate.

Riferimenti bibliografici

Arapoglou Vassilis P. e John Sayas (2009), *New Facets of Urban Segregation in Southern Europe: Gender, Migration and Social Class Change in Athens,* in «European Urban and Regional Studies», 16, pp. 345-362.

Bencardino Massimiliano (2017), *Dinamiche demografiche e consumo di suolo negli ambienti insediativi della Regione Campania*, s.l.e., Libreriauniversitaria.it.

Biłozor Andrzej, Karol Szuniewicz e Iwona Cieślak (2020), *The Use of the CORINE Land Cover (CLC) Database for Analyzing Urban Sprawl*, in «Remote Sensing», 12, pp. 282-306.

Carlucci Margherita, Efstathios Grigoriadis, Kostas Rontos e Luca Salvati (2017), *Revisiting a Hegemonic Concept: Long-term Mediterranean Urbanization in Between City Re-polarization and Metropolitan Decline*, in «Applied Spatial Analysis and Policy», 10, pp. 347-362.

Chander Gyanesh, Brian L. Markham e Dennis L. Helder. (2009), *Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors*, in «Remote sensing of environment», 113, pp. 893-903.

Decoville Antoine e Marc Schneider (2016), *Can the 2050 Zero Land Take Objective of the EU Be Reliably Monitored? A Comparative Study*, in «Journal of Land Use Science», 11, pp. 331-349.

De Montis Andrea, Amedeo Ganciu, Valentina Peddio, Simone Caschili, Antonietta Bardi, Matteo Cabras e Maurizio Mulas (2018), *Reti ecologiche complesse nelle fasce rur-urbane: impostazione di un'analisi comparativa*; in Mara Balestrieri, Enrico Cicalò e Amedeo Ganciu (a cura di), *Paesaggi Rurali: Prospettive di Ricerca*, Milano, Angeli, pp. 377-392.

Di Iacovo Francesco Paolo, Massimo Rovai e Massimo Meini (2010), *Spazio rurale ed urbano: alla ricerca di nuovi equilibri*, in Camilla Perrone e Iacopo Zetti (a cura di), *Il Valore della Terra*, Milano, Angeli, pp. 105-133.

Egidi Gianluca, Ilaria Zambon, Ilaria Tombolini, Luca Salvati, Sirio Cividino, Samaneh Seifollahi-Aghmiuni e Zahra Kalantari (2020), *Unraveling Latent Aspects of Urban Expansion: Desertification Risk Reveals More*, in «International Journal of Environmental Research and Public Health», 17, pp. 4001-4015.

Feranec Jan, Gabriel Jaffrain, Tomas Soukup, Gerard Hazeu (2010), *Determining Changes and Flows in European Landscapes 1990–2000 Using CORINE Land Cover Data*, in «Applied Geography», 30, pp. 19-35.

Ghibelli Maria Cristina e Edoardo Salzano (a cura di) (2006), *No Sprawl*, Firenze, Alinea.

Imbrenda Vito, Mariagrazia D'Emilio, Maria Lanfredi, Maria Macchiato, Maria Ragosta e Tiziana Simoniello (2014), *Indicators for the Estimation of Vulnerability to Land Degradation Derived from Soil Compaction and Vegetation Cover*, in «European Journal of Soil Science», 65, pp. 907-923.

ISPRA (2016), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Roma, ISPRA.

Lanfredi Maria, Rosa Coppola, Tiziana Simoniello, Rosa Coluzzi, Mariagrazia D'Emilio, Vito Imbrenda, e Maria Macchiato (2015), *Early Identification of Land Degradation Hotspots in Complex Bio-Geographic Regions*, in «Remote Sensing», 7, pp. 8154-8179.

Pileri Paolo (2013), *La frammentazione amministrativa consuma suolo*, in *Atti del Convegno ISPRA, CRA e Università La Sapienza «Il Consumo di suolo, lo stato, le cause e gli impatti» (Roma, 5 febbraio 2013)*, *https://www.isprambiente.gov.it/files/eventi/2013/convegno-consumo-del-suolo-2013/Pileri.pdf* (ultimo accesso: 20.X.2020).

Rouse John Wilson (1974), *Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation*, Texas, NASA - Technical Reports Server.

Rusu Alexandru, Adrian Ursu, Cristian C. Stoleriu, Octavian Groza, Lilian Niacsu, Lucian Sfîca, Ionut Minea e Oana Mihaela Stoleriu (2020), *Structural Changes in the Romanian Economy Reflected through Corine Land Cover Datasets*, in «Remote Sensing», 12, pp. 1323-1347.

Smiraglia Daniela, Simone Rinaldo, Tomaso Ceccarelli, Sofia Bajocco, Luca Salvati, Carlo Ricotta e Luigi Perini (2014), *A Cost-Effective Approach for Improving the Quality of Soil Sealing Change Detection from Landsat Imagery*, in «European Journal of Remote Sensing», 47, pp. 805-819.

Strollo Andrea, Daniela Smiraglia, Roberta Bruno, Francesca Assennato, Luca Congedo, Paolo De Fioravante, Chiara Giuliani, Ines Marinosci, Nicola Riitano e Michele Munafò (2020), *Land Consumption in Italy*, in «Journal of Maps», 16, pp. 113-123.

Terfa Berhanu Keno, Nengcheng Chen, Xiang Zhang e Dev Niyogi (2020), *Urbanization in Small Cities and Their Significant Implications on Landscape Structures: The Case in Ethiopia*, in «Sustainability», 12, pp. 1235-1253.

United Nations (2015), *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1*, New York, USA.

Vilar Lara, Redondo Garrido, Pilar Echavarría, Javier Martinez-Vega e Maria Pilar Martín (2019), *Comparative Analysis of CORINE and Climate Change Initiative Land Cover Maps in Europe: Implications for Wildfire Occurrence Estimation at Regional and Local Scales*, in «International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation», 78, pp. 102-117.

Zhao Jing e Tsutsumida Narumasa (2020), *Mapping Fragmented Impervious Surface Areas Overlooked by Global Land-Cover Products in the Liping County, Guizhou Province, China*, in «Remote Sensing», 12, pp. 1527-1540.

https://puntoponte.wordpress.com/2017/12/27/ecovillaggi-e-sprawl-urbano/, (ultimo accesso: 20.XI.2020).

https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover, (ultimo accesso: 20.XI.2020).

https://www.archives.gov/, (ultimo accesso: 20.XI.2020).

http://demo.istat.it/, (ultimo accesso: 20.XI.2020).

https://ebiblio.istat.it/digibib/Demografia/MovimentostatocivileIST0005035Pop_mov_ana_com_1976.pdf, (ultimo accesso: 20.XI.2020).

https://earthexplorer.usgs.gov/, (ultimo accesso: 20.XI.2020).

https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover, (ultimo accesso: 20.XI.2020).