

## Le trasformazioni urbane nella Regione Puglia

Alessia Allegrini (\*), Catia Atturo (\*), Giuliano Fontinovo (\*),  
Elisabetta Mercuri (\*) Simona Boccuti (\*\*)

(\* ) CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, Via Salaria Km 29.300, 00015 Monterotondo (RM),  
tel. 0690672397, alessia.allegrini@iia.cnr.it

(\*\*) CISIG – Consorzio per l'innovazione dei sistemi informativi geografici dei grandi bacini fluviali,  
Via degli Argini, 101, 43100 Parma, tel 0521/250727

### Riassunto

In questo lavoro viene illustrata l'espansione urbana di alcune città della Regione Puglia tra il 2004 e il 2010 con particolare attenzione alle città di Bari e di Brindisi. La scala di analisi è quella comunale e si riferisce all'insieme di elementi che compongono la parti di un disegno urbano, considerando quelle costitutive di un insediamento quali: infrastrutture, aree edificate, aree dismesse e le aree naturali nonché le relazioni di interconnessione tra esse, funzionali e morfologiche.

Lo studio si riferisce a due tipi di analisi, uno di tipo quantitativo, che si avvale di indici descrittivi ed analisi statistiche e una di tipo qualitativo basato sulla rappresentazione di schemi di analisi grafica, volti a descrivere i valori numerici definiti dall'analisi quantitativa. Sono stati presi in esame indicatori finalizzati a caratterizzare il fenomeno della diffusione insediativa e i suoi impatti sulle aree agricole e naturali. Per le analisi sono stati utilizzati i dati telerilevati MIVIS e demografici sulla popolazione, applicate alle circoscrizioni dei comuni studiati. Infine i dati sono confluiti all'interno di un progetto GIS che ha contribuito alla quantificazione, al monitoraggio, alla modellazione e alla previsione del fenomeno.

### Abstract

This paper is about the urban expansion of towns in the Apulia Region between 2004 and 2010; the work has been focused on the towns of Bari and Brindisi. The analysis has been carried out at the municipality level and covers all the elements of the urban design, such as infrastructures, built-up areas, abandoned areas, natural areas, and the relationships between them and their functional morphology. The study implements two kinds of analysis: a quantitative one, which uses indexes and descriptive statistical analysis; and a qualitative one, based on maps graphical analysis, which is a tentative rendering of the numerical output of the quantitative analysis. We employed a well known range of indicators, well suited to characterize the phenomenon of the spread of settlements and its impacts on agriculture and natural areas. The analysis has been carried out basing on the MIVIS remote sensing data and the related demographic population data, within the boundaries of the studied municipalities. Finally, the data has been merged into a GIS project to enhance and better comprehend the quantification, monitoring, modeling and forecasting of the phenomenon.

### Introduzione

Nelle città abita più dell'80% della popolazione europea vive nelle città. Nelle città i problemi ambientali si manifestano con maggiore evidenza a causa anche della maggiore concentrazione delle attività. I processi di urbanizzazione che sono avvenuti negli ultimi anni, comportano sempre più un maggiore consumo di suolo. Nelle città contemporanee degli ultimi decenni, si nota come lo spazio urbano sia enormemente esteso, frammentato e disperso. Si è passati da città compatte ad insediamenti sempre più dilatati e diffusi sul territorio a causa di una crescita additiva dei tessuti

urbani moderni. La crescita delle città, sottrae parti di territorio utilizzabili ad altri scopi quali quelli agricoli o naturali, modificando gli ecosistemi naturali.

Molti studi hanno dimostrato che l'*urban sprawl* ha varie conseguenze negative, tra le quali la compromissione di habitat, lo sfruttamento e il deterioramento dei suoli e delle acque (Haase e Nuissl, 2007), la perdita di aree agricole e di "spazi aperti" associata ad un senso di segregazione delle comunità ivi residenti (Heimlich e Anderson, 2001). Per tali ragioni in anni recenti sono state promosse azioni di monitoraggio degli andamenti del consumo di suolo su scala regionale (ARPA Piemonte, INU-Legambiente) provinciale e comunale (Dall'Olio e Cavallo, 2009), con l'intento di mettere a punto indicatori utili per un'azione di monitoraggio.

In questo lavoro vengono presi in considerazione ed applicati una serie di indicatori ottenuti da letteratura (Steinokker et. Al 2005, Kline 2000, Peccol e Bonfanti, 2009).

Il primo indicatore quantifica le superfici urbanizzate rispetto alla totalità dell'area comunale. Gli altri due indicatori evidenziano gli impatti dell'urbanizzazione sulle perdite di aree agricole e di aree naturali. Successivamente, gli indicatori appena citati sono stati combinati in un unico indice di "sprawl" che consente di evidenziare le aree che mostrano i trend più problematici in relazione alla diffusione insediativa. Indicatori e indice sono stati applicati sulla superficie totale del comune di Brindisi e di Bari (a livello di circoscrizione), in un arco temporale compreso tra il 2001 e 2010.

### **Metodologia**

Sono state scelte come aree di studio, i comuni di Bari e Brindisi, per la disponibilità dei dati cartografici e statistici. Il comune di Bari si estende su una superficie di 116,23 kmq con una popolazione al 2010 di 320.023 unità. La città, prima in Puglia, terza nel Mezzogiorno (fonte ISTAT) per numero di abitanti, è suddivisa amministrativamente in 9 circoscrizioni.

Il comune di Brindisi invece, si estende su una superficie di 328,46 kmq con una popolazione al 2010 di 89.695 abitanti. I dati demografici sono stati forniti, per il comune di Bari dall'ufficio statistico del comune, mentre quelli del comune di Brindisi sono stati forniti dall'ISTAT.

Lo studio implica l'uso di una varietà di dati provenienti da fonti eterogenee. Per superare queste difficoltà si sono applicate metodologie GIS. Come base cartografica sono state utilizzate CTR 1:5000 del 2008 (Fonte: Regione Puglia). I dati telerilevati utilizzati sono i dati MIVIS (figura 1).



*Figura 1 – Mosaico voli MIVIS 2009 sul Comune di Bari.*

Le riprese MIVIS utilizzate sono effettuate nel 2004 ad una quota di volo di 2500 metri con una risoluzione del pixel di 5x5 m., mentre nel 2009 la quota di volo è di 1500 metri con una risoluzione del pixel di 3x3 metri.

In base alle informazioni disponibili sono stati selezionati ed elaborati i seguenti indicatori ambientali:

- crescita demografica, percentuale di aumento della popolazione in un arco temporale dal 2001 al 2010.
- densità popolazione, abitanti per kmq di superficie comunale.
- superficie urbanizzata, mq di aree urbanizzate. Si considerano urbanizzate tutte le superfici costruite come - tetti, marciapiedi, strade e parcheggi - coperti con materiali impermeabili, come asfalto, cemento, mattoni e pietra.
- indice di urbanizzazione, percentuale di superficie urbanizzata sul totale della superficie territoriale di un'area.
- indice di Nelson, modificato consiste nel misurare la variazione percentuale in un arco temporale della densità di residenti per unità di superficie urbanizzata. L'indice di Nelson (1995) è stato modificato da Kline (2000)
- perdita di aree agricole, indica la percentuale di superfici agricole perse a favore di aree urbanizzate.

Gli indicatori sono stati calcolati per l'intera area comunale di Brindisi, mentre per il territorio di Bari sono stati calcolati per ognuna delle 9 circoscrizioni che compongono il territorio comunale.

### Procedure

La prima operazione effettuata, attraverso il software ENVI 4.7, è stata quella di adattare la risoluzione del pixel dei dati del 2004 a quelli del 2009.

I dati hanno subito un pre-processamento, una calibrazione radiometrica e una georeferenziazione, al fine di rendere più agevole l'estrazione delle informazioni contenute nell'immagine e il loro inserimento in ambiente GIS. Successivamente, per mettere in risalto i cambiamenti evidenziati nell'uso di suolo, sono state utilizzate differenti tecniche di elaborazione delle immagini MIVIS:

- calcolo dell'indice di vegetazione NDVI;
- analisi termica;
- classificazione *supervised SAM*.

Il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Gong Dao-Yi, Shi Pei-Jun, 2003, Bannari et al., 1995; Christensen, Goudriaan, 1993; Goward et al., 1991), è uno degli indici di vegetazione più studiati ed applicati alle immagini telerilevate. Questo indice è basato sulla differenza normalizzata dei valori di riflettività ( $\rho$ ) nelle bande dell'Infrarosso Vicino (NIR) e del Rosso (R). L'NDVI è definito come il rapporto tra la differenza e la somma di due bande, rispettivamente il NIR e il R. Questo rapporto normalizzato fornisce valori numerici adimensionali compresi tra  $-1$  e  $+1$ .

Dalle elaborazione dell'NDVI dei dati MIVIS in nostro possesso si nota che le aree urbanizzate, in colore bianco, sono comprese tra i valori di  $-0.3868$  e  $0.0060$  (figura 2).

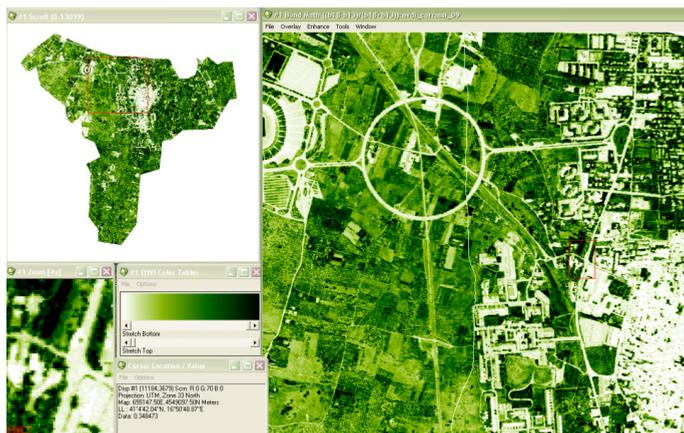


Figura 2 – NDVI, in scala di colore.

Le bande dell’Infrarosso Termico (TIR, *Thermal InfraRed*) (Carlson et al., 1994) sono adatte alla misura delle temperature delle superfici e permettono di estrarre informazioni di tipo statistico sulla temperatura emessa dai corpi. Il risultato finale, che nel primo *output* è una rappresentazione in scala di grigio, è enfatizzato attraverso la tecnica del “*density slicing*”, in base alla quale le differenze di temperature sono indicate con differenti colori (in rosso le temperature più elevate). Le temperature più calde corrispondono alle aree urbanizzate (figura 3)

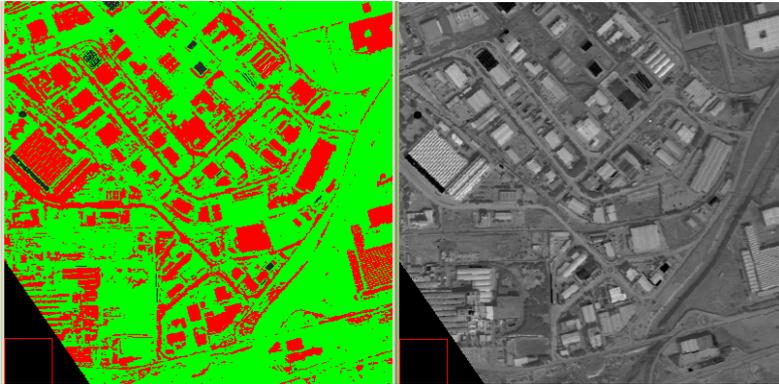


Figura 3 – Bari particolare zona industriale, volo MIVIS 2009, Analisi del canale termico ch. 94 (a destra) visualizzato in gradienti di temperatura (a sinistra).

La *Spectral Angle Mapper* (SAM) (Gomasca, 2006; Kruse et al., 1993; Guyot, 1989), utilizzata in questo lavoro, è una classificazione assistita (*supervised*) che utilizza un algoritmo che opera attraverso il riconoscimento spettrale basato sul confronto angolare tra i vettori rappresentanti la proiezione spettrale della classe di riferimento (*target*) e i *pixel* da classificare. Sono state effettuate classificazioni, su entrambe le aree di studio, inizialmente a 3 classi fino ad arrivare 11 classi (figura 4).

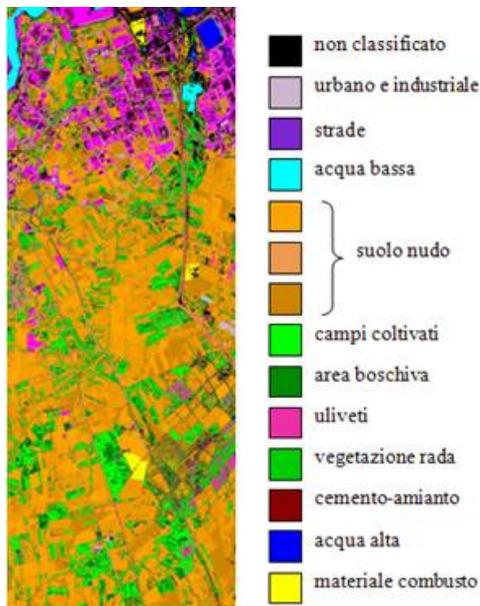


Figura 4 – Brindisi, volo MIVIS 2004, Classificazione SAM.

Le elaborazioni effettuate sono state esportate in raster ed in formato vettoriale e inserite in ambiente GIS, dove sono state quantificate e valutate. I dati quantificati estratti dalle elaborazioni MIVIS unite ai dati comunali dei “censimenti della popolazione” e i dati estratti dalla carta di “Uso di suolo” della Regione Puglia, sono stati utilizzati per generare gli indicatori selezionati.

Le analisi qualitative sono state effettuate attraverso la fotointerpretazione delle immagini raster ottenute dalle differenti tecniche di elaborazione dei dati telerilevati sopra descritti.

### **Risultati e conclusioni**

I risultati mostrano una crescita demografica negativa in entrambi i comuni, con una conseguente diminuzione della densità. Mentre nel comune di Brindisi questa è solo di poche unità, nel comune di Bari risulta essere di 41.500 abitanti.

Per contro, nell’arco temporale che va dal 2004 al 2009 dall’elaborazione dei dati temporali, la superficie urbanizzata è risultata in aumento. Il maggiore consumo di suolo risulta essere impiegato principalmente per le infrastrutture e le aree industriali e commerciali a discapito delle aree agricole (figura 5).



*Figura 5 – Bari, volo MIVIS 2009 (sinistra) e 2004 (destra,) espansione urbana tra il 2004 e il 2009.*

Risulta inoltre che il rapporto tra la variazione percentuale della densità di residenti per unità di superficie urbanizzata nel periodo interessato, è diminuito. Una sua diminuzione dipende, nel nostro caso, da un decremento della popolazione non compensato da una corrispondente diminuzione del tessuto urbanizzato.

Le principali direttrici di espansione urbana del Comune di Bari si attestano lungo il settore est. Principalmente le espansioni urbane sono avvenute lungo i principali assi stradali ed a completamento dei vuoti lasciati dalle precedenti espansioni. Mentre nel Comune di Brindisi le espansioni urbane sono principalmente di completamento dei vuoti lasciati dalle precedenti espansioni.

L'applicazione degli indicatori utilizzati in questo lavoro ha consentito di caratterizzare lo sviluppo insediativo, i conseguenti impatti sul consumo di aree agricole e di individuare le aree della città di Bari dove la diffusione insediativa si è manifestata in modo più evidente. Nel progetto GIS vengono invece visualizzati i risultati dai singoli indicatori.

Questo lavoro, rappresenta solo la fase iniziale del monitoraggio approfondito delle variazioni spazio-temporali della città di Bari e di Brindisi. Il lavoro proseguirà con uno studio più dettagliato del territorio comunale di Brindisi e con una valutazione pesata degli indicatori interessati.

## Bibliografia

- Bannari A., Morin D., Bonin F. (1995), "A review of vegetation Indices", *Remote Sensing*, 13, pp. 95-120.
- Carlson T.N., Gillies R.R., Perry E.M. (1994), "A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover", *Remote sensing Reviews*, 9:161-173
- Christensen S., Goudriaan J. (1993) "Deriving light interception and biomass from spectral reflectance ratio", *Remote Sensing of Environment*, 43, pp.87-95..
- Dall'Olio N., Cavallo M. C. (2009), "Dinamiche di consumo di suolo agricolo nella pianura parmense tra il 1881 e il 2006. I dati e gli impatti sul sistema agro-alimentare", Servizio Agricoltura e Sviluppo Economico, Provincia di Parma. Tipografie Riunite Donati, Parma.
- E. Peccol, P. Bonfanti, (2009) "Indicatori per l'analisi della diffusione insediativa nel territorio rurale: un'applicazione ai sistemi territoriali udinesi e pordenonese", IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto, 12-16 settembre 2009, memoria n. 6-6
- Gomasasca M.A. (2006), *Elementi di Geomatica*. Associazione Italiana di Telerilevamento.
- Gong Dao-Yi and Shi Pei-Jun (2003), "Northern hemispheric NDVI variations associated with large-scale climate indices in spring", *International Journal of Remote Sensing*, 24, pp. 2559-2566
- Goward S.N., Markham B., Dye D.G., Dulaney W., Yang J. (1991), "Normalized Difference Vegetation Index Measurement from Advanced Very High Resolution Radiometer", *Remote Sensing of Environment*, 35, pp. 257-277
- Guyot G. (1989), "Signatures spectrales des superface naturelles", *Teledetection satellitaire*, 5, Paradigme, Caen, France.
- Haase, D., Nuissl, H. (2007), "Does urban sprawl drive changes in the water balance and policy? The case of Leipzig (Germany)", pag. 1870–2003, *Landscape and Urban Planning* 80 (1), 1–13.
- Heimlich R. E., Anderson W. D. (2001) "Development at the Urban Fringe and Beyond: Impacts on Agriculture and Rural Land", Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Economic Report No. 803.pp. 88.
- Kruse F.A., Lefkof A.B., Boardman J.W., Heidebrech K.B., Shapiro A.T., Barloon J.P., Goetz A.F.H. (1993), "The spectral image processing system (SIPS). Interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data", *Remote Sensing of Environment*, 44, pp. 145-163, 1993.
- Kline J. D. (2000), "Comparing states with and without growth management analysis based on indicators with policy implications comment", *Land Use Policy*, (17) pp.349 - 355
- Nicola Martinelli, Maria Raffaella Lamacchia, Marianna Simone, "Politiche urbane e governo del territorio: elementi di persistenza e discontinuità in tre governi per la città di Bari", [www.inu.it/attivita\\_inu/download/V\\_Giornata\\_INU\\_CM/Relazioni/II\\_sessione-Politiche\\_urbane/Martinelli-Lamacchia-Simone.pdf](http://www.inu.it/attivita_inu/download/V_Giornata_INU_CM/Relazioni/II_sessione-Politiche_urbane/Martinelli-Lamacchia-Simone.pdf)
- Steinnocher K., Gangkoferen U., Hoffmann C., Kostl M., Petrini-Monteferri P. e Totzer T. (2005), "Spatial planning indicators – the geoland approach", CORP 2005 & Geomultimedia 05 Proceedings 10th International Conference on Information & Communication Technologies (ICT) in Urban Planning and Spatial Development and Impacts of ICT on Physical Space.