

VALUTAZIONE DELLE DINAMICHE EVOLUTIVE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI NELLE AREE COSTIERE PUGLIESI

A. Arcidiacono, S. Ronchi, S. Salata

Ecosystem service change analysis over coastal areas of Apulia Region

In Italy, the sealing process over coastal areas is a documented phenomenon: the 19,4% of soils between 0 and 300 meters from sea are already sealed, and the 16% are sealed too in a distance that range from 300 and 1.000 meters. The environmental effects of such phenomenon are poorly explored, due to extended land use substitution. The biodiversity loss over coastal areas is one of the major issues for sustainability of urban development process. The paper aims to explore the qualitative effects of sealing process using ecosystem service changes as a key driver for environmental assessment.

Parole chiave: servizi ecosistemici costieri, consumo di suolo, valutazione ambientale, monitoraggio.

Key words: coastal ecosystem services, land take, environmental assessment, monitoring.

Introduzione

Il “sistema naturale” è inteso come l’insieme degli usi del suolo non affetti da processi di antropizzazione (con riferimento alla classificazione degli usi *Corine Land Cover*), incluse le aree verdi urbane definibili biologicamente attive e non interessate da processi di impermeabilizzazione, urbanizzazione o compromissione definitiva delle capacità biologiche naturali. Il suolo fornisce servizi ecosistemici (SE) fondamentali (Ehrlich e Ehrlich, 1981) che, secondo le definizioni scientifiche più recenti legate a una visione fortemente antropocentrica del sistema naturale, contribuiscono, direttamente o indirettamente, al benessere umano. I SE contribuiscono, infatti, al miglioramento della qualità della vita dell’intero genere umano (Daily, 1997) includendo servizi di approvvigionamento, di regolazione, di supporto e di carattere culturale (Costanza et al., 1997). Il valore sociale delle funzioni espresse dalla natura è un concetto che ha origine negli anni ‘60 (King, 1966; Helliwell, 1969); nelle decadi successive (anni ‘70 e ‘80) la relazione tra valore ambientale, sociale ed economico delle risorse naturali viene posta all’attenzione pubblica per la necessità di tutelare e conservare la biodiversità (Westman, 1977; De Groot, 1987); infine negli anni ‘90 la relazione tra i SE e lo sviluppo sostenibile del territorio ha assunto un ruolo centrale nel dibattito pubblico e nella ricerca scientifica (Costanza et al., 1997). Alcuni recenti programmi di ricerca internazionali, primo tra tutti il Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), hanno ulteriormente rafforzato e consolidato il legame tra SE e benessere collettivo, rivolgendo l’attenzione alla valorizzazione e conservazione non solo degli effetti ambientali derivanti da una corretta gestione della natura e del suolo, ma anche a quelli sociali ed economici.

In questo quadro, la dimensione ambientale legata ai processi di sostenibilità nell’utilizzo delle risorse finite e rinnovabili è diventata sempre più rilevante; da ciò deriva l’attuale necessità di classificare, mappare e valutare i SE

con l’obiettivo di integrare la consapevolezza del loro valore complessivo (ambientale, sociale ed economico) nei processi di pianificazione e programmazione.

Il recente Rapporto 2015 sul consumo di suolo in Italia realizzato da ISPRA (Munafò et al., 2015) ha messo in luce uno dei fenomeni ambientalmente e paesaggisticamente più impattanti dovuto ai continui processi di urbanizzazione: l’impermeabilizzazione e la massiccia occupazione da parte di insediamenti e infrastrutture della fascia costiera italiana (pari a oltre 500 Km²). Nel Rapporto si documenta un livello di impermeabilizzazione di oltre il 19% del suolo compreso tra 0 e 300 m di distanza dalla costa e quasi il 16% compreso tra i 300 e i 1.000 m. Tale fenomeno, oltre ad aumentare evidentemente la vulnerabilità dell’ambito costiero rispetto a fenomeni di dissesto idrogeologico e di erosione nelle aree di sfocio naturale dei fiumi (dove peraltro servirebbe la massima attenzione al mantenimento del naturale regime idrologico), ha determinato, e sta determinando, il depauperamento di notevoli beni paesaggistici e di SE cruciali per il sostentamento e il benessere dei cittadini.

Processi di consumo di suolo e impermeabilizzazione nell’area costiera pugliese

La conoscenza qualitativa delle dinamiche d’uso del suolo

Alcuni recenti contributi in letteratura scientifica si concentrano sulla elevata vulnerabilità dei paesaggi mediterranei interessati da processi di consumo di suolo avvenuto, per lo più all’interno di aree in cui le pressioni edificatorie si sono dimostrate particolarmente intense per ragioni pedologico/climatiche (Salvati et al., 2014). In tali aree, il mantenimento dei SE è considerato uno dei punti fondamentali per il bilanciamento delle dinamiche naturali e antropiche, e per garantirne l’equilibrio omeostatico, inteso come capacità di un ecosistema di mantenere una stabilità dinamica, determinata, da un lato, dalla capacità di resistenza a un evento perturbante e, dall’altro, dalla resilienza, ovvero dalla attitudine a ripristinare lo stato originario

(Levin, 1998).

Il processo di impermeabilizzazione del suolo è per definizione irreversibile. Quando questo avviene nelle aree costiere il fenomeno alterativo diviene irrimediabile e, oltre al tema prioritario della sicurezza idrogeologica, si determina anche una emergenza legata alla perdita di benessere sociale. Il mantenimento di un buon equilibrio nella gestione delle variazioni d'uso del suolo nelle fasce costiere implica in particolare un'attenzione specifica ai seguenti SE:

- servizi di fornitura, ovvero produzione di cibo, materie prime, energia elettrica;
- servizi di regolazione biologica, climatica, atmosferica, idrologica;
- servizi di supporto quali il ciclo di nutrienti, ovvero il mantenimento, la conservazione e il rinnovo degli stock di sali nutritivi dei mari, biodiversità e conservazione ambientale;
- servizi culturali e ricreativi, quali turismo, attività sportive e fruibili.

Tenuto conto che l'Italia ha una estensione delle aree costiere marine pari a 7.375 km, risulta essenziale effettuare una valutazione accurata degli effetti ambientali derivanti da processi di consumo e di impermeabilizzazione dei suoli in ambiti costieri e marini ([UNEP-WCMC, 2011](#)).

Il presente contributo intende presentare una possibile metodologia applicativa per la mappatura e la stima della variazione qualitativa riferita alla funzione di *Habitat Quality* (HQ) utilizzata come proxy per la valutazione dei SE di supporto, in particolare biodiversità e conservazione. Nel dettaglio sono stati mappati e valutati i SE erogati all'interno di ambiti di costa, assoggettati a importanti dinamiche di consumo di suolo. La valutazione è stata effettuata sulla base di una lettura delle variazioni intercorse; una metodologia di indagine finora scarsamente utilizzata e limitata rispetto alle possibili modalità di valutazione esistenti per i SE di tipo terrestre.

L'area di studio

L'area di studio che è stata selezionata è quella della fascia costiera della regione Puglia, proprio in considerazione dell'intensità delle dinamiche di consumo di suolo avvenute negli ultimi decenni. Dal 1988 al 2011 sono stati trasformati circa 80 km di costa; ad oggi circa il 56% della costa pugliese ha subito processi di antropizzazione ([Legambiente, 2015](#)). Nel Rapporto 2015 di ISPRA viene evidenziato come lungo le fasce costiere i valori percentuali di suolo consumato tendano a crescere avvicinandosi al litorale. La regione Puglia conferma ampiamente tale tendenza, con circa il 25% di suolo consumato all'interno dei 300 m dalla linea di costa. Inoltre, tale quota si riduce al 18% tra i 300 e i 1.000 m, e diventa pari all'8% tra i 1 e 10 km, con una riduzione fino a circa il 5% oltre i 10 km.

L'indagine è riferita ai 69 comuni costieri della Regione, per

una superficie territoriale complessiva pari a 6.135 km²; pari al 31,4% dell'intera superficie regionale. La selezione ha riguardato esclusivamente i comuni costieri, cioè quelli aventi affaccio diretto al mare.

L'analisi preliminare dei dati di uso/copertura del suolo è stata realizzata attraverso la verifica e restituzione di due indicatori. Il primo (di pressione) riguarda l'entità del consumo di suolo ottenuto considerando, in maniera aggregata, le classi di secondo livello dei repertori di uso del suolo regionale riferiti alle aree antropizzate. L'entità del consumo di suolo è stata calcolata nell'intervallo di tempo 2006-2011, come variazione differenziale assoluta (in ettari) delle superfici antropizzate; tale valore è stato riportato anche in termini percentuali (incremento percentuale delle superfici antropizzate). Il secondo indicatore (di stato) è costituito dall'indice di impermeabilizzazione, inteso come superficie dove il processo di infiltrazione dell'acqua è inibito da coperture del suolo artificiali al 100%. Esso rappresenta il grado di impermeabilizzazione del suolo, calcolato utilizzando la banca dati elaborata da ISPRA: [Copernicus High Resolution Layer – Imperviousness Degree](#) riferita all'anno 2012¹.

Tale indice mette in relazione la superficie impermeabile di ciascun Comune con l'estensione superficiale del Comune stesso mediante la seguente formula.

$$II = \frac{Ai}{Ac} * 100$$

Dove:

Ai= estensione areale delle aree impermeabili a livello comunale (m²)

Ac= superficie comunale (m²)

I valori ottenuti sono poi stati riportati in termini percentuali.

L'analisi, estesa al territorio oggetto dello studio, è stata sintetizzata in una tabella comunale dove si riportano gli indicatori estrapolati (Tabella I).

Considerando che l'analisi del processo di antropizzazione ha riguardato un arco temporale piuttosto limitato (2006 - 2011), la variazione d'uso del suolo, sia in termini assoluti che di incremento percentuale, appare comunque significativa, registrando dinamiche importanti.

Si registra una significativa velocità dei processi di antropizzazione rilevati che sembra concentrarsi prevalentemente nei comuni costieri di pianura (Puglia Centrale, Piana Brindisina), cioè in quei comuni che presentano un retroterra ancora particolarmente adatto alle pratiche agricole.

Complessivamente nei comuni costieri pugliesi (costituenti il 31% del territorio regionale) sono stati trasformati per usi antropici suoli pari a 3.250 ha; circa il 34% del consumo di suolo complessivamente registrato nella Regione (perciò è riscontrabile un fenomeno di concentrazione nelle aree costiere), con un tasso di variazione medio delle superfici antropizzate pari al 4,9%, leggermente inferiore a quello

NOME	Area (ha)	Impermeabilizzazione (%)	Consumo di suolo (ha)	Variazione consumo di suolo (%)	NOME	Area (ha)	Impermeabilizzazione (%)	Consumo di suolo (ha)	Variazione consumo di suolo (%)
Cagnano Varano	16.557,37	0,98	-9,63	-2,13	Fasano	13.029,89	8,8	84,1	4,22
Chieuti	6.112,29	1,46	8,48	4,02	Ostuni	22.293,89	3,65	43,24	1,92
Ischitella	8.479,58	1,46	-4,7	-1,6	San Pietro Vernotico	4.634,59	6,77	101,04	22,84
Lesina	15.905,78	1,65	32,27	5,37	Torchiarolo	3.192,45	5,88	35,46	10,7
Manfredonia	35.176,79	2,8	28,72	1,37	Alessano	2.830,33	6,84	36,64	9,7
Mattinata	7.287,13	1,34	19,28	6,09	Alliste	2.322,31	7,49	16,49	5,39
Monte Sant'Angelo	24.316,18	1,2	35,08	5,9	Andrano	1.549,78	7,59	3,38	1,44
Peschici	4.898,69	2,89	15,72	4,86	Castrignano del Capo	2.048,59	9,92	12,31	3,27
Rodi Garganico	1.334,16	8,08	15,33	8,01	Corsano	899,55	14	1,08	0,65
San Nicandro Garganico	17.210,09	1,26	17,26	3,41	Diso	1.126,78	9,75	3,12	1,5
Serracapriola	14.242,63	0,69	6,75	2,48	Gagliano del Capo	1.637,11	10,83	1,39	0,5
Vico del Gargano	11.018,71	1,6	13,47	4,26	Galatone	4.646,08	7,3	46,35	4,37
Vieste	16.777,63	1,85	34,99	4,12	Gallipoli	4.068,85	10,08	8,46	0,97
Zapponeta	4.141,13	1,09	12,55	10,33	Lecce	23.788,52	8,93	149,85	3,19
Bari	11.623,14	41,7	215,62	3,8	Melendugno	9.106,19	4,22	35,34	4,37
Giovinazzo	4.385,59	8,62	33,31	7,25	Morciano di Leuca	1.338,40	11,03	10,07	4,69
Mola di Bari	5.040,35	7,26	33,4	5,86	Nardò	19.082,03	4,36	197,14	8,9
Molfetta	5.841,63	15,43	108,44	11,47	Otranto	7.613,40	2,43	33,2	6,65
Monopoli	15.609,05	7,02	116,35	6,62	Patù	857,12	9,07	0,61	0,52
Noicattaro	4.037,06	10,06	29,77	5,87	Racale	2.397,25	13,14	31,02	6,21
Polignano a Mare	6.240,59	7,2	52,09	7,65	Salve	3.262,65	7,53	17,39	4,64
Triggiano	1.993,21	13,48	23,55	7,64	Santa Cesarea Terme	2.645,52	5,11	18,34	8,02
Castellaneta	23.981,89	1,9	45	3,12	Taviano	2.184,39	14,76	19,75	4,04
Ginosa	18.659,55	2,82	91,41	8,53	Tiggiano	760,55	10,13	5,2	3,59
Leporano	1.514,13	22,67	15,62	3,03	Tricase	4.273,99	9,69	18,07	2,56
Lizzano	4.663,29	6,54	24,07	5,09	Ugento	9.907,07	4,7	96,87	11,09
Manduria	17.825,53	5,87	34,48	1,68	Vernole	6.045,65	3,07	1,36	0,23
Maruggio	4.849,16	4,72	14,4	2,71	Castro	450,11	14,44	0,35	0,33
Massafra	12.661,69	5,62	-2,75	-0,25	Porto Cesareo	3.468,10	12,04	10,47	1,22
Palagianò	6.922,45	4,97	33,05	7,21	Barletta	14.805,36	8,32	109,15	6,74
Pulsano	1.806,16	18,92	13,76	2,62	Bisceglie	6.860,25	11,47	60,07	5,59
Taranto	24.706,34	22,35	68,12	1,11	Margherita di Savoia	3.539,50	11,13	5,13	1,4
Torricella	2.661,19	5,97	20,23	5,14	Trani	10.247,51	8,75	149,83	10,01
Brindisi	32.888,97	6,68	599,62	13,51	Trinitapoli	14.752,23	2,17	22,85	4,3
Carovigno	10.534,67	4,04	70,69	6,57					

Tabella 1. Consumo di suolo e impermeabilizzazione nei comuni costieri pugliesi (Fonte: elaborazione degli Autori).

registrato complessivamente a livello regionale. Anche i dati riferiti all'impermeabilizzazione comunale, pur non essendo omogenei e comparabili con le soglie temporali utilizzate per la misurazione del consumo di suolo, mostrano un livello medio di superfici impermeabilizzate nei comuni costieri di oltre l'8%; con situazioni di particolare criticità, dove la percentuale di impermeabilizzazione si avvicina o supera il 20% (Molfetta, Leporano, Pulsano, Taranto, Bari). Tenuto conto dell'ampiezza delle superfici comu-

nali nella Regione tale livello di impermeabilizzazione del suolo è particolarmente significativo nel determinare uno degli effetti più importanti dovuti ai processi di antropizzazione, ovvero la preclusione, in via definitiva, allo svolgimento delle funzioni biofisiche del suolo. I paesaggi dove gli incrementi di superfici antropizzate appaiono più rilevanti, con altrettanti effetti significativi sull'impermeabilizzazione dei suoli, risultano quelli della Puglia centrale e della campagna brindisina, del Salento e del tavoliere salentino.

Per quanto i dati generali sembrano indicare che la distribuzione del consumo di suolo in Puglia sia avvenuta in maniera importante anche al di fuori dei comuni di costa, va evidenziato tuttavia che nei comuni costieri parti significative del territorio sono specificamente protette da vincoli paesaggistici e ambientali (D.lgs. 42/04), determinando di fatto una effettiva riduzione dei suoli realmente trasformabili a fronte di pressioni edificatorie elevate per motivazioni turistiche (seconde case), talvolta anche di carattere abusivo.

In tal senso è opportuno integrare l'analisi quantitativa con una attenta analisi qualitativa dei suoli antropizzati e impermeabilizzati, riferita alle funzioni ecosistemiche, al fine di verificare se, pur a fronte di incrementi delle superfici antropizzate nella media regionale, gli effetti ambientali in questi contesti con elevata qualità naturalistica abbiano impatti particolarmente significativi.

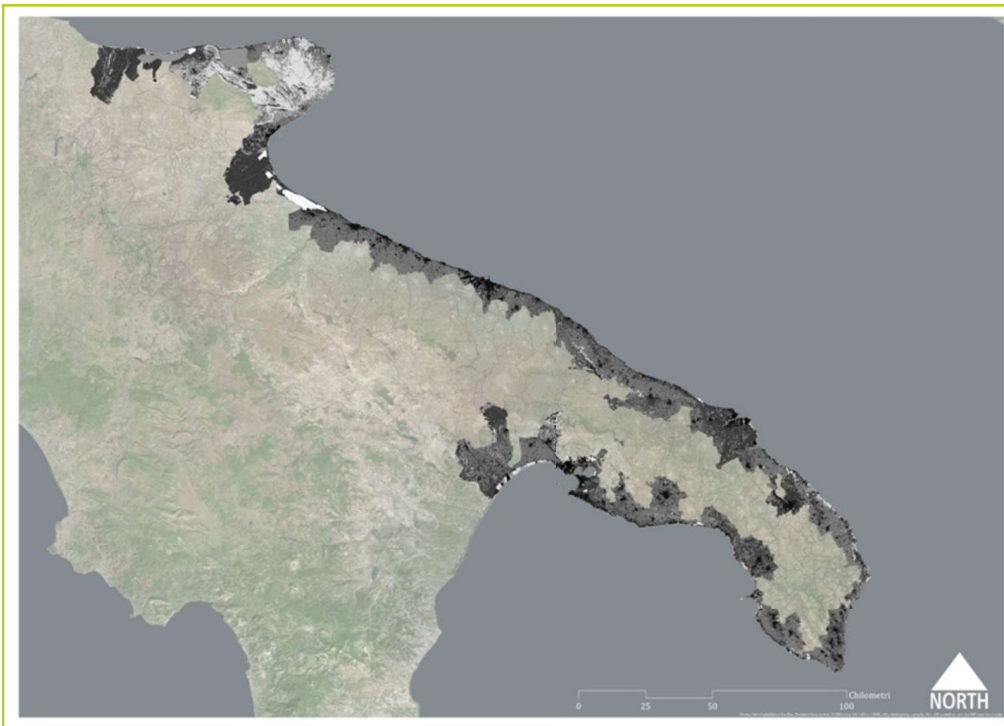


Figura 1. Visualizzazione dell'Habitat Quality nella soglia temporale 2011. In bianco: elevata qualità; in nero bassa qualità (Fonte: elaborazione degli Autori).

Valutazione dell'Habitat Quality

Metodologia di elaborazione dell'Habitat Quality

Al fine di realizzare una valutazione qualitativa degli effetti ambientali determinati dalle variazioni d'uso del suolo in aree sensibili (aree costiere) è stato avviato uno studio relativo alla perdita di valore ecosistemico complessivo legato alle variazioni di copertura del suolo, considerando differenti soglie temporali.

Lo studio si avvale di dati riferiti alla lettura comparativa di indici di qualità ecosistemica relativi ai repertori cartografici esistenti d'uso/copertura del suolo, utilizzati per l'analisi quantitativa del consumo di suolo. A tali repertori cartografici è stata associata, attraverso l'utilizzo del software [InVEST](#) (*Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs*), una valutazione ambientale del servizio ecosistemico considerato. InVEST permette, infatti, di stimare la quantità e il valore dei servizi forniti dagli ecosistemi allo stato attuale e con riferimento a scenari futuri (Sharp et al., 2014) attraverso l'utilizzo di una cartografia di dettaglio degli usi

del suolo (*Land Use and Land Cover – LULC*) su più soglie temporali, con la possibilità di verifica delle variazioni intervenute e di ipotesi valutative per gli scenari futuri (Keller et al., 2015). L'output del modello viene espresso sotto forma di repertori cartografici di dettaglio (*mapping*), quantificazioni biofisiche (*assessment*) e integrazioni econometriche (*economic evaluation*). L'analisi effettuata è riferita all'output di tipo biofisico restituito attraverso rappresentazioni dei valori della qualità ecosistemica associata agli usi del suolo

della Regione, caratterizzati dalla spazializzazione in celle di 30 m per 30 m della qualità complessiva degli habitat. Il software consente cioè di mappare i SE a differenti scale, impostando *dataset* funzionali e scalabili al grado di dettaglio necessario. A tale potenzialità di "scalabilità" rispetto al grado di precisione che si intende perseguire è corrisposto un lavoro di co-

struzione dei repertori necessari a creare il *dataset* di input richiesto per il funzionamento del software.

Il modello richiede quattro input principali che sono di seguito riportati. Ad essi sono stati associati dei valori, mediante delle tabelle in formato .csv, che hanno consentito l'applicazione della funzione di qualità biofisica a ogni pixel mappato.

1) Mappatura degli usi/coperture del suolo (Land Use/Land Cover - LULC). È stato utilizzato il Repertorio regionale di Destinazione d'Uso dei Suoli per gli anni 2006 e 2011 alla scala di 1:10.000. La carta è stata rasterizzata con risoluzione di 30x30 m.

2) Elementi di minaccia agli ecosistemi, costituiti da una selezione di poligoni, che rappresentano elementi di disturbo attivo o passivo per gli habitat. Ad ogni elemento va associato:

- la massima distanza a cui l'elemento interferisce sull'HQ, espressa in chilometri;

- il peso che l'elemento di minaccia può avere rispetto agli habitat, espresso in valori tra 1 (elevato impatto) e 0 (impatto nullo);
- il fattore di decadimento, inteso come la funzione che il software utilizza per "pesare" il degrado rispetto all'approssimarsi della minaccia all'habitat (la distribuzione del fattore di decadimento può essere lineare o potenziale);
- la mappatura delle minacce, ovvero i poligoni che costituiscono i fattori di minaccia.

La tabella .csv associata ai fattori di minaccia è stata realizzata sulla base di un'indagine specifica della letteratura scientifica menzionata e suggerita nella *User's guide* di InVEST (Sharp et al., 2014) ed è la seguente:

3) Accessibilità degli habitat alle potenziali fonti di degrado. L'accessibilità è costituita da un valore pari a 1 per gli areali "pienamente accessibili" ai fattori di minaccia, e tendente a 0 per gli areali assoggettati a vincoli di elevata tutela. Per tale *dataset* di input sono stati considerati i vincoli di carattere ambientale di livello comunitario, nazionale, regionale e locale, assegnando pesi differenziati.

4) Tipologia di habitat e sensibilità ai fattori di minaccia. È stata predisposta una tabella a doppia entrata che mette in relazioni gli usi del suolo della LULC con i fattori di minaccia. Ad ogni uso del suolo è stato associato un valore di habitat che varia da 0 a 1. Dove 1 equivale a una tipologia d'uso e copertura che presenta massime caratteristiche di qualità ecologica, e valori inferiori a scendere.

presentano una caratterizzazione qualitativa maggiore rispetto ad altri spazi aperti con carattere agricolo. Ciò significa che spesso aree agricole esterne al tessuto urbanizzato presentano valori ambientali più bassi di quelle libere interne al tessuto urbanizzato stesso. È per tale motivo che un esclusivo criterio di prossimità o di densità, spesso suggerito come soluzione preferibile nel rispondere ad esigenze urbanizzative e di limitazione del consumo di suolo nella selezione delle aree da destinare a nuove urbanizzazioni, può invece trascurare aspetti qualitativi rilevanti e determinare impatti ambientali particolarmente critici.

La costruzione dell'indicatore di pressione dell'HQ è stato elaborato comparando la variazione dell'indice comunale tra le due soglie temporali disponibili. L'indicatore riferito agli anni 2006 e 2011 è stato realizzato mediante il calcolo del valore medio ponderato dell'HQ per ogni Comune di costa.

Il procedimento di calcolo della media ponderata ha richiesto un trattamento in ambito excel dei valori statistici associati alle geometrie della qualità degli habitat. In particolare:

- la carta della qualità degli Habitat è stata vettorializzata, mantenendo il campo di valore delle geometrie;
- la carta vettorializzata è stata incrociata in ambiente GIS (funzione *overlay-intersect*) con i confini amministrativi comunali;
- è stato esportato il file .dbf relativo alle geometrie vettorializzate e creata una matrice pivot in excel.

Indicatore comunale di variazione dell'Habitat Quality

L'output cartografico generato dal modello InVEST restituisce un valore spazializzato (da 0 a 1) della qualità generale degli Habitat presenti nei comuni selezionati. Come è possibile vedere (Figura 1), la colorazione assume tinte tendenti al bianco (buona qualità) laddove gli usi del suolo, associati ai fattori di minaccia, esprimono una qualità ambientale complessiva più elevata rispetto alle aree agricole di pianura o alle aree antropizzate libere o costruite. Nell'ambito del sistema urbanizzato si possono notare differenze qualitative riferite ai differenziali di valore delle coperture urbane.

La carta evidenzia inoltre come alcuni ambiti urbani interclusi

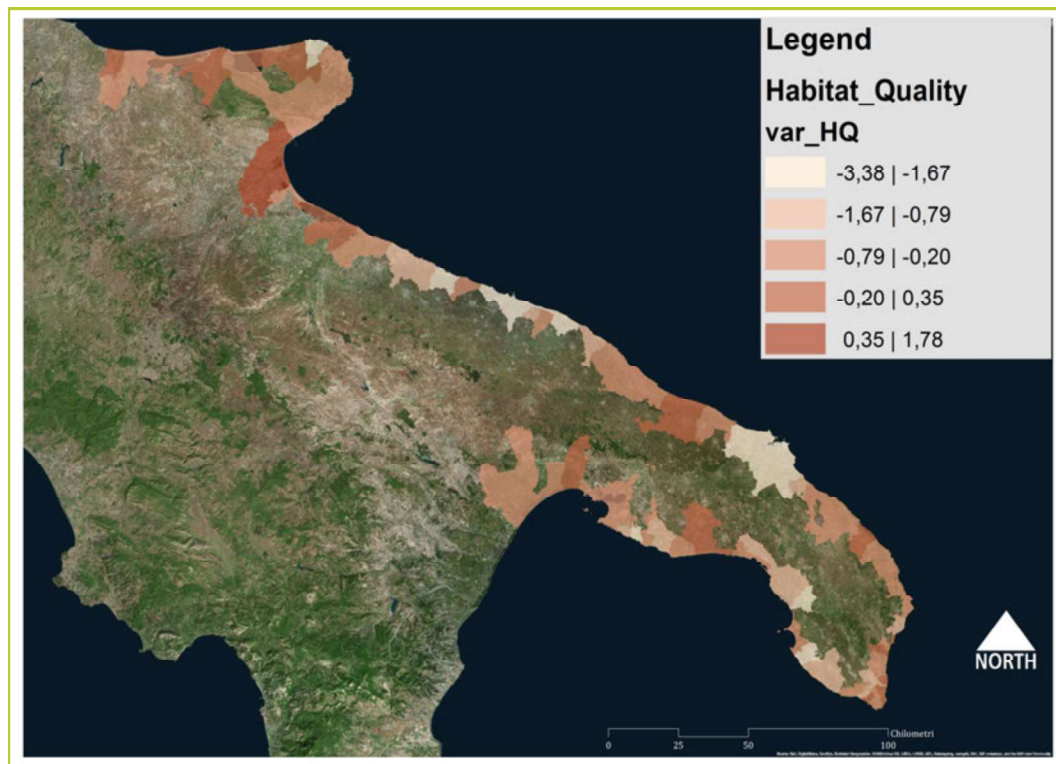


Figura 2. Distribuzione comunale dei valori di variazione dell'Habitat Quality (Fonte: elaborazione degli Autori).

NOME	var_HQ (%)	var_CDS (%)	NOME	var_HQ (%)	var_CDS (%)	NOME	var_HQ (%)	var_CDS (%)
San Pietro Vernotico	-3,39	22,84	Torchiarolo	-0,80	10,7	Porto Cesareo	-0,32	1,22
Peschici	-2,75	4,86	Monopoli	-0,75	6,62	Cagnano Varano	-0,31	-2,13
Pulsano	-2,42	2,62	Rodi Garganico	-0,67	8,01	Maruggio	-0,31	2,71
Molfetta	-2,25	11,47	Zapponeta	-0,65	10,33	Tricase	-0,26	2,56
Racale	-2,18	6,21	Serracapriola	-0,65	2,48	Castrignano del Capo	-0,25	3,27
Mola di Bari	-2,13	5,86	Fasano	-0,62	4,22	Castellaneta	-0,21	3,12
Taviano	-1,91	4,04	Carovigno	-0,56	6,57	Otranto	-0,21	6,65
Brindisi	-1,72	13,51	Salve	-0,55	4,64	Ostuni	-0,16	1,92
Bari	-1,68	3,8	Diso	-0,50	1,5	Patù	-0,13	0,52
Galatone	-1,68	4,37	Lecce	-0,49	3,19	Manduria	-0,11	1,68
Alliste	-1,42	5,39	Tiggiano	-0,48	3,59	Corsano	-0,10	0,65
Trani	-1,41	10,01	Giovinazzo	-0,47	7,25	Castro	-0,10	0,33
Triggiano	-1,28	7,64	Lesina	-0,46	5,37	Massafra	-0,01	-0,25
Lizzano	-1,25	5,09	Melendugno	-0,45	4,37	Gagliano del Capo	0,02	0,5
Torricella	-1,20	5,14	Barletta	-0,45	6,74	Vico del Gargano	0,05	4,26
Nardò	-1,14	8,9	Palagianò	-0,42	7,21	Vernole	0,07	0,23
Leporano	-1,09	3,03	Taranto	-0,38	1,11	Margherita di Savoia	0,11	1,4
Polignano a Mare	-1,03	7,65	Noicattaro	-0,36	5,87	San Nicandro Garganico	0,12	3,41
Alessano	-1,03	9,7	Monte Sant'Angelo	-0,35	5,9	Trinitapoli	0,13	4,3
Ugento	-0,99	11,09	Mattinata	-0,35	6,09	Andrano	0,18	1,44
Bisceglie	-0,95	5,59	Gallipoli	-0,35	0,97	Ischitella	0,32	-1,6
Morciano di Leuca	-0,86	4,69	Ginosa	-0,34	8,53	Chieuti	0,36	4,02
Santa Cesarea Terme	-0,83	8,02	Vieste	-0,33	4,12	Manfredonia	1,78	1,37
Totale complessivo							-0,45	6,76

Tabella 2. Variazione dell'indice di Habitat Quality comunale (Fonte: elaborazione degli Autori).

La matrice pivot calcolata in ambito excel è servita per estrarre una media ponderata dei valori di qualità degli habitat per Comune (sommatoria dei cluster moltiplicati per il loro valore omogeneo di habitat/area del Comune), mediante l'utilizzo della seguente formula:

Media ponderata dei valori di HQ =

$$= \frac{\sum_{n=1}^{\infty} (\text{mq cluster} * \text{valore di HQ})}{(\text{mq tot del comune})}$$

I livelli di variazione dell'indicatore comunale permettono di evidenziare alcune questioni rilevanti. Innanzitutto si assiste in modo evidente a un depauperamento della qualità ecosistemica complessiva nella maggior parte dei comuni pugliesi costieri. Tale impoverimento si registra con intensità che arrivano fino al -3,38% (comune di San Pietro Vernotico). Occorre considerare che si tratta di variazioni percentuali di indici, e non di valori assoluti e pertanto non

possono essere comparate direttamente con le variazioni percentuali di uso del suolo. I comuni che superano il livello di variazione di due punti percentuali negativi sono quelli di Mola di Bari, Racale, Molfetta, Pulsano e Peschici.

Negli indicatori riportati in grigio nella Tabella 2 vengono evidenziati, inoltre, alcuni comportamenti disallineati. Sono presenti, infatti, leggeri guadagni in termini di servizi ecosistemici, anche laddove sono stati registrati processi di consumo di suolo, ciò a conferma del fatto che alcuni processi di antropizzazione sono compensati da altre tipologie di conversione agli usi del suolo maggiormente redditizie sotto il profilo della qualità ecosistemica complessiva (Gagliano del Capo, Vico del Gargano, Vernole, Margherita di Savoia, San Nicandro Garganico, Trinitapoli, Andrano, Ischitella, Chieuti e Manfredonia). Al contrario si registrano flessioni della qualità ecosistemica complessiva dove invece non sono stati registrati processi di consumo di suolo (Cagnano Varano e Massafra).

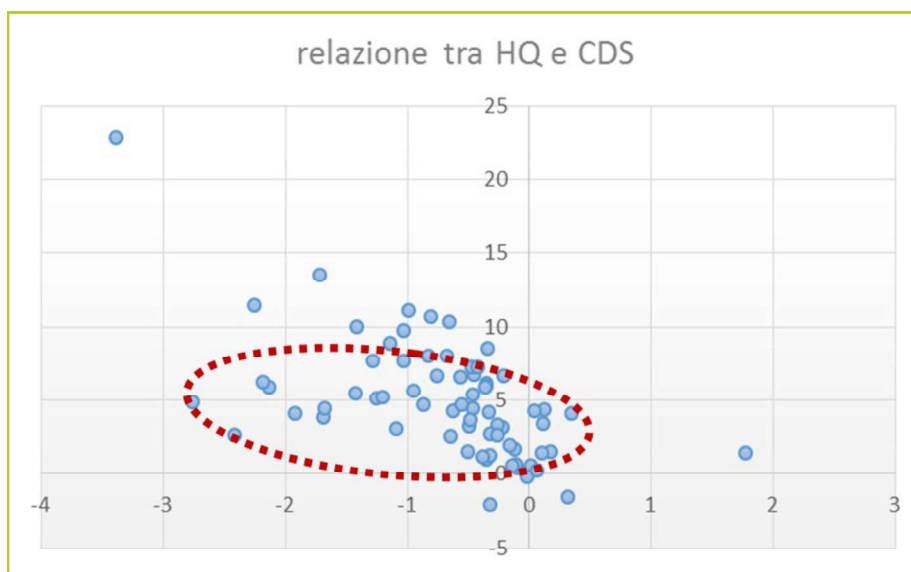


Figura 3. Relazione tra variazione dell'Habitat Quality e Consumo di suolo (Fonte: elaborazione degli Autori).

Tali indicazioni sembrano confermare che possono verificarsi possibili effetti disallineati tra fenomeni quantitativi di consumo di suolo e impatti qualitativi nella variazione delle coperture.

Come dimostra la Figura 3, pur con una tendenza inversamente proporzionale (correlazione statistica calcolata tra variabili pari a $-0,58$) che implica un progressivo abbassamento dei livelli di qualità degli habitat al progressivo aumento del consumo di suolo registrato, si nota comunque una tendenza di appiattimento nella distribuzione dei punti verso la soglia di consumo di suolo pari a incrementi del 5%. Tale soglia indica che laddove i tassi di variazione delle superfici antropizzate si sono approssimati a crescite modeste, si sono registrate tendenze importanti di depauperamento dei SE. In questo caso, l'approccio valutativo dei SE può contribuire a rendere più significativa la valutazione delle dinamiche di variazione d'uso del suolo, integrando maggiormente le analisi tradizionali con repertori di maggiore dettaglio informativo che hanno uno sguardo più ampio sulla tematica della compromissione ambientale.

Conclusioni

Nuovi approcci, strumenti e metodi di analisi e di valutazione appaiono utili e necessari per indagare e comprendere il complesso rapporto di interdipendenza tra disponibilità di risorse scarse e finite, e il loro utilizzo.

È ormai evidente come il superamento dell'approccio meramente analitico/quantitativo al tema del suolo e del suo depauperamento derivi, da un lato, dall'approfondimento qualitativo e localizzativo del fenomeno a una scala che consenta di rapportare il numero alla dinamica evolutiva in corso; dall'altro da una necessaria mappatura propedeutica alla localizzazione e qualificazione delle qualità dei suoli, sia

in ambito urbano che extraurbano.

Il lavoro di ricerca, qui in sintesi presentato, prova a fornire un primo contributo metodologico per la costruzione di banche dati utilizzabili nei processi decisionali e pianificatori, attraverso l'applicazione di un software (InVEST) particolarmente adatto a valutare la variazione di specifiche funzioni ecosistemiche connesse all'impovertimento ambientale, paesaggistico, produttivo e sociale delle aree costiere.

L'analisi ha infatti messo in luce due aspetti metodologici rilevanti: da un lato che non si verifica un costante allineamento tra dinamiche di antropizzazione e perdita associata di servizi ecosistemici; dall'altro che le perdite più rilevanti avvengono in presenza di tassi di variazione modesti. Si conferma pertanto che la quantità di suolo consumato non è sufficiente a qualificarne gli effetti ambientali

indotti.

Sotto il profilo delle possibili politiche e strategie, sembra necessario un approccio maggiormente qualitativo, che sia in grado di associare, rispetto a differenti livelli di impatto ambientale, azioni di limitazione, mitigazione o compensazione dei consumi di suolo. La fascia costiera è infatti un elemento unitario con un carattere morfologico specifico che deve essere trattato come bene paesaggistico mediante la valutazione omnicomprensiva delle funzioni ecosistemiche espresse (Ingegnoli, 1993). Tale approccio è peraltro enunciato anche a livello comunitario secondo una metodologia orientata a una pianificazione integrata delle coste (Integrated Coastal Zone Management, ICZM).

Con tale obiettivo, l'utilizzo di approcci modellistici basati sull'analisi spaziale quali-quantitativa del trend evolutivo e dello stato dei SE fornisce informazioni consistenti e rilevanti per supportare il processo decisionale e per garantire, di conseguenza, un uso sostenibile della risorsa suolo alle differenti scale territoriali.

Note

¹ Elaborazioni ISPRA sul servizio informativo [Copernicus](#) ad alta risoluzione sull'impermeabilizzazione del suolo pubblicato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente. La produzione dei dati 2012 è coordinata dall'Agenzia europea dell'ambiente (EEA) con la partecipazione degli stati membri (ISPRA in Italia).

Bibliografia

- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Suttonk P., van den Belt M., 1997. [The value of the world's ecosystem services and natural capital](#). *Nature*, 387:253-260.
- Daily G.C., 1997. *Introduction: What are Ecosystem Services?*. *Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington.
- De Groot R., 1987. *Environmental Functions as a Unifying Concept for Ecology and Economics*. *Environmentalist*, 7(2):105-109.
- Ehrlich P., Ehrlich A., 1981. *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. New York: Random House.
- Helliwell D., 1969. *Valuation of wildlife resources*. *Regional Studies*, 3(1):41-47.
- Ingenoli V., 1993. *Fondamenti di ecologia del paesaggio*. Citta studi edizioni, Torino.
- Keller A.A., Fournier E., Fox J., 2015. *Minimizing impacts of land use change on ecosystem services using multi-criteria heuristic analysis*. *Journal of Environmental Management*, 156:23-30.
- King R., 1966. *Wildlife and man*. *New York Conservationist*, 20(6):8-11.
- Legambiente, 2015. [Il consumo di suolo nelle aree costiere italiane. La costa pugliese da Marina di Chieuti a Marina di Ginosa: l'aggressione del cemento e i cambiamenti del paesaggio](#). Luglio 2015.
- Levin S.A., 1998. *Ecosystems and the Biosphere as Complex Adaptive Systems*. *Ecosystem*, 1(5):431-436.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington Dc.
- Munafò M., Assennato F., Congedo L., Luti T., Marinosci I., Monti G., Riitano N., Sallustio L., Strollo A., Tombolini I., Marchetti M., 2015. [Il consumo di suolo in Italia](#). Rapporti ISPRA 218/2015, ISPRA, Roma.
- Salvati L., Ferrara C., Ranalli F., 2014. *Changes at the Fringe: Soil Quality and Environmental Vulnerability During Intense Urban Expansion*. *Genesis and geography of soils*, 47(10):1273-1280.
- Sharp R., Chaplin-Kramer R., Wood S., Guerry A., Tallis H., Ricketts T., 2014. *InVEST User's Guide*, The Natural Capital Project, Stanford, CA.
- UNEP-WCMC, 2011. [Marine and coastal ecosystem services: Valuation methods and their practical application](#). UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 33. 46 pp.
- Westman W., 1977. *How much are nature's services worth*. *Science*, 197(4307):960-964.

Andrea ARCIDIACONO
Silvia RONCHI
Stefano SALATA

Politecnico di Milano
Dipartimento di Architettura e Studi Urbani (DASU)
Centro di Ricerca sui Consumi di Suolo (CRCS)