



**A.I.S.Re.**

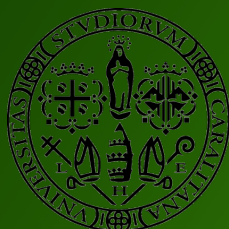
**ASSOCIAZIONE ITALIANA DI SCIENZE REGIONALI**

Sezione Italiana della Regional Science Association International

Cagliari, 20-22 settembre 2017

XXXVIII Conferenza scientifica annuale "Innovazione, sistemi urbani e crescita regionale. Nuovi percorsi di sviluppo oltre la crisi"  
Sessione organizzata "Pianificazione e progettazione integrata ecologica di territori e città tra trasformazioni e rischi"

# **I servizi ecosistemici nella Rete Natura 2000 in un contesto fortemente urbanizzato**



**DICAAR**

**Maddalena Floris, Daniela Ruggeri**

Università di Cagliari - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura

# Layout

1. I servizi offerti dagli ecosistemi: dei benefici irrinunciabili
2. Il sequestro di carbonio e la purificazione dell'acqua nel contesto della Città metropolitana di Cagliari
3. Analisi del servizio ecosistemico di sequestro di carbonio
4. Analisi del servizio ecosistemico di purificazione dell'acqua
5. Dibattito sul ruolo dei servizi ecosistemici nelle scelte pianificatorie

# 1. I servizi offerti dagli ecosistemi: dei benefici irrinunciabili

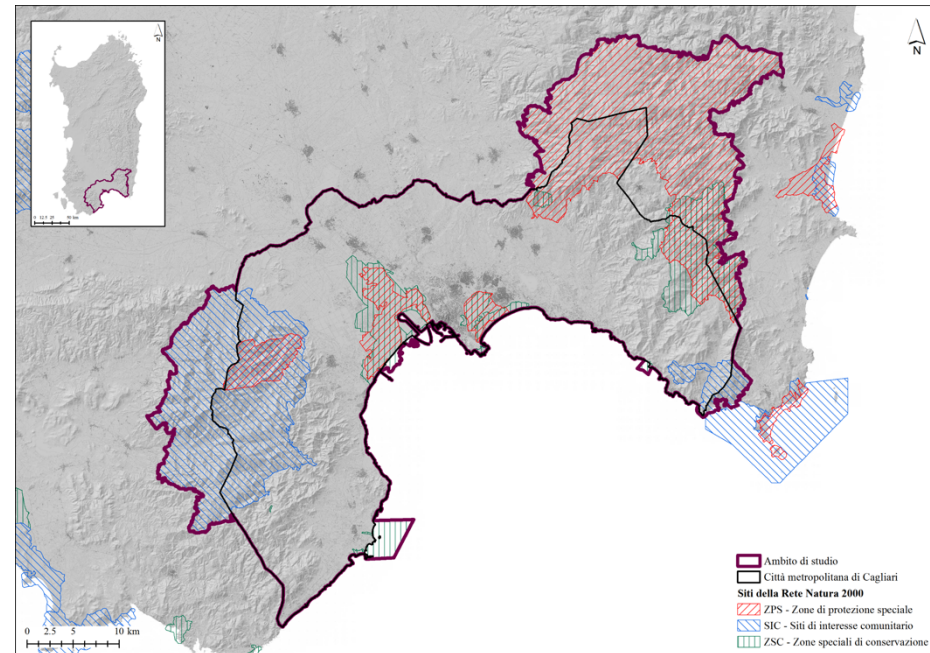
La valutazione dei benefici offerti dagli ecosistemi richiesta agli stati membri dalla Strategia dell'Unione Europea per la Biodiversità fino al 2020, attraverso l'identificazione e la valutazione dei loro servizi, benefici materiali e immateriali forniti dagli ecosistemi al genere umano, rappresenta una delle sfide della ricerca scientifica per i prossimi anni.

Il deterioramento e l'impoverimento degli ecosistemi e la conseguente perdita di SE, dovuti ai cambiamenti degli usi del suolo, fa riflettere sulla necessità di individuare strumenti di supporto alla pianificazione, in grado di valutare a priori in che misura i processi pianificatori possano incidere sull'uso del suolo. Fino ad oggi i benefici derivanti dalle risorse naturali hanno svolto un ruolo di secondo piano nei processi di governo e gestione del territorio, anche perché molte di queste funzioni e conseguenze negative delle scelte che appaiono stringenti e premianti nell'immediato non sono note.

## 2. Il sequestro di carbonio e la purificazione dell'acqua nel contesto della Città metropolitana di Cagliari

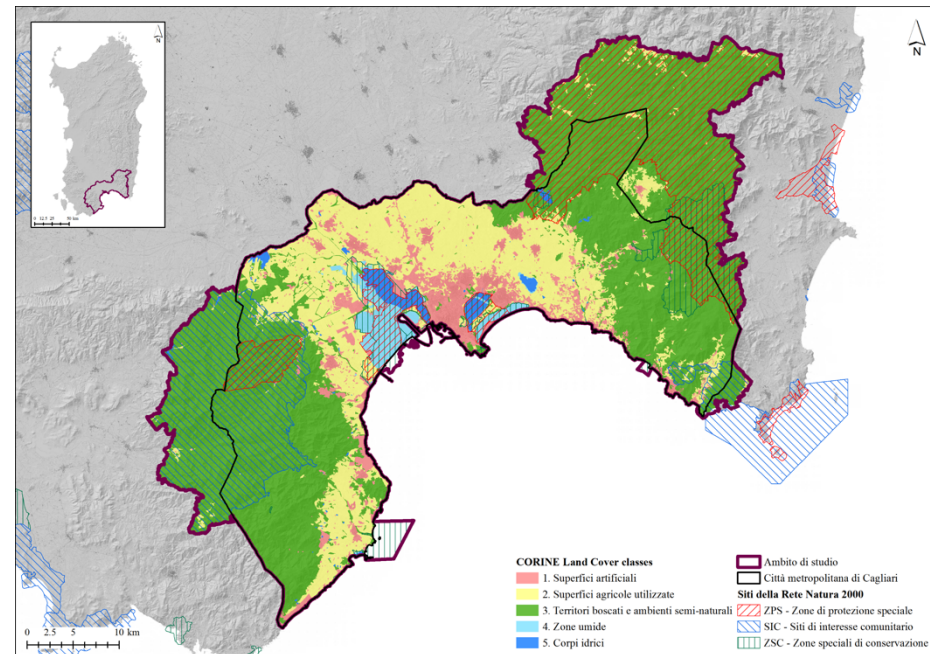
Il caso di studio analizzato riguarda il contesto della Città metropolitana di Cagliari, nel sud della Sardegna, comprendente 17 comuni e un bacino di circa 430.000 abitanti.

Nell'ambito sono stati individuati 16 siti della Rete Natura 2000, i quali occupano quasi un terzo della superficie metropolitana. Di questi siti, 8 sono Zone Speciali di Conservazione (ZSC), 4 sono Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e 4 sono Zone di Protezione Speciale (ZPS).



## 2. Il sequestro di carbonio e la purificazione dell'acqua nel contesto della Città metropolitana di Cagliari

Dal punto di vista dell'uso dei suoli, utilizzando lo strato informativo della Carta d'uso dei suoli fornita dalla Regione Autonoma della Sardegna è possibile osservare la distribuzione speculare dell'uso dei suoli rispetto al fulcro centrale costituito dal *continuum* urbano di Cagliari e dei comuni limitrofi, circondato da un'estesa fascia di aree agricole e affiancato da due ambiti caratterizzati da zone umide e corpi idrici; alle estremità occidentale e orientale concludono la cornice due ampie fasce caratterizzate da foreste e aree seminaturali.



### 3. Analisi del servizio ecosistemico di sequestro di carbonio

La crescente preoccupazione per l'impatto dei cambiamenti climatici, dovuti all'aumento della concentrazione dei gas serra in atmosfera, ha recentemente incentivato la ricerca verso la valutazione del contenuto di carbonio organico nel suolo. Tra i fattori di riduzione del biossido di carbonio ( $\text{CO}_2$ ), a fianco alle misure di contenimento e riduzione delle emissioni, il Protocollo di Kyoto individua la rimozione del  $\text{CO}_2$  dall'atmosfera. Questo processo consiste in un meccanismo naturale di cattura e conseguente stoccaggio nel suolo del  $\text{CO}_2$  atmosferico, sotto forma di carbonio organico, prodotto dalle attività umane e naturali. Il suolo rappresenta, la più grande riserva di carbonio, oltre che la più influenzabile dall'azione umana. Pertanto, un uso sostenibile della risorsa suolo svolge un ruolo rilevante nelle politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici. Tutti i suoli esercitano contemporaneamente differenti funzioni, con la peculiarità di svolgerle in maniera diversa in funzione del suo grado di degradazione.

### 3. Analisi del servizio ecosistemico di sequestro di carbonio

La perdita di naturalità indotta dai processi di antropizzazione (asportazione, impermeabilizzazione, urbanizzazione, inquinamento) sono considerati la causa principale della degradazione del suolo e della perdita delle proprie funzioni ecosistemiche.

L'immagazzinamento di carbonio nel suolo dipende in gran parte dalle dimensioni di quattro *carbon pool* di carbonio:

- ▶ la biomassa epigea (*c\_above*), costituita dall'insieme dei tessuti che costituiscono le parti aeree degli organismi vegetali viventi (fusti, rami e ceppaie, inclusa la corteccia, foglie, semi e frutti);
- ▶ la biomassa ipogea (*c\_below*), costituita dagli apparati radicali di organismi vegetali viventi;
- ▶ la necromassa e lettiera (*c\_dead*), rappresentata dai residui vegetali legnosi più grossolani e dai residui più fini (foglie, fiori ed infiorescenze, frutti ed infruttescenze, rametti, etc.) non ancora decomposti;
- ▶ il suolo (*c\_soil*), che comprende il carbonio organico presente negli strati organici e minerali, incluse le radici più fini.

### 3. Analisi del servizio ecosistemico di sequestro di carbonio

La metodologia utilizzata in questo studio per valutare il SE si basa sull'utilizzo del modello *Carbon Storage and Sequestration* del software InVEST, sviluppato da Natural Capital Project, che fa riferimento alla cattura e allo stoccaggio del CO<sub>2</sub> nel suolo. Il modello si basa sulla spazializzazione del valore assoluto dei Mg di carbonio organico stoccate per tipologia d'uso e copertura del suolo (NCP, 2015).

I dati in input richiesti dal modello *Carbon Storage e Sequestration* e utilizzati in questa metodologia sono i seguenti:

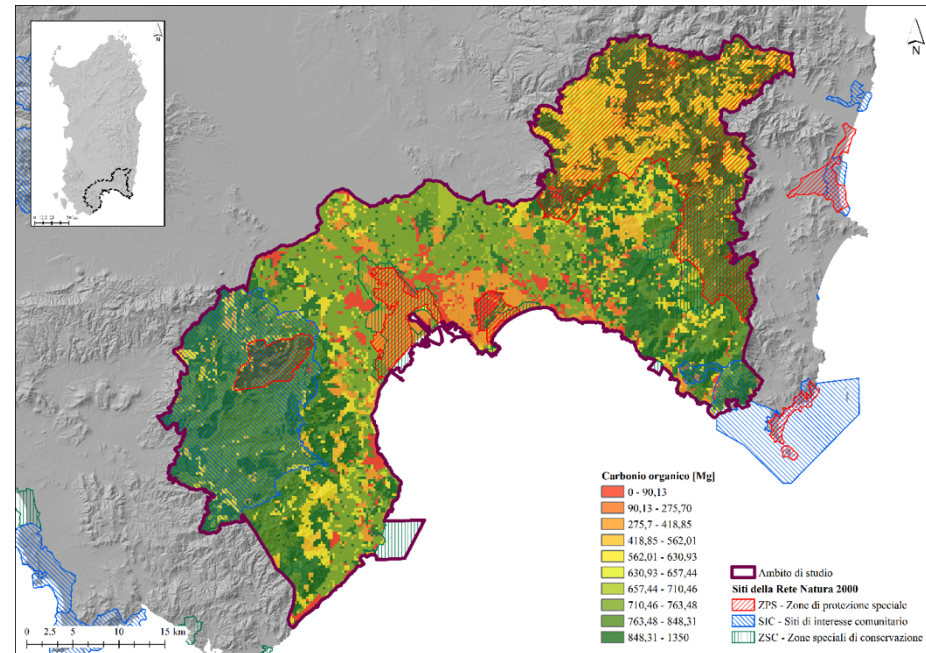
- ▶ la Carta dell'uso dei suoli della Sardegna, aggiornata nel 2008, che costituisce un database geografico delle coperture dei suoli della Sardegna, classificata con i codici CLC fino al quinto livello. In questa analisi è stata utilizzata la classificazione CLC fino al quinto livello;
- ▶ una tabella delle classi Land Use/Land Cover (LULC) contenente i dati sul carbonio (Mg/ha) immagazzinato in ciascuna delle quattro pool per ogni classe LULC. Il dataset di input è stato composto mediante l'utilizzo dei dati prodotti nel progetto della Regione Sardegna "Carta delle unità delle terre e della capacità d'uso dei suoli - Primo Lotto" (2011-2013) e dai dati contenuti negli archivi storici delle stesse istituzioni in occasioni di altri studi e rilevamenti e dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC).



### 3. Analisi del servizio ecosistemico di sequestro di carbonio

Il modello *Carbon Storage e Sequestration* genera una mappa in cui ogni pixel contiene l'informazione espressa in Mg di carbonio stoccato.

La mappa mostra il contributo e la distribuzione potenziale dell'ecosistema suolo per il SE di cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub> nel contesto della Città metropolitana di Cagliari. Dove i valori di cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub> sono alti, la capacità potenziale di quei suoli di stoccare carbonio è maggiore (il massimo si ha in corrispondenza del colore verde scuro); dove i valori di cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub> sono bassi, la capacità potenziale di quei suoli di stoccare carbonio è minore (il minimo si ha in corrispondenza del colore rosso). Dalla mappa emerge come i valori minimi si registrino per gli usi del suolo appartenenti alla classe "Superfici artificiali" e "Corpi idrici" e per contro come i valori massimi si registrino per gli usi del suolo appartenenti alla classe "Territori boscati e ambienti semi-naturali".



## 4. Analisi del servizio ecosistemico di purificazione dell'acqua

Gli ecosistemi forniscono il servizio di purificazione dell'acqua attraverso la rimozione di sedimenti, nutrienti e pesticidi dalla superficie del deflusso idrico attraverso deposizione, filtrazione, infiltrazione e assorbimento (Zhang *et al.*, 2010); in questo modo, gli inquinanti possono essere ritenuti o degradati prima che possano raggiungere il corso d'acqua. I sistemi per ottenere questi servizi sono numerosi: la vegetazione può rimuovere gli inquinanti imbrigliandoli nelle trame o liberandoli nell'ambiente sotto altre forme; i suoli possono intrappolare e stoccare gli inquinanti solubili; lo scorrimento lento delle acque nelle aree umide consente alla vegetazione di catturare gli inquinanti; inoltre, la vegetazione ripariale ha una specifica importanza, costituendo l'ultima barriera prima che gli inquinanti possano raggiungere il corso d'acqua.

## 4. Analisi del servizio ecosistemico di purificazione dell'acqua

La metodologia utilizzata in questo studio per valutare la purificazione dell'acqua si basa sull'utilizzo del modello *Nutrient Delivery Ratio* (NDR) del software InVEST (NCP), che fa riferimento alla ritenzione di due nutrienti: azoto e fosforo. Il modello descrive il movimento di masse di nutrienti attraverso lo spazio basandosi su relazioni empiriche, mappando le sorgenti di nutrienti presenti nei bacini idrici e il loro trasporto fino ai corsi d'acqua. Si basa sul concetto che ciascun elemento del bacino è caratterizzato da un proprio carico di nutriente e da un coefficiente di trasporto funzione della pendenza e dell'efficienza di ritenzione della copertura del suolo (NCP, 2015).

Il modello NDR genera una mappa in cui ogni pixel contiene l'informazione sulla quantità di nutriente che eventualmente raggiunge il corso d'acqua, misurato in kg/pixel, e un file shape in cui il valore complessivo di nutriente è aggregato per bacino come somma del contributo di ciascun pixel in esso ricadente.

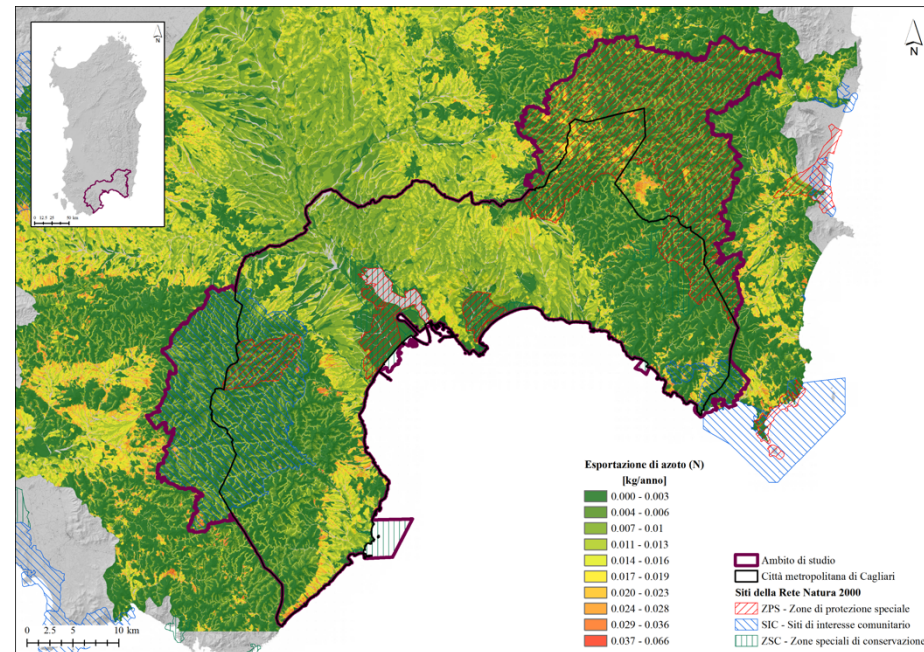
# 4. Analisi del servizio ecosistemico di purificazione dell'acqua

I dati in input richiesti dal modello NDR e utilizzati in questa metodologia sono i seguenti:

- ▶ un modello digitale del terreno, che rappresenta la distribuzione delle unità del territorio in formato digitale, con un valore di elevazione per ogni cella. È stato utilizzato un modello digitale disponibile sul Geoportale della Sardegna , in formato raster e con una risoluzione a 10 m;
- ▶ la Carta dell'uso dei suoli della Sardegna, aggiornata nel 2008, che costituisce un database geografico delle coperture dei suoli della Sardegna, classificata con i codici CLC fino al quinto livello. In questa analisi è stata utilizzata la classificazione CLC fino al terzo livello;
- ▶ un file shape contenente 64 bacini idrici superficiali, come definiti dal Piano di gestione del distretto idrografico della Sardegna;
- ▶ una mappa rappresentante il deflusso potenziale stimato in base all'elaborazione con metodo geostatistico (Phillips *et al.*, 1992) delle precipitazioni medie annue a partire dalle misurazioni di 109 stazioni pluviometriche presenti nel contesto metropolitano;
- ▶ una tabella biofisica che mette in relazione le coperture dei suoli con i carichi di azoto, l'efficienza di rimozione dell'azoto e la massima distanza di ritenzione per ciascuna classe, elaborata per il contesto in esame a partire dagli studi di Bachmann Vargas (2013).

# 4. Analisi del servizio ecosistemico di purificazione dell'acqua

In questo particolare caso sono stati analizzati i soli carichi di azoto e i bacini idrici superficiali. La mappa mostrata in figura rappresenta i contributi del suolo e della vegetazione alla purificazione dell'acqua attraverso la rimozione degli inquinanti dal deflusso superficiale. In particolare, la mappa mostra la suscettività di specifiche parti del territorio nel purificare l'acqua: dove i valori di esportazione dell'azoto sono alti, la purificazione dell'acqua è minore (il minimo si ha in corrispondenza del colore rosso scuro), in quanto grosse quantità di inquinante possono raggiungere il corso d'acqua; dove i valori di esportazione sono bassi, la purificazione dell'acqua è maggiore (il massimo si ha in corrispondenza del colore verde scuro), in quanto l'inquinante è ritenuto. L'output è particolarmente sensibile alle variazioni dei dati in input. Infatti, i valori di efficienza di ritenzione sono basati su studi empirici e su fattori basati su valori medi (come la variabilità intra-annuale) e i dati che compongono la tabella biofisica contengono valori associati a partire da altri studi e non misurati direttamente nel contesto in esame.



## 5. Dibattito sul ruolo dei servizi ecosistemici nelle scelte pianificatorie

La valutazione del contributo potenziale del SE di cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub> nel suolo sotto forma di carbonio organico suggerisce che l'ecosistema suolo, anche in un contesto fortemente urbanizzato come quello della Città metropolitana di Cagliari, ha un potenziale di cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub> non trascurabile. Le elaborazioni spaziali della distribuzione della capacità potenziale di stoccare carbonio in riferimento ai siti della Rete Natura 2000 evidenziano il ruolo importante di queste aree per la fornitura del SE di cattura e stoccaggio di carbonio.

La valutazione del SE di cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub>, generalmente basata sulla spazializzazione del valore assoluto dei Mg di carbonio organico stoccati per tipologia d'uso/copertura del suolo, necessita di misurazioni dirette, in continuo aggiornamento e di scale di analisi appropriate all'ambito territoriale di riferimento, al fine di limitarne l'errore di valutazione e mappatura dovuto alle approssimazioni e assimilazioni talvolta necessarie per sopperire alla carenza dei dati.

L'aumento della concentrazione dei gas serra in atmosfera e gli accordi internazionali incentivano la ricerca verso metodologie orientate a definire un rapporto tra pianificazione territoriale e mitigazione degli impatti negativi causati dai cambiamenti climatici, per la definizione di politiche territoriali orientate al mantenimento del SE di cattura e stoccaggio del CO<sub>2</sub>.



## 5. Dibattito sul ruolo dei servizi ecosistemici nelle scelte pianificatorie

Il ruolo dei siti della Rete Natura 2000 emerge in maniera evidente anche con riferimento al servizio di purificazione dell'acqua: specialmente nella parte orientale e nella parte occidentale, nonché negli specchi d'acqua centrali, la più alta percentuale di valori verdi (che potenzialmente hanno maggior peso nella fornitura di questo SE) è contenuta all'interno dei Siti, o nelle aree che li circondano. Stimare il servizio ecosistemico della purificazione dell'acqua è un obiettivo complesso, poiché i numerosi dati in input difficilmente sono misurati direttamente sul campo e il modello utilizzato effettua numerose semplificazioni. Inoltre, non è sempre possibile avere a disposizione i dati necessari nel lasso di tempo in cui nel processo pianificatorio si devono prendere decisioni (Trepel *et al.*, 2002), per cui talvolta si rende necessario fare delle semplificazioni e delle approssimazioni in riferimento ai dati disponibili.

Questo conferma il fatto che le aree protette costituiscono una sorgente unica di biodiversità e coinvolgono ambiti caratterizzati da un elevato livello di fornitura di servizi ecosistemici (ISPRA, 2011). L'uomo costantemente modifica il proprio territorio in funzione delle proprie necessità, al fine di ottenere benefici ecologici, sociali e economici aggiuntivi. Tuttavia, questi cambiamenti possono talvolta risultare devastanti e molte risorse possono essere perse in maniera irreversibile (Aretano *et al.*, 2013). Le analisi relative all'identificazione dei servizi ecosistemici sono utili allo scopo di essere consapevoli delle minacce che conseguono l'aumento della pressione antropica, e conseguentemente effettuare scelte consapevoli. Questo approccio può contribuire a tenere in considerazione la conservazione dei fenomeni naturali nei processi pianificatori e conferma il ruolo strategico della Rete Natura 2000 nella fornitura di benefici per l'uomo e l'ambiente.

# 5. Dibattito sul ruolo dei servizi ecosistemici nelle scelte pianificatorie

Nonostante le grandi superfici occupate dai siti della Rete Natura 2000, spesso questi non riescono ad essere fattori di sviluppo dei territori e vengono percepiti in gran parte esclusivamente come vincoli. Le motivazioni del mancato decollo vanno ricercate, tra le altre cose, nell'insufficiente azione di coinvolgimento delle popolazioni locali, nella mancanza di strategie integrate.

La riflessione tenta di delineare una possibile risposta al problema dell'integrazione dei SE nei processi pianificatori su scala locale, attraverso una proposta metodologica di supporto alla pianificazione, che consente di stimare la progressiva alterazione della capacità di produrre SE per effetto del futuro assetto territoriale.

L'idea è quella di analizzare e definire il rapporto tra pianificazione territoriale e mantenimento della biodiversità, attraverso un approccio ecosistemico in cui i SE diventano esplicativi del grado di pressione esercitato dai processi pianificatori che alterano l'equilibrio ambientale. L'analisi proposta in questo contributo costituisce un input al percorso di accrescimento delle conoscenze che devono essere identificate come fondamentali nel processo pianificatorio a qualunque livello



Questo contributo è redatto nell'ambito del Programma di Ricerca "Natura 2000: Valutazione dei piani di gestione e studio dei corridoi ecologici come Rete complessa", finanziato, per gli anni 2015-2018, dalla Regione Autonoma della Sardegna, nel quadro del Bando per la presentazione di "Progetti di ricerca fondamentale o di base", annualità 2013, sviluppato presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR) dell'Università di Cagliari.

*Maddalena Floris, Daniela Ruggeri*

Università di Cagliari - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura

Via Marengo, 2 – 09123 Cagliari, Italia

Tel.: +39 070 675 5200

maddalena.floris@unica.it, daniela.ruggeri@unica.it