



Università degli Studi di Cagliari

DOTTORATO DI RICERCA

Ingegneria civile e architettura

Ciclo XXXII

TITOLO TESI

I servizi ecosistemici nella pianificazione spaziale come strumenti interpretativi per la definizione di tassonomie territoriali innovative

Settore/i scientifico disciplinari di afferenza

ICAR 20 - Tecnica e pianificazione urbanistica

Presentata da:

Maddalena Floris

Coordinatore Dottorato

Prof. Roberto Deidda

Tutor

Prof. Corrado Zoppi

Esame finale anno accademico 2018 – 2019

Tesi discussa nella sessione d'esame Gennaio-Febbraio 2020

La tesi è stata prodotta durante la frequenza del corso di dottorato in Ingegneria Civile e Architettura dell'Università degli Studi di Cagliari, a.a. 2017/2018 - XXXII ciclo, con il supporto di una borsa di studio finanziata con le risorse del P.O.R. SARDEGNA F.S.E. 2014-2020 - P.O.R. F.S.E. 2014-2020 - ASSE III "Istruzione e Formazione" - Obiettivo Tematico 10, Priorità d'investimento 10ii), Obiettivo Specifico 10.5, Azione dell'accordo di Partenariato 10.5.12.

*La città rappresenta
il tipo più complesso e più dinamico di sistema di relazioni umane che
l'Uomo è riuscito a costruire nella sua storia,
un sistema complesso e affascinante*

Corrado Zoppi, 1993

Sommario

Acronimi	8
Sintesi	15
Abstract	20
References	25
Parte prima	
Teoria e governance dei servizi ecosistemici	29
Premessa	31
1. Servizi ecosistemici	32
1.1 Sequestro e stoccaggio di carbonio	33
2 Governance del territorio	34
2.1 Servizi ecosistemici nel contesto europeo	34
2.2 Servizi ecosistemici nel contesto italiano	35
2.3 Servizi ecosistemici nel contesto regionale della Sardegna	36
2.3.1 <i>Piano paesaggistico regionale</i>	37
2.3.2 <i>Linee guida per l'adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al Piano paesaggistico regionale e al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico</i>	37
2.3.3 <i>Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei Piani Urbanistici Comunali</i>	38
Riflessioni finali	39
Parte seconda	41
Valutazione diretta del servizio ecosistemico di sequestro e stoccaggio di carbonio uno studio a livello regionale, metropolitano e comunale	41
Premessa	43
3. Valutazione del servizio ecosistemico di sequestro e stoccaggio di carbonio	44
3.1 Il modello Carbon Storage and Sequestration	45
3.2 Identificazione dell'ambito territoriale di approfondimento	46
3.2.1 <i>Ambito regionale</i>	46
<i>Valutazione del sequestro di carbonio</i>	48
3.2.2 <i>Ambito metropolitano</i>	51

<i>La valutazione del sequestro di carbonio</i>	51
3.2.3 Ambito urbano: tre metodologie a confronto	53
<i>La valutazione del contenuto di carbonio organico</i>	54
<i>Primo approccio metodologico: modello Carbon Storage and Sequestration</i>	55
<i>Secondo approccio metodologico: analisi dei dati multispettrali</i>	56
<i>Stima del verde urbano</i>	56
<i>Valutazione della capacità potenziale di stoccaggio del carbonio</i>	57
<i>Terzo approccio metodologico: campionamento attraverso DTM</i>	59
<i>Stima del verde</i>	59
<i>Stima della biomassa vegetale e del carbonio stoccato</i>	61
3.3 Considerazioni conclusive	62
4. Spazi verdi e aree urbane	64
4.1 Materiali e metodi	65
<i>Acquisizione ed elaborazione dei dati</i>	65
<i>Analisi statistica e spaziale</i>	66
4.2 Risultati	67
4.3 Discussione	68
4.4 La Città di Cagliari	59
5 Consumo di suolo e sequestro di carbonio	71
5.1 Approccio metodologico	72
<i>Sequestro del carbonio</i>	73
<i>Consumo di suolo</i>	74
5.2 Risultati	74
<i>Distribuzione spaziale del consumo di suolo</i>	74
<i>Distribuzione spaziale del sequestro di carbonio</i>	76
<i>Modello di regressione</i>	77
5.3 Considerazioni conclusive	78
Riflessioni finali	81
Parte terza	
Verso la redazione del Piano del verde urbano della città Cagliari:	
referimenti storici e governance territoriale	83
Premessa	85

6. Riferimenti storici al sistema del verde urbano della Città di Cagliari:

dal Piano del Cima agli indirizzi per l'adeguamento del Piano Urbanistico comunale	86
6.1 Il Piano Regolatore del Cima primo Piano Regolatore dell'Italia Unità	86
6.2 Bando di concorso del 1929 Per lo studio di un progetto di Piano Regolatore e d'ampliamento per la Città di Cagliari	87
6.3 Il Piano Regolatore di Cagliari del 1938	87
6.4 Il Piano di ricostruzione	87
6.5 Il Piano Mandolesi	88
6.6 Il Piano urbanistico comunale	88
6.7 Indirizzi programmatici e operativi per l'adeguamento del PUC al PPR e al PAI	89
6.8 Considerazioni conclusive	92
7. Linee guida per la redazione del Piano comunale del verde urbano	93
7.1 Premessa e metodologia	93
7.2 Analisi ecosistemica e definizione degli obiettivi ecosistemici	94
7.3 Analisi del quadro strategico di riferimento e definizione degli obiettivi strategici	96
7.4 Definizione delle azioni strategiche	96
7.5 Definizione dell'articolato normativo del Piano comunale del verde urbano	96
8. Applicazione delle linee guida per la redazione del Piano comunale del verde urbano al caso di studio della Città di Cagliari	97
8.1 Analisi ecosistemica	97
8.1.1 <i>Obiettivi ecosistemici</i>	105
8.2 Analisi del quadro strategico di riferimento	106
8.2.1 <i>Definizione degli obiettivi strategici</i>	115
8.3 Relazione tra obiettivi ecosistemici e obiettivi strategici	116
8.4 Definizione delle azioni strategiche	117
8.5 Quadro logico	118
Appendice	
Proposta di Piano Comunale del verde urbano della città Cagliari	139
Carta degli indirizzi di Piano	149
Conclusioni	151
Riferimenti bibliografici	155
Elenco delle pubblicazioni	163
Elenco dei riconoscimenti	165

Ringraziamenti

167

Acronimi

art.	Articolo
CLC	Corine Land Cover
CO₂	Biossido di carbonio
D.G.R.	Deliberazione della Giunta. Regionale
D.Lgs.	Decreto Legislativo
EEA	European Environment Agency
L.	Legge
L.R.	Legge Regionale
LULC	Land Use/Land Cover
NTA	Norme Tecniche di Attuazione
MTM	Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
NDVI	Normalized difference vegetation index
PAI	Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico
PCdV	Piano comunale del verde urbano
PUC	Piano urbanistico comunale
PPR	Piano paesaggistico regionale
QL	Quadro Logico
SE	Servizi ecosistemici
SIC	Siti di Interesse Comunitario
SN2K	Siti della Rete Natura 2000
SWOT	Strengths - weaknesses - opportunities - threats
UE	Unione Europea
VAS	Valutazione Ambientale Strategica
ZPS	Zone di Protezione Speciale
ZSP	Zone Speciali di Conservazione

Sintesi

L'obiettivo generale della tesi è analizzare il servizio ecosistemico di sequestro e stoccaggio di carbonio e valutarne il rapporto con l'analisi spaziale. Il sequestro del carbonio può essere definito come un fenomeno naturale attraverso il quale gli ecosistemi terrestri, come foreste, praterie e torbiere, rimuovono il biossido di carbonio (CO₂) dall'atmosfera immagazzinandolo nella biomassa vegetale e nel suolo (Lal, 2008). Queste interazioni tra suolo e atmosfera, fortemente influenzate dai cambiamenti di uso del suolo, pertanto, gli spazi verdi e il suolo regolano il clima e giocano un ruolo importante nel ciclo globale del carbonio (Jobbagy and Jackson, 2000, Millennium Ecosystem Assessment, 2003; Commissione europea, 2012). Il suolo rappresenta la più grande riserva di carbonio organico negli ecosistemi terrestri (Lal, 2004). In generale, la quantità di carbonio stoccato nel suolo è significativamente superiore a quello stoccato nella biomassa vegetale (European Environment Agency, 2012). Per questo, anche piccole variazioni nella concentrazione di carbonio nel suolo potrebbero avere un impatto rilevante sulla concentrazione atmosferica di CO₂ (Muñoz-Rojas et al., 2013) e contribuire all'aumento della temperatura globale (Arrhenius, 1896). Il suolo e il clima sono legati da una duplice relazione: i cambiamenti climatici causano un impatto sui processi geofisici e sui servizi regolati dal suolo; inversamente, i cambiamenti di uso del suolo producono degli impatti sul clima (European Environment Agency, 2012). Accertare l'entità degli stock di carbonio organico nel suolo (SOC) è, quindi, essenziale per limitare il cambiamento climatico (Yigini and Panagos, 2016). L'ecosistema suolo, il cui degrado non è direttamente proporzionale all'aumento della popolazione, rappresenta un capitale vitale per il continente europeo. Questa tendenza, insostenibile nel lungo periodo (European Commission, 2012), rende i processi di valutazione e mappatura della distribuzione di SOC un supporto insostituibile per lo sviluppo di politiche di uso del suolo quale risorsa finita e non rinnovabile che esplica funzioni e produce servizi ecosistemici (SE) (Albaladejo et al., 2013; European Union, 2011). Secondo il Millennium Ecosystem Assessment (2003 e l'European Environment Agency (2012), le pratiche di gestione del territorio e dell'uso del suolo rappresentano dei fattori diretti di cambiamento sugli ecosistemi, mentre, l'integrazione dei SE nella pianificazione consentirebbe ai decisori di ponderare tra conservazione della biodiversità ed esigenze della società (Millennium Ecosystem Assessment, 2003). La temperatura media globale registrata nel 2017 è stata di 1,1 gradi centigradi e 0,1 gradi centigradi al di sopra dei livelli preindustriali 1850-1900. Secondo il Protocollo di Kyoto e l'Accordo di Parigi, le concentrazioni atmosferiche di CO₂ riflettono un equilibrio tra le emissioni dovute alle attività umane e l'assorbimento netto da parte del suolo e degli oceani (World Meteorological Organization, 2018). In altre parole, al fine di

mantenere, l'aumento della temperatura globale al di sotto dei 2 gradi Celsius rispetto ai livelli preindustriali e per limitare l'aumento della temperatura a 1,5 gradi Celsius, i firmatari dovranno raggiungere, nel breve periodo, bassi livelli di emissioni di gas a effetto serra (GHG), attraverso un equilibrio tra riduzione delle emissioni e aumento dei processi di sequestro e cattura (United Nations, 2016). In questo quadro, la pianificazione territoriale svolge un ruolo importante nel raggiungimento degli obiettivi climatici. La protezione del suolo e delle sue funzioni ecosistemiche implica una maggiore consapevolezza delle conseguenze del degrado del suolo e un importante impegno nelle politiche spaziali, al fine di assicurarne un uso sostenibile (European Commission, 2012).

Nel 2011, a seguito dell'adozione della Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 e della Convention on Biological Diversity, l'Unione europea, con la EU Biodiversity Strategy to 2020, ha implementato le proprie politiche ambientali per porre fine alla perdita della biodiversità. In particolare, la strategia, articolata attorno a sei obiettivi, è incentrata sulle cause primarie della perdita di biodiversità e sulla riduzione delle principali pressioni esercitate sugli ecosistemi e sui SE (European Union, 2011). Nell'ambito dell'azione 5 dell'obiettivo 2, l'Unione Europea invita gli Stati Membri a mappare e valutare gli ecosistemi e i servizi nel loro territorio nazionale e a tal fine fornisce la guida Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (Maes et al., 2013).

La tesi mappa le densità di sequestro e stoccaggio del carbonio utilizzando il modello InVEST Carbon Storage e il Sequestration e il Normalized difference vegetation index (NDVI). In diversi studi (Lee, Ko and McPherson 2016; Raciti, Hutyra and Newell, 2014; Rao, Hutyra and Finzi, 2013; Sun et al., 2019) viene proposta la combinazione di dati relativi al CO₂ e al NDVI per l'individuazione spaziale degli stock di carbonio.

Alla fine degli anni '70, si è scoperto che la fotosintesi netta è direttamente correlata alla quantità di radiazione, fotosinteticamente attiva, assorbita dalla vegetazione. Il NDVI è definito come il principale indicatore spaziale, ottenuto attraverso il telerilevamento satellitare, in grado di classificare la vegetazione in relazione al suo spettro di riflettanza.

L'indice è calcolato attraverso la seguente relazione

$$NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED) \quad (1)$$

dove NR e RD sono, rispettivamente, la misura della riflettanza spettrale acquisita nel vicino infrarosso e nella regione visibile (rosso). Con riferimento alla Regione Sardegna, l'approccio metodologico proposto da Tucker (1979) e Andrade da Rocha et al. (2018), per il calcolo dell'indicatore NDVI ha rivelato tre classi: (i) valori bassi compresi tra -0,60 e 0,27 corrispondenti a corpi idrici, zone rocciose, sabbiose e urbane; ii) valori moderati da 0,27 a 0,49 corrispondenti ad arbusto e prateria; e, (iii) valori alti da 0,49 a 0,96 corrispondenti a suoli con vegetazione densa o foreste.

Il modello InVEST Carbon Storage and Sequestration misura, in relazione alla carta dell'uso del suolo in formato raster, il carbonio organico stoccato per tipologia d'uso e copertura del suolo. In particolare, il modello stima la quantità netta di carbonio immagazzinata in un suolo in relazione alla carta dell'uso del suolo e alla quantità di carbonio immagazzinata nei tre serbatoi: (i) biomassa epigea, costituita dall'insieme dei tessuti che formano parti aeree degli organismi vegetali viventi; (ii) suolo, il quale comprende il carbonio organico presente negli strati organici e minerali, e rappresenta il serbatoio più grande; (iii) necromassa, la quale comprende i residui vegetali legnosi più grossolani.

La tesi individua per la Regione Sardegna tre classi di NDVI a cui, il modello InVEST associa una capacità potenziale media di stoccare carbonio. La mappa raster della tassonomia del NDVI è definita sulla base delle immagini satellitari ad alta risoluzione spaziale, rese disponibili da SENTINEL2. Per le analisi si è fatto riferimento a immagini satellitari, relative alle bande spettrali B4 RED e B8 NIR, del luglio 2018 scattate nella stagione secca e quindi libere da copertura nuvolosa. Con riferimento alla tassonomia spaziale del NDVI, i cui valori sono compresi tra -0,60 e 0,96, alle conoscenze tecniche e all'osservazione in situ è elaborata una mappa di copertura del suolo. Infine, la capacità potenziale di sequestro del carbonio per ciascun tipo di copertura del suolo, relativa ai tre serbatoi di carbonio sopra indicati, è identificata sulla base della banca dati spaziale resa disponibile nel contesto del progetto "Carta delle unità terrestri e capacità di utilizzo del suolo della Sardegna – Prima parte (2011-2013)". Il modello InVEST fornisce stime della capacità di sequestro del carbonio per ogni tipo di copertura del suolo della mappa raster sulla base della tabella dei serbatoi di carbonio derivata dalla banca dati spaziale del suddetto progetto (Nelson et al., 2008).

Le aree protette svolgono un ruolo importante nella conservazione e nel mantenimento degli ecosistemi naturali e dei loro servizi Duràn et al. (2013). Le correlazioni tra espansione urbana, protezione degli ecosistemi e sequestro e stoccaggio di carbonio (Seto, Guneralp and Hutyrá, 2012) suggeriscono che una governance basata su un equilibrio tra espansione urbana e conservazione degli ecosistemi naturali e contribuisce all'aumento della capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio nel suolo (Sun, Xie and Zhao, 2019).

I risultati evidenziano, una diminuzione del sequestro di carbonio all'aumentare del consumo di suolo, ovvero, coerente con ciò che Stachura, Chuman and Sefrna, (2015), che nei comuni caratterizzati da fenomeni espansione urbana il consumo di suolo aumenta ad un ritmo crescente come conseguenza delle pressioni esercitate dall'urbanizzazione. Ne consegue che le misure di protezione ambientale volte a ridurre l'espansione urbana rappresentano il principale strumento per la conservazione a lungo termine della capacità

di sequestro del carbonio. Sotto questa prospettiva, come per Martínez-Fernández Ruiz-Benito and Zavala (2015); Hazeu et al. (2009), l'istituzione di nuove aree protette o l'ampliamento di quelle esistenti è significativa in termini di mantenimento dell'attuale capacità di sequestro di carbonio poiché queste misure comportano una limitazione dei processi di consumo del suolo. Da questo punto di vista, regimi di protezione come quelli stabiliti dalle disposizioni delle direttive Habitat e uccelli (nos. 92/43/EEC e 2009/147/EC), cioè siti della rete Natura 2000 (SN2N), risultano particolarmente efficaci in quanto legati non solo alle aree protette, ma anche alle aree circostanti. In effetti, l'istituzione di SN2N non implica che vi siano usi o sviluppi del territorio che siano proibiti in termini generali. Tuttavia, la semplice presenza di un SN2N implica, per le pubbliche amministrazioni, i pianificatori e i professionisti, che le proposte di trasformazione territoriale da questi avanzate siano assoggettate ad una procedura amministrativa e tecnica al termine della quale l'idoneità delle proposte sia subordinata alla dimostrazione che quanto progettato non danneggi o generi la perdita di habitat e specie.

Un'altra importante implicazione dei risultati della tesi riguarda le nuove proposte di sviluppo dei piani urbanistici comunali. Queste, così come avviene per piani e progetti ricadenti all'interno dei SN2N o aventi influenza su di essi, dovrebbero essere sottoposte ad una procedura analoga alla valutazione di incidenza per verificare i loro impatti sugli usi del suolo e dimostrare che i processi di artificializzazione sono minimi. Infine, la tassonomia spaziale del NDVI evidenzia la presenza di serbatoi di carbonio anche all'interno del tessuto urbano consolidato, questo implica anche le aree urbane debbano essere sottoposte a politiche volte alla conservazione e al miglioramento del servizio di sequestro e stoccaggio di carbonio.

Queste questioni hanno importanti conseguenze sulle politiche di pianificazione. Una prima conseguenza è quella per cui le politiche volte a ridurre il consumo di suolo e a preservare la capacità di sequestro di carbonio dovrebbero comprendere l'istituzione di nuove aree protette o l'ampliamento di quelle esistenti. Entrambi i processi, complessi e lunghi, richiedono l'integrazione di diverse competenze tecniche ed amministrative e necessitano di una cooperazione efficace e continua che coinvolga le Regioni ed i Comuni. La cooperazione si rende necessaria poiché le autorità locali identificano gli obiettivi e definiscono le misure di conservazione relative ai SN2N, eventualmente nel contesto di un piano di gestione, e l'Amministrazione regionale approva le misure e le porta all'attenzione dell'amministrazione statale. L'approccio cooperativo e l'integrazione dei processi di pianificazione locale e regionale implicherebbero un importante miglioramento della qualità dell'urbanistica in Sardegna, attualmente caratterizzata da una significativa mancanza di coordinamento (Zoppi e Lai, 2010). Una seconda implicazione in relazione ai

processi di pianificazione pubblica concerne la cooperazione sistematica tra esperti di conservazione della natura, pianificatori e decisori nel contesto della definizione e dell'approvazione dei piani territoriali, al fine di promuovere l'identificazione delle zone designate per l'istituzione di aree protette e di definire politiche volte a limitare il consumo di suolo e a preservare la capacità di sequestro di carbonio (Leone Zoppi, 2016).

Una terza importante implicazione è legata alla procedura di valutazione ambientale strategica (VAS), obbligatoria alla definizione di piani locali, in riferimento alla Legge generale italiana sulla protezione ambientale. Questo processo implica l'inclusione di obiettivi relativi alla protezione delle risorse ambientali ed al paradigma della sostenibilità nella definizione degli strumenti di piano. Tale inclusione modifica in parte la struttura pianificatoria e le relative regole di zonizzazione includendo misure di protezione volte a limitare o vietare il consumo di suolo. In questi termini la procedura di VAS può essere utilizzata per migliorare la pianificazione territoriale in relazione alla conservazione o al potenziamento della capacità di sequestro di carbonio (Zoppi e Lai, 2014).

In quarto luogo, poiché la presenza e la dimensione delle aree protette sono efficaci per limitare il consumo di suolo e sostengono la capacità di sequestro di carbonio, misure di conservazione coerenti con quelle adottate per le aree protette potrebbero essere efficacemente estese su aree situate al di fuori dei loro confini, per aumentare la capacità del territorio di rendere disponibile il servizio ecosistemico dello stoccaggio di carbonio. Quest'osservazione pone in evidenza quanto sia importante la disponibilità di mappe complete e dettagliate riguardanti la distribuzione spaziale delle risorse naturali.

Inoltre, è necessario un coordinamento complessivo delle misure di conservazione tra i piani delle municipalità confinanti. Da questo punto di vista, un ruolo fondamentale dovrebbe essere svolto dalle direzioni competenti in materia di pianificazione del territorio dell'amministrazione regionale, che coordina i piani locali in base alle disposizioni della normativa sarda in merito all'approvazione dei piani a scala regionale e locale.

Infine, un aspetto di particolare rilievo, riconosciuto e discusso in letteratura, è costituito dalla questione dei conflitti che l'imposizione delle misure di conservazione può generare in relazione agli usi del suolo legati alle culture produttive delle tradizioni locali, ad esempio dell'agricoltura e delle attività pastorali (Leone and Zoppi, 2016; Kovács et al., 2015). Per questo, processi partecipativi inclusivi, orientati all'informazione ed alla costruzione del consenso, dovrebbero essere dettagliatamente progettati ed attuati prima che i piani e le relative misure di conservazione siano discussi e approvati, perché la limitazione del consumo di suolo e la conservazione della capacità di sequestro di carbonio siano efficacemente perseguite. L'approccio metodologico proposto ed attuato in questo studio sarebbe molto utile nella definizione e attuazione delle politiche per migliorare la

capacità di sequestro del carbonio in relazione alle aree specifiche identificate all'interno dei tessuti comunali.

Abstract

The general objective of the dissertation is to analyze the carbon sequestration ecosystem service and to assess its relationship with spatial analysis. Implications in terms of planning policy are identified and explored as well.

Carbon sequestration can be defined as a natural phenomenon -photosynthesis - by which terrestrial ecosystems such as forests, grasslands and peat swamps, remove carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere by storing it in the biomass and in the soil (Lal, 2008). These interactions between soil and atmospheric composition regulate climate and are strongly influenced by land cover change (Jobbagy and Jackson, 2000). Therefore, green spaces and soil are key players in the global carbon cycle by providing the carbon sequestration ecosystem service (Millennium Ecosystem Assessment, 2003; European Commission, 2012). The soil carbon pool is the largest of the terrestrial ecosystems (Lal, 2004). In general, the quantity of carbon locked in the soil is significantly greater than in the above-ground biomass (European Environment Agency, 2012). This is the reason why, even small variations in soil carbon concentration could have a relevant impact on atmospheric CO₂ concentration (Muñoz-Rojas et al., 2013) and contribute to increase the global temperature (Arrhenius, 1896). Soil and climate have a dual relationship: changing climatic conditions have an impact on geophysical processes and environmental services that are regulated by soil; inversely, changing soil conditions have an impact on the earth climate (European Environment Agency, 2012). Identifying the scale of soil organic carbon stocks (SOC) has become essential to limit the climate change (Yigini and Panagos, 2016). The soil ecosystem is a vital European capital, but, in recent decades, its degradation is increasing more quickly than the population size. This tendency is unsustainable in the long run (European Commission, 2012), so assessing and mapping the SOC distribution supports development of land use policies in order to reduce the soil degradation as a common good and non-renewable resource that exerts functions and produces ecosystem services (ESs) (Albaladejo et al., 2013; European Union, 2011). According to the Millennium Ecosystem Assessment (2003) and the European Environment Agency (2012), not only are land management practices and land use change the most important direct drivers of ecosystems change, but also integrating ESs in planning would allow decision makers to balance trade-offs between biodiversity and society's needs (Millennium Ecosystem Assessment, 2003). Global mean temperature in 2017 was 1.1 °C ± 0.1 °C above the pre-industrial levels-baseline 1850-1900. According to the Kyoto Protocol and Paris Agreement, atmospheric

CO₂ concentrations reflect a balance between emissions due to human activities and the net uptake by the soil and oceans (World Meteorological Organization, 2018). In other words, in order to keep, in this century, a global temperature rise well below 2 degrees Celsius above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase even further to 1.5 degrees Celsius, the signatories aim to reach a global peak of greenhouse gas emissions (GHGs) as soon as possible, through a balance between decreasing their emissions by sources and improving removals by sinks, in the second half of the century (United Nations, 2016). In this framework, spatial planning plays an important role in achieving climate objectives. Protection of soil and its ecosystem functions implies awareness of the consequences of soil degradation and important commitment to spatial policies, in order to achieve sustainable land use (European Commission, 2012).

In 2011, following the adoption of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 by the Parties to the Convention on Biological Diversity, the European Union implemented their environmental policies with the EU Biodiversity Strategy to 2020. This Strategy comprises a six-target focus on the loss of biodiversity and aims to improve the state of space, habitats, ecosystems, and ESs. Action 5 of Target 2, in particular, proposes to improve the knowledge base on ecosystems and ESs (European Union, 2011). Under Action 5, the European Union calls on the Member States to map and assess the ecosystems and their services on their national contexts. To support the mapping and assessment work, the European Union provides a guide, namely the Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (Maes et al., 2013).

This dissertation maps carbon sequestration densities using the InVEST Carbon Storage and Sequestration model to land taxonomy found using the *Normalized difference vegetation index* (NDVI).

Many studies combine the remote sensing satellite and carbon data for mapping the carbon pools distribution (Lee, Ko and McPherson 2016; Raciti, Hutyrá and Newell, 2014; Rao, Hutyrá and Finzi, 2013; Sun et al., 2019). NDVI is an index of the greenness of the biomes, based on the spectral reflectance. In the late 1970s, it was found that net photosynthesis is directly related to the amount of photosynthetically active radiation that plants absorb. Satellite remote sensors can quantify what fraction of the photosynthetically active radiation is absorbed by vegetation. The NDVI is computed as follows:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

where NIR is the reflectance in the near infrared and RED is the reflectance in the red. For example, following the implementation of the NDVI-based approach proposed by Tucker (1979) and Andrade da Rocha et al. (2018), the values calculated for Sardinia are the following, as discussed in detail below: (i) low values from -0.60 to 0.27 correspond to the

water bodies, rocky, sandy, urban or sealing areas; (ii) moderate values from 0.27 to 0.49 represent shrub and grassland; and, (iii) high values from 0.49 to 0.96 indicate high-density vegetation.

The InVEST Carbon Storage and Sequestration model estimates the quantity of carbon stored in a land parcel using a land cover raster map. The model identifies carbon sequestration capacity of a land parcel on the basis of the size of three carbon pools: (i) above-ground biomass consisting of living plant material above the soil; (ii) soil composed of the organic carbon present in the soil's organic and mineral layers representing the largest terrestrial carbon pool; and, (iii) dead organic matter including litter, that is not-yet-decomposed thinner plant residues and dead wood, which constitute the coarsest plant residues.

Three NDVI ranges are identified in this dissertation as regards Sardinia, which are featured by soil characteristics and the estimate of the average carbon sequestration capacity identified through the InVEST model. The raster map is identified as follows. First, the spatial taxonomy of NDVI is defined based on the satellite images with a high spatial resolution of 10 meters, made available by SENTINEL2. SENTINEL2 provides images concerning two spectral bands, that is, B4 RED and B8 NIR, taken in July 2018, during the dry season, free from cloud cover. The resulting NDVI spatial taxonomy shows values ranging between -0.60 and 0.96. On the basis of the NDVI spatial taxonomy, a land-cover map is elaborated by associating sets of land-cover types, characterized by similar features, to NDVI ranges. The association is based on author technical knowledge and on site observation. Finally, carbon sequestration capacity of each land-cover type, related to the three carbon pools indicated above, is identified based on the spatial database made available in the context of the Project "Charter of the land units and land use capability of Sardinia – First part (2011-2013)." The InVEST model provides estimates of carbon sequestration capacity for each land-cover type of the raster map on the basis of the carbon pools table derived from the spatial database of the above-mentioned Project (Nelson et al., 2008).

As for Duràn et al. (2013), protected areas play an important role in the conservation and maintenance of the natural ecosystems and their services. The relevant correlations between urban expansion, ecosystem protection and carbon capture and storage (Seto, Guneralp and Hutyrá, 2012) suggest that planning policies based on a balanced approach between moderate urban expansion and environment and ecosystem conservation are likely to contribute to conservation and possibly to increase in carbon sequestration (Sun, Xie and Zhao, 2019).

The negative impact on carbon sequestration is increased by the dynamics of land take. The additional influence of ongoing processes on carbon sequestration highlights that municipalities characterized by increasing land-take show a lower carbon sequestration capacity, which is consistent with what Stachura, Chuman and Sefrna, (2015) observe as regards the urban sprawl phenomenon, which increases soil consumption at an increasing rate as consequence of urbanization pressures. As a consequence, environmental protection measures aimed at reducing urban expansion opportunities are the main road which may eventually drive to a steady long-run conservation of carbon sequestration capacity. Under this perspective, as per Martínez-Fernández Ruiz-Benito and Zavala (2015); Hazeu et al. (2009), the establishment of new protected areas or the enlargement of existing ones is an important policy implication of the outcomes of the dissertation, since these measures entail shutting down or mitigating the ongoing land-taking processes, and maintaining the present carbon sequestration capacity of the municipal land. From this point of view, protection regimes such as those established under the provisions of the Habitats and Birds Directives (nos. 92/43/EEC and 2009/147/EC), that is, sites of the Natura 2000 Network (SN2Ns), are particularly effective since not only are they related to the protected areas but also to their surroundings, since any spatial policy, even not directly related to the land belonging to an SN2N, that could possibly generate negative impacts on SN2Ns, must undergo a specific environmental assessment, the procedure named “appropriate assessment”, which aims at preventing damages to the protected areas of the network.

A further relevant implication of the results of the dissertation is that regulations concerning environmental protection defined by municipal masterplans are rather flexible, and, in case of land take limitation or prohibition, they can be very specific, and, in so doing, not so much restrictive in terms of land uses, except when dealing with artificialization of land. At any rate, they should state that new proposed developments entail a detailed technical explanation concerning the impacts on land take and demonstrate that these impacts are negligible.

Finally, the spatial taxonomy of NDVI shows that parcels where carbon sequestration does occur are located not only in non-artificial areas, but also within the consolidated urban fabric, which implies that policies aimed at conserving carbon sequestration capacity can focus on urbanized land as well as on rural and wild areas.

Important policy implications can be derived from these questions. First, the zoning codes of municipal, province and regional spatial plans should either define new areas where land take is either limited or forbidden, or enlarge the existing ones, in order to conserve and possibly enhance carbon sequestration capacity. As a consequence, continuous and effective cooperation is needed since the definition and implementation of new regulations

on land uses entail shared and integrated visions from the involved public bodies on the objectives and land protection measures. For example, integration and collaborative efforts by local, province and regional administrations would entail a relevant improvement in the Sardinian regional planning practice, which, in recent years, has been featured by poor coordination (Zoppi and Lai, 2010).

Secondly, it is of paramount importance that experts in physical and natural science be part of the technical bodies who define and implement planning policies. The presence of this expertise is not usual in Italy, especially as regards the teams of the local plans (Leone and Zoppi, 2016).

A third important implication is related to the strategic environmental assessment (SEA) procedures, which are mandatory with reference to the definition of local plans, according to the Italian General Law on Environmental Protection. Such procedures entail the integration of environmental protection and sustainability-oriented objectives into spatial plans. This inclusion may partially change the planning structure and related zoning rules by including protection measures aimed at limiting or forbidding an increase in the artificialized land. That being so, the SEA procedure can be used to improve spatial plans in terms of conservation or enhancement of carbon sequestration capacity (Zoppi and Lai, 2014).

In the fourth place, since the establishment of new areas, or the enlargement of existing ones, where land take is forbidden or limited, are planning measures effective in addressing the question of carbon sequestration, a detailed spatial taxonomy of land take is needed, especially with reference to the spatial distribution of artificial and non-artificial land parcels and to its evolution through time, in order to define these measures in a proper way. Moreover, a general coordination of measures oriented at limiting or preventing land-taking processes is needed between municipal masterplans of towns and cities adjacent to each other. From this standpoint, in Sardinia a relevant role is played by the regional administration whose planning office manage the approval processes of regional and local plans.

Finally, measures which limit or prevent land take may possibly hinder traditional activities such as rural settlements, farming and grazing activities, and, in so doing, they are likely to generate conflicts which may possibly involve the local communities and municipalities (Leone and Zoppi, 2016; Kovács et al., 2015). The questions of participation, information delivery and public agreement on planning decisions should be carefully considered when defining and implementing policies to preserve or improve carbon sequestration capacity and inclusive processes should be projected to support decision-making and plan approval procedures.

This assessment would be very useful in defining and implementing policies to improve carbon sequestration capacity related to specific areas identified within the municipal fabrics.

References

- Albaladejo J., Ortiz R., García-Franco N., Ruiz Navarro A., Almagro M., García-Pintado J., Martínez-Mena, M. (2013), *Land use and climate change impacts on soil organic carbon stocks in semi-arid Spain*, *Journal of Soils and Sediments*, 13, pp. 265–277
- Andrade da Rocha N., Hansov IV, H.W.A., Kumble P., Hussein, J., Mourão Moura A.C. (2018), *The relationship between green areas and slope: Case study the city of Prague*, *DISEGNARECON*, 11 (20), pp. 14
- Arrhenius, S. (1896), *On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground*, *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 41 (Series 5), pp. 237–276
- Duràn A.P., Casalegno S., Marquet P.A., Gaston, K.J. (2013), *Representation of ecosystem services by terrestrial protected areas: Chile as a case study*, *PLoS ONE*, 8, pp. 1–8
- European Commission (2012), *Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing*, Brussels
- European Environment Agency (2012), *Climate Change Impacts and Vulnerability in Europe 2012*, Luxembourg: Publications Office of the European Union
- European Union (2011), *The EU biodiversity strategy to 2020*. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- Hazeu G.W., Múcher C.A., Swetnam R., Gerard F., Luque S., Pino J, Halada L. (2009), *Historic land cover changes at Natura 2000 sites and their associated landscapes across Europe*, D. Maktav (ed.), *Remote Sensing for a Changing Europe - Proceedings of the 28th Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories*, Istanbul, Turkey, 2-5 June 2008, Derya Maktav, Istanbul, pp. 226–231
- Jobbagy E.G., Jackson R.B. (2000), *The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation*, *Ecological Applications*, 10, pp. 423–436
- Kovács E., Kelemen K., Kalóczkai A., Margóczy K., Pataki G., Gébert J., Málovics G., Balázs B., Roboz A., Krasznai Kovács E., Mihók B. (2015), *Understanding the links between ecosystem service trade-offs and conflicts in protected areas*, *Ecosystem Services*, 12, pp.117–127
- Lal R., (2004), *Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security*, *Science*, 304, pp. 1623–1627
- Lal R. (2008), *Carbon sequestration*, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, pp. 815–830
- Lee J.H., Ko Y., McPherson E.G. (2016), *The feasibility of remotely sensed data to estimate urban tree dimensions and biomass*, *Urban Forestry & Urban Greening*, 16, pp. 208–220

- Leone F., Zoppi C. (2016), *Conservation measures and loss of ecosystem services: A study concerning the Sardinian Natura 2000 Network*, Sustainability, 8, 15 pp
- Maes J., Teller A., Erhard M., Liqueste C., Braat L., Berry P., Egoh B., Puydarrieux P., Fiorina C., Santos F., Paracchini M.L., Keune H., Wittmer H., Hauck J., Fiala I., Verburg P.H., Condé S., Schägner J.P., San Miguel J., Estreguil C., Ostermann O., Barredo J.I., Pereira H.M., Stott A., Laporte V., Meiner A., Olah B., Royo Gelabert E., Spyropoulou R., Petersen J.E., Maguire C., Zal N, Achilleos E., Rubin A., Ledoux L., Brown C., Raes C., Jacobs S., Vandewalle M., Connor D. and Bidoglio G. (2013), *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020*
- Martínez-Fernández J.M., Ruiz-Benito P., Zavala M.A. (2015), *Recent land cover changes in Spain across biogeographical regions and protection levels: Implications for conservation policies*, Land Use Policy, 44, pp. 62–75
- Millennium Ecosystem Assessment (2003). *Ecosystems and human well-being: A framework for assessment*. Washington, DC: Island Press text available at the website: http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf
- Muñoz-Rojas M., Jordán A., Zavala L.M., González-Peñaloza F.A., De la Rosa D., Pino-Mejias R., Anaya-Romero, M. (2013), *Modelling soil organic carbon stocks in global change scenarios: A CarboSOIL application*, Biogeosciences, 10, pp. 8253–8268
- Nelson E., Polasky S., Lewis D.J., Plantinga A.J., Lonsdorf E., White D., Bael D. and Lawler J.J. (2008), *Efficiency of incentives to jointly increase carbon sequestration and species conservation on a landscape*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 105, pp. 9471–9476
- Raciti S.M., Hutrya L.R., Newell J.D. (2014), *Mapping carbon storage in urban trees with multi-source remote sensing data: Relationships between biomass, land use, and demographics in Boston neighbor-hoods*, Science of the Total Environment, 500-501, pp.72–83
- Rao P., Hutrya L.R., Raciti S.M., Finzi A.C. (2013), *Field and remotely sensed measures of soil and vegetation carbon and nitrogen across an urbanization gradient in the Boston metropolitan area*, Urban Ecosystems, 16, pp. 593–616
- Seto K.C., Guneralp B. and Hutrya L.R. (2012), *Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools*, Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America, 109, pp. 16083–16088.
- Stachura J., Chuman T. and Sefrna, L. (2015), *Development of soil consumption driven by urbanization and pattern of built-up areas in Prague periphery since the 19th century*, Soil and Water Resources, 10, pp. 252–261.
- Sun Y., Xie S., Zhao, S. (2019), *Valuing urban green spaces in mitigating climate change: A city-wide estimate of aboveground carbon stored in urban green spaces of China's Capital*, Global Change Biology, 00, pp. 1–16
- Tucker C.J. (1979), *Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*, Remote Sensing of Environment, 8, pp.127–150

- United Nations (2016). Report of the conference of the parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015, text available at the website: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>
- World Meteorological Organization (2018). WMO statement on the state of the global climate in 2017. Geneva, Switzerland: Publications Board, World Meteorological Organization, text available at the website: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4453
- Yigini Y., Panagos, P. (2016), *Assessment of soil organic carbon stocks under future climate and land cover changes*, Science of The Total Environment, 557-558, pp. 838–850
- Zoppi C., Lai S. (2010), *Assessment of the Regional Landscape Plan of Sardinia (Italy): A participatory-action-research case study type*, Land Use Policy, 27, pp. 690–705
- Zoppi C., Lai S. (2014), *Land-taking processes: An interpretive study concerning an Italian region*, Land Use Policy, 36, pp. 369–380

Parte prima

Teoria e governance dei servizi ecosistemici

Premessa

La questione della pianificazione sostenibile, e più specificatamente la necessità di includere i SE nella pratica pianificatoria, sono alcuni dei temi maggiormente consolidati e condivisi all'interno delle strategie internazionali e nella ricerca accademica; per contro, questi temi sono poco conosciuti e difficilmente applicabili nell'ambito della pianificazione territoriale ed urbanistica. In altre parole, la pianificazione è caratterizzata da una dicotomia tra teoria e pratica; tuttavia, la crisi ambientale che stiamo attraversando pone la pianificazione ecosistemica al centro del dibattito della disciplina pianificatoria e, restituisce alla pianificazione la responsabilità verso le istanze della natura (Pileri, 2007). Dal punto di vista concettuale, la presente Sezione, attraverso una revisione della letteratura in tema di pianificazione del territorio e SE, fa chiarezza sull'evoluzione e sul significato del concetto di "servizi ecosistemici" inquadrandoli all'interno dell'agenda europea, nazionale e regionale al fine di definirne il contesto in cui si sviluppa questa ricerca. Nel Capitolo 1 "Servizi ecosistemici" si descrive il supporto teorico del SE di sequestro e stoccaggio di carbonio e i suoi possibili utilizzi nei processi di formazione del piano. Nel Capitolo 2 "Servizi ecosistemici e governo del territorio" si esplica il concetto di SE nel panorama legislativo europeo, nazionale e sardo.

1. Servizi ecosistemici

L'introduzione del concetto di "servizi forniti dai sistemi naturali" avviene negli anni Settanta, quando i servizi resi dagli ecosistemi iniziano ad essere percepiti come un beneficio per l'uomo. Negli anni il concetto ha subito diverse e differenti evoluzioni, si è passati dal termine "servizi pubblici" (Ehrlich et al., 1977) a quello di "servizi della natura" (Westman, 1977) per arrivare al termine più comunemente conosciuto di "servizi ecosistemici" usato per la prima volta nel 1981 da Ehrlich et al., 1977, Mooney e Ehrlich, 1997. Il Millennium Ecosystem Assessment (MA) nel 2003 definisce i SE come i "benefici forniti dagli ecosistemi al genere umano". Il concetto di SE nasce negli Stati Uniti nel campo delle disciplina ecologica ed economica (Lakerveld, 2012), si è poi rapidamente diffuso in altri paesi, interessando diverse discipline tra cui: la pianificazione, la sociologia, la geografia e la politica. Negli anni Settanta l'interesse per i SE, confinato al mondo accademico, ha interessato l'ecologia con particolare attenzione alle funzioni degli ecosistemi (Braat e de Groot, 2012) e l'economia con particolare attenzione alla quantificazione dei SE (Carpenter et al., 1995). Nel 1997 le pubblicazioni di Daily "Nature Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems" e di Costanza et al. "The value of the world's ecosystem services and natural capital" contribuiscono alla diffusione del concetto di SE e favoriscono, in particolare, la ricerca scientifica legata alla valutazione monetaria (Gómez-Baggethun et al., 2010). L'espansione del concetto dal mondo accademico alla politica è da ricondurre alla nozione di pagamenti per i servizi ecosistemici (PES). Nel 2012 viene istituita la piattaforma intergovernativa sulla biodiversità e sui servizi degli ecosistemi Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). La piattaforma che rappresenta un'interfaccia tra comunità scientifica, governi e altri portatori di interessi, ha il compito di evidenziare e raccogliere problematiche importanti sulla biodiversità, di ricercare e analizzare dati e informazioni riguardanti il tema della biodiversità e dei SE funzionalmente alla pubblicazione e diffusione di rapporti regionali e globali sullo stato della biodiversità e dei SE. La vecchia dicotomia che vedeva in competizione l'uomo e la natura lascia, quindi, il posto a nuove interpretazioni basate sulle interconnessioni e dipendenze tra uomo e natura (Chaudhary et al., 2014).

Dalla pubblicazione del MA si sono moltiplicati i progetti internazionali per la loro classificazione e valutazione, tra i quali: il The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB), e il Common International Classification of Ecosystem and Services (CICES) (Haines-Yong e Potschin 2013). Il MA è un progetto di ricerca internazionale, promosso dalle Nazioni Unite nel 2001 e conclusosi nel 2005, che individua lo stato degli ecosistemi globali, valuta le conseguenze dei cambiamenti degli ecosistemi sul benessere umano e fornisce una valida base scientifica per la formulazione di azioni necessarie alla conservazione e all'uso sostenibile degli ecosistemi. Fornisce, inoltre, delle indicazioni per il loro ripristino e miglioramento. Il TEEB è un progetto internazionale promosso nel 2007 dai ministri dell'ambiente dei governi dei paesi del G8+5, riuniti a Potsdam, in Germania. Il progetto rappresenta un'analisi del beneficio economico globale generato dalla biodiversità e definisce delle metodologie di valutazione economica della biodiversità e dei

SE, al fine di dotare i decisori degli strumenti necessari per integrare il valore reale degli stessi nelle loro decisioni. Il CICES è un progetto in itinere, la cui prima bozza è stata depositata nella riunione di esperti organizzata dall'EEA, nel dicembre 2009. A questa seguono diverse versioni, fino all'ultima CICES v4.3, del gennaio 2013. Anche CICES, come TEEB, assume come punto di partenza la tipologia di SE proposta dal MA. La proposta di CICES soddisfa due requisiti fondamentali secondo i quali qualsiasi nuova classificazione deve essere coerente con le tipologie di SE attualmente utilizzate nella letteratura internazionale e dev'essere compatibile con la progettazione di un sistema integrato. Anche se si riconosce l'importanza di una diversità di approcci, l'uso di più sistemi di classificazione rende il confronto, l'integrazione tra gli studi e le valutazioni più difficili. Per questo motivo, nell'ambito dell'attuazione dell'Azione 5 della Strategia dell'UE per la Biodiversità fino al 2020, il gruppo di lavoro Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES) (European Union, 2013 a), istituito allo scopo di sostenere gli Stati membri nel lavoro di valutazione e mappatura degli ecosistemi e dei loro servizi nel loro territorio nazionale, individua come base comune il sistema di classificazione internazionale CICES. Il sistema CICES suddivide i SE in:

- servizi di approvvigionamento, beni e materie prime (l'acqua, le fibre, i materiali genetici, la produzione di cibo e i combustibili come il legname);
- servizi di regolazione, regolano i processi fisici, biologici ed ecologici (il clima, il sequestro di carbonio, la qualità di acqua e aria, arrivando a mitigare rischi naturali come l'erosione, i dissesti idrogeologici o il cambiamento climatico);
- servizi culturali, includono benefici non materiali (es. l'arricchimento spirituale e intellettuale, i valori ricreativi ed estetici).

1.1 Sequestro e stoccaggio di carbonio

Dopo aver analizzato i SE nell'evoluzione del termine, nel loro significato, trattazione e classificazione, in particolare, nel presente paragrafo si sceglie di analizzare il SE di sequestro e stoccaggio di carbonio.

La crescente preoccupazione per l'impatto dei cambiamenti climatici, dovuti all'aumento della concentrazione dei gas serra in atmosfera e i vincoli sulle emissioni di CO₂ imposti dalle politiche sul cambiamento climatico, hanno spinto la comunità scientifica verso l'individuazione di opportuni processi per la riduzione del CO₂ contenuto in atmosfera, incentivando la ricerca verso metodologie di pianificazione territoriale orientate alla mitigazione dei cambiamenti climatici e dei loro impatti. Allo stato attuale delle conoscenze, la riduzione del CO₂ può essere raggiunta attraverso la combinazione di tecniche di contenimento delle emissioni e tecniche di sequestro, come riconosciuto dal

protocollo di Kyoto. Il sequestro di carbonio è definito come un fenomeno naturale attraverso il quale gli ecosistemi terrestri come foreste, praterie e torbiere rimuovono il CO₂ dall'atmosfera immagazzinandolo nella biomassa vegetale e nel suolo (Lal, 2008). Queste interazioni tra suolo e atmosfera regolano il clima e sono fortemente influenzate dal cambiamento della copertura del suolo (Jobbagy, Jackson, 2000). Pertanto, gli spazi verdi e il suolo sono attori chiave nel ciclo globale del CO₂ fornendo il servizio di sequestro e stoccaggio di carbonio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; European Commission, 2012). Il suolo, base vitale per gli ecosistemi terrestri, svolge un ruolo fondamentale nel ciclo globale del carbonio fornendo quasi tre quarti delle scorte di carbonio dei biomi terrestri (Edmondson et al., 2014). Rappresenta, infatti, la più grande riserva di carbonio organico (Lal, 2004), oltre che la più influenzabile dall'azione umana. In generale, la quantità di carbonio stoccata nel suolo è significativamente maggiore rispetto a quella stoccata nella biomassa vegetale (European Environment Agency, 2012). Per questo, anche piccole variazioni nella concentrazione di carbonio nel suolo possono avere un impatto rilevante sulla concentrazione di CO₂ in atmosfera (Muñoz-Rojas et al., 2013) e contribuire all'aumento della temperatura globale (Arrhenius, 1896). Quindi, l'uso sostenibile del suolo quale bene comune e risorsa non rinnovabile, e la valutazione degli stock di carbonio svolge un ruolo chiave nelle politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici e dei loro impatti (Yigini e Panagos, 2016).

2 Governance del territorio

In un'epoca in cui la crescente complessità delle trasformazioni territoriali esercita delle pressioni e talvolta delle minacce sul sistema ambientale, la pianificazione territoriale si sovrappone alla pianificazione paesaggistica in un'ottica di sviluppo sostenibile. Questa sezione, finalizzata alla delineazione di un quadro complessivo della teoria dei SE nell'attuale governo del territorio, vuole fornire una dettagliata rassegna a livello europeo, nazionale e regionale. In particolare, si pone come supporto conoscitivo alla definizione di una nuova governance dello spazio quale complesso sistema di risorse.

2.1 Servizi ecosistemici nel contesto europeo

In ottemperanza agli impegni internazionali per la salvaguardia, la gestione del patrimonio naturale e culturale e un suo sostenibile delle risorse come garanzia per il mantenimento del benessere umano, l'UE mette in atto una serie di strumenti di indirizzo a supporto della pianificazione territoriale. L'impegno europeo per un uso sostenibile delle risorse naturali si concretizza con la Convenzione Europea del Paesaggio e con la Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020.

La Convenzione Europea del Paesaggio, sottoscritta a Firenze il 20 ottobre del 2000, ratificata nel 2006 dagli Stati membri, promuove uno sviluppo sostenibile fondato su un rapporto di equilibrio tra bisogni sociali, attività economica e ambiente. La Convenzione, riconoscendo il paesaggio quale elemento essenziale per il benessere dell'uomo, rappresenta un cambio di direzione nel quadro culturale e legislativo europeo. In particolare, avvia una nuova stagione di pianificazione e programmazione territoriale in grado di garantire la salvaguardia e la gestione sostenibile del territorio. All'art. 1.a definisce il paesaggio come "una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni". La Convenzione, oltre a dare una definizione univoca di paesaggio include per la prima volta all'interno del concetto di paesaggio anche i territori e le aree degradate (art. 2). Infine, supera la dicotomia tra tutela del paesaggio e disciplina urbanistica (art.5.d) e il rigido concetto di tutela inteso come impedimento di qualsiasi trasformazione in favore di un concetto di tutela volto a garantire il governo del paesaggio al fine di orientare e di armonizzare le sue trasformazioni in termini di sviluppo sociale, economico ed ambientale (art.1.e). Questa nuova visione rende possibile collegare il concetto di paesaggio a quello di biodiversità ma soprattutto di SE (Santolini, 2008).

Nel 2011 la Commissione Europea definisce, attraverso la Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020, un quadro di obiettivi e azioni volti a "porre fine alla perdita di biodiversità e al degrado dei servizi ecosistemici nell'UE entro il 2020 e ripristinarli nei limiti del possibile, intensificando al tempo stesso il contributo dell'UE per scongiurare la perdita di biodiversità a livello mondiale". In particolare, la strategia fondata sul riconoscimento del valore intrinseco della biodiversità e dei SE, con l'azione Migliorare la conoscenza degli ecosistemi e dei relativi servizi nell'UE, invita gli Stati membri a valutare e mappare nei rispettivi territori nazionali lo stato degli ecosistemi e dei relativi servizi (Unione Europea, 2011).

2.2 Servizi ecosistemici nel contesto italiano

Nell'ambito degli impegni assunti con la ratifica della Convenzione Europea del Paesaggio e la Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020, l'Italia elabora il Codice dei beni culturali e del paesaggio, D.Lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004, e la Strategia Nazionale per la Biodiversità.

La Strategia avvia in Italia il dibattito sulla definizione di paesaggio che porta ad una sua definizione giuridica "per paesaggio si intende una parte omogenea di territorio i cui caratteri derivano dalla natura, dalla storia umana o dalle reciproche interrelazioni" (art. 131 del Codice dei beni culturali e del paesaggio). Oltre al concetto di paesaggio il Codice

include quello di bene paesaggistico, infatti nella parte terza all'art. 134 si definiscono i beni paesaggistici. Il Codice, dunque, mantiene una duplicità concettuale tra paesaggio e beni paesaggistici; da una parte il paesaggio rappresentato dall'intero territorio e dall'altra i beni paesaggistici. Inoltre, con il riconoscimento del territorio ai fini paesaggistici, pone fine al sistema di tutela basato sul vincolo di singole parti di territorio che ha caratterizzato la tutela paesaggistica italiana (Ficorilli, 2008).

Con la Strategia nazionale per la biodiversità del 2010, l'Italia conferma l'impegno assunto per arrestare la perdita di biodiversità entro il 2020 attraverso tre obiettivi strategici e complementari, volti a garantire: i. la conservazione della biodiversità e dei SE; ii. la mitigazione degli effetti dei cambiamenti ambientali e climatici in atto; iii. l'integrazione della protezione ambientale all'interno delle politiche economiche. In ragione della trasversalità tematica della Strategia, il conseguimento degli obiettivi strategici viene affrontato nell'ambito di quindici aree tematiche, per ciascuna delle quali vengono individuate le principali minacce e criticità, identificati gli obiettivi specifici e definite le priorità di intervento. L'integrazione della conservazione della biodiversità e dei SE nelle politiche di settore è prevista nell'ambito della programmazione economica comunitaria 2014-2020 e della L. n. 221 del 28 dicembre 2015 Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali.

2.3 Servizi ecosistemici nel contesto regionale della Sardegna

In attuazione alla Strategia Nazionale per la Biodiversità il 28 dicembre 2011 il Servizio Tutela della natura dell'Assessorato regionale della Difesa dell'Ambiente ha sottoscritto il Protocollo d'intesa tra il MATTM per dare avvio alle attività degli osservatori e/o uffici regionali e provinciali per la biodiversità. Nell'ambito delle attività previste per l'attuazione del Protocollo, la Regione promuove diverse e differenti iniziative inerenti al monitoraggio degli habitat, delle specie di importanza comunitaria e delle specie endemiche e istituisce, il 12 novembre 2012, l'Osservatorio regionale permanente per la biodiversità, il paesaggio per la biodiversità, il paesaggio rurale e lo sviluppo sostenibile. L'Osservatorio rappresenta la struttura tecnica e operativa preposta al coordinamento: i. delle attività tecnico-scientifiche in materia di conservazione e monitoraggio della biodiversità ii. delle relazioni istituzionali con i competenti organi statali.

In ottemperanza alla Strategia nazionale per la biodiversità, nell'ambito della programmazione economica comunitaria 2014-2020, in particolare con il POR FESR Sardegna 2014-2020, Asse Prioritario V Tutela dell'ambiente e prevenzione dei rischi e Asse Prioritario VI Uso efficiente delle risorse e valorizzazione degli attrattori naturali,

culturali e turistici, la Regione Sardegna persegue obiettivi che intercettano i principali temi della sostenibilità ambientale tra i quali: cambiamenti climatici, difesa del suolo e gestione del patrimonio naturale.

2.3.1 Piano paesaggistico regionale

Il PPR, approvato con D.G.R. n. 36/7 del 5 settembre 2006 della Regione Autonoma della Sardegna, elaborato in ottemperanza al Codice dei beni culturali e del paesaggio, pone fine al lungo periodo di vuoto legislativo derivante dall'annullamento degli strumenti di programmazione urbanistica territoriale. Il PPR rappresenta uno strumento di governo del territorio che persegue il fine di preservare, tutelare e valorizzare la biodiversità, la salvaguardia del territorio e la valorizzazione del paesaggio attraverso la promozione di forme di sviluppo sostenibile. Il Piano analizza il territorio regionale in riferimento a tre assetti: ambientale, storico-culturale e insediativo. Per ogni assetto sono individuati i beni paesaggistici, i beni identitari e le componenti di paesaggio, con i relativi indirizzi e prescrizioni. Le NTA all'art. 3, stabiliscono che i principi contenuti nel PPR rappresentano "il quadro di riferimento e di coordinamento per lo sviluppo sostenibile del territorio regionale, fondato su un rapporto equilibrato tra i bisogni sociali, l'attività economica e l'ambiente, in coerenza con la Convenzione Europea del Paesaggio e con lo Schema di Sviluppo dello Spazio Europeo".

Attualmente il PPR, che esclude gli ambiti di paesaggio interno, suddivide la fascia costiera in 27 ambiti di paesaggio per ciascuno dei quali individua specifici indirizzi. All'art. 107 Adeguamento della disciplina urbanistica comunale, individua le tempistiche con cui i comuni devono adeguare i propri strumenti urbanistici alle disposizioni del PPR. In particolare, la procedura per l'adeguamento dei PUC al PPR è regolamentata dal punto di vista urbanistico dall'art. 20 della L. R. n. 45 del 1989 e, dal punto di vista ambientale con la VAS dal D.Lgs. n. 152 del 2006, che recepisce la Direttiva Europea 2001/42/CE. Infatti, come previsto dall'art. 6 Oggetto della disciplina, del D.Lgs. n. 152 i PUC rientrano in quella categoria di piani che devono essere sottoposti a VAS.

2.3.2 Linee guida per l'adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al Piano paesaggistico regionale e al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico

A partire dal 2007, la Regione Sardegna ha elaborato delle Linee Guida per l'adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al Piano paesaggistico regionale e al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, già approvate con D.G.R. n. 67 del 10/07/2006 ai sensi della L.R. n. 4 del 11/05/2006, art. 21, c. 4. L'adeguamento implica il pieno recepimento dei contenuti descrittivi, prescrittivi e propositivi del PPR relativamente all'assetto

ambientale, storico-culturale ed insediativo e di quanto specificamente indicato nelle schede degli ambiti di paesaggio.

Nel quadro delle azioni strategiche le NTA del PPR prevedono la “conservazione e tutela, il mantenimento, miglioramento o ripristino dei valori paesaggistici riconosciuti all’interno degli ambiti di paesaggio” (art.7. c. 1) conferendo alla pianificazione urbanistica comunale contenuti di valenza paesaggistica. I Comuni nell’ambito dell’adeguamento della propria disciplina urbanistica alle prescrizioni del PPR, provvedono con gli strumenti urbanistici di propria competenza a: “individuare i caratteri connotativi della propria identità e delle peculiarità paesaggistiche, analizzando le interazioni tra gli aspetti storico-culturali dell’ambiente naturale e antropizzato e promuovere il mantenimento e la valorizzazione” e a “definire le condizioni di assetto necessarie per realizzare un sistema di sviluppo sostenibile a livello locale” (art. 107 c. 3).

2.3.3 Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei Piani Urbanistici Comunali

La procedura di VAS è un processo finalizzato a garantire l’integrazione della dimensione ambientale nei processi di pianificazione, attraverso l’interazione tra la pianificazione e la valutazione, durante tutto il processo di redazione del piano. La VAS si definisce, quindi, come un processo endoprocedimentale, fatto di continui feedback relativi alla verifica di coerenza del piano con gli obiettivi di sostenibilità ambientale contribuendo, quindi, all’integrazione delle considerazioni ambientali fin dalle prime fasi di elaborazione del piano. Al fine di uniformare la procedura urbanistica di approvazione di un PUC e la procedura relativa alla VAS, con D.G.R. n. 44/51 del 14 dicembre 2010 la Regione Autonoma della Sardegna approva le “Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei Piani Urbanistici Comunali”. Le linee guida illustrano il percorso metodologico per l’attuazione di quanto stabilito dal D.Lgs. n. 152 del 2006 e dalla Direttiva Europea 2001/42/CE, con specifico riferimento al caso di un PUC. Il rapporto ambientale costituisce l’elemento centrale della VAS del PUC, infatti contiene le informazioni necessarie per valutare lo stato dell’ambiente nel territorio comunale. Una delle fasi fondamentali della VAS è rappresentata dall’analisi ambientale che consiste nel rilevare per ognuna delle tematiche ambientali individuate, una serie di informazioni inerenti lo stato delle risorse naturali e le relative pressioni esercitate su queste da fattori antropici. Per ciascuna delle tematiche ambientali è redatta una scheda di sintesi in cui sono indicate le informazioni per l’analisi delle singole componenti. Sulla base delle informazioni reperite e delle relative elaborazioni, al fine di rappresentare in maniera sintetica i risultati dell’analisi ambientale si applica la SWOT, un’analisi ragionata del

contesto territoriale, avente il principale scopo di individuare le opportunità di sviluppo di un territorio derivanti dalla valorizzazione dei punti di forza e dal contenimento dei punti di debolezza, alla luce del quadro di opportunità e rischi che, di norma, deriva dalle azioni previste nel piano. In particolare, l'analisi SWOT si pone come valido strumento di supporto alla pianificazione e alle strategie di sviluppo del territorio in relazione ad un obiettivo globale di sviluppo sostenibile, evidenziando in che modo la strategia di sviluppo delineata dal PUC potrà contribuire allo sviluppo sostenibile del contesto territoriale o, viceversa, quali effetti negativi rischia di comportare.

Riflessioni finali

Il rapporto tra concettualizzazione e operatività è una questione centrale nel dibattito sui SE, data la natura antropocentrica del concetto qualsiasi decisione ha, infatti, delle ricadute collettive (Fisher et al., 2009). Dalla breve rassegna dei principali strumenti di programmazione europea e nazionale e degli strumenti di gestione e pianificazione regionale possono essere fatte alcune considerazioni in relazione al trasferimento dei riferimenti teorici alla pratica pianificatoria. Il concetto di SE risulta ampiamente utilizzato se si guarda la scala europea e nazionale, come politiche di conservazione della biodiversità e di valorizzazione del paesaggio. Diversamente, a livello regionale, si evidenzia una totale mancanza o un riferimento indiretto ai SE, talvolta, infatti, le questioni legate ai SE vengono affrontate implicitamente come nel caso del PPR. Tuttavia, gli strumenti che non affrontano in maniera esplicita il concetto, non muovendosi all'interno del quadro programmatico europeo, non possono essere rappresentativi di una reale integrazione dei SE nei processi di pianificazione e quindi di un superamento delle attuali tassonomie legate alla rendita fondiaria in favore dimensione ecologica. Effettivamente, il passaggio e la diffusione dei concetti di: classificazione, valutazione e mappatura dei SE, alla base di programmi e iniziative legislative europee e nazionali, rimane particolarmente difficoltosa (Potschin et al., 2011). Le ragioni sono da ricercare nella comprensione, condivisione e trasferimento dei riferimenti teorici all'ambito decisionale (Cowell & Lennon, 2014; Posner et al., 2016; Ruckelshaus et al., 2015).

Dal punto di vista pratico emerge, quindi, la necessità di una riflessione sul quadro delineato dall'UE e una comprensione del livello di pianificazione idoneo all'analisi e alla valutazione dei SE. A questo proposito potrebbe essere utile la messa a punto di uno schema (Figura 2.1) che illustri i livelli di tutela, le relazioni e le linee strategiche del quadro normativo-pianificatorio appena descritto.

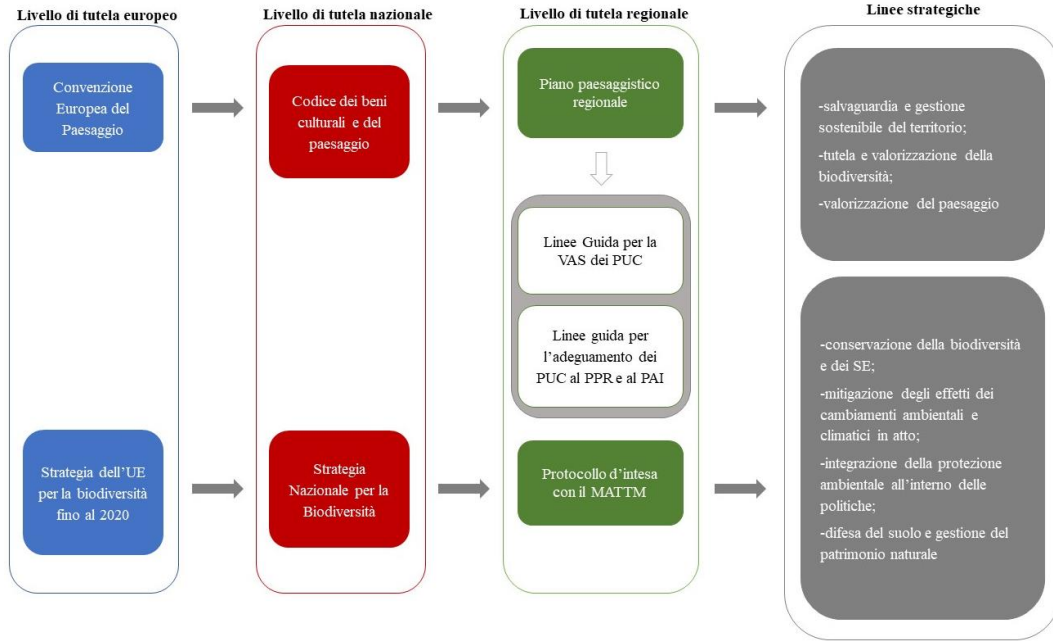


Figura 2.1 | Diagramma livelli di tutela e linee strategiche

Parte seconda

**Valutazione diretta del servizio ecosistemico
di sequestro e stoccaggio di carbonio:
uno studio a livello regionale, metropolitano
e comunale**

Premessa

Dopo aver analizzato l'evoluzione del concetto di SE e la sua trattazione nelle politiche territoriali, il quadro che emerge dalla parte prima è di grande complessità e articolazione e trova riferimento nelle problematiche legate al trasferimento del concetto di SE dalla teoria alla pratica pianificatoria.

In particolare, nel Capitolo 3 “Valutazione del servizio ecosistemico di sequestro e stoccaggio di carbonio” si sceglie di condurre un approfondimento valutativo attraverso un processo di downscaling. I metodi di valutazione e mappatura forniscono infatti un supporto efficace per valutare la fornitura dei SE (Kremer e Hamstead, 2016). Inoltre, un'importante azione di discesa di scala è in grado di identificare, con l'utilizzo di nuovi strati informativi, le specificità del SE di sequestro e stoccaggio di carbonio presenti nei microambiti territoriali e o urbani. Con riferimento alla Sardegna, si affronta una valutazione e mappatura top-down, dalla scala regionale alla scala urbana, del SE di sequestro e stoccaggio del carbonio organico. Quella che si propone è una nuova visione del territorio, uno strato informativo che rappresenta una novità in termini di approccio operativo alle trasformazioni territoriali e urbanistiche. Nel capitolo 4 “Spazi verdi e aree urbane” si analizzano le correlazioni tra alta e bassa densità urbana con riferimento al contesto dell'UE. Il Capitolo 5 “Consumo di suolo e sequestro di carbonio” evidenzia una serie di importanti implicazioni sulla relazione che intercorre tra la capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio e il consumo di suolo con riferimento al contesto territoriale della Sardegna.

3. Valutazione del servizio ecosistemico di sequestro e stoccaggio di carbonio

Le aree urbane, responsabili per circa il 75% dell'emissione di CO₂ (Marcotullio et al, 2013; Grubler et al, 2012), sono generalmente considerate degli emessori e, il loro contributo in termini di sequestro e stoccaggio di CO₂ è del tutto trascurato (Churkina, 2008). Secondo la National Oceanic and Atmospheric Administration degli USA la concentrazione in atmosfera di CO₂ è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 280 parti per milione (ppm) a un valore di 396 ppm nel 2014 e, nell'ultimo decennio l'aumento medio annuale è stato pari a 2,04 ppm (Mirabile, 2015). Da qui la necessità alla scala urbana non solo di contenere le emissioni di CO₂, ma anche di incentivarne lo stoccaggio, per affrontare in maniera integrata la lotta all'inquinamento atmosferico e alla mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

La frammentazione tipica delle aree urbane crea un mosaico di coperture del suolo che spazia dai suoli ricoperti da superfici impermeabili o semi-permeabili (aree residenziali, argini) ai suoli naturali o seminaturali (es. parchi urbani, ville storiche, aree protette, aree agricole). Questi ultimi, parti essenziali dell'ecosistema urbano, contribuiscono al sequestro di CO₂ e forniscono numerosi servizi quali la mitigazione dell'isola di calore urbana e la disponibilità di aree verdi fruibili ai cittadini per il tempo libero (Mirabile, 2015). Per questo la Strategia Nazionale per la Biodiversità, adottata dalla Conferenza Stato – Regioni il 7 ottobre 2010, prevede il recupero delle aree naturali interne alle città (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2010). La perdita di naturalità indotta dai processi di antropizzazione ovvero asportazione, impermeabilizzazione, urbanizzazione e inquinamento, sono considerati la causa principale della degradazione del suolo e della perdita delle proprie funzioni, oltre che la causa della limitata percezione del valore ecologico delle aree urbane.

Tuttavia, nonostante il limitato contributo del servizio di sequestro e stoccaggio di CO₂ in area urbana rispetto alle aree protette, l'elevata concentrazione di beneficiari¹ assegna al servizio un valore significativamente alto (Gómez-Baggethun e Barton, 2013). Questa tesi è supportata dai dati demografici mondiali che indicano una progressiva e costante crescita della popolazione urbana (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015).

La scarsità di informazioni sul contributo offerto dell'ecosistema urbano in termini di sequestro e stoccaggio di CO₂, attribuisce indistintamente a tutto l'ambito urbano nessuna capacità di stoccare carbonio e rappresenta un ostacolo alla messa a punto di strumenti per

¹ La Città di Cagliari, con 52,7 m² di verde per abitante, è tra le dodici città italiane in cui l'incidenza del verde urbano e delle aree naturali protette è superiore alla media (31,1 m² ad abitante). <https://www.istat.it/it/files/2016/05/VERDE-URBANO.pdf>

la tutela e il ripristino delle funzionalità ecosistemiche rese dal suolo. Nonostante l'interesse della ricerca scientifica verso i SE sia cresciuta considerevolmente negli ultimi anni (Daily e Matson 2008), i SE nelle città sono ancora poco studiati. Questa carenza di informazioni ha portato ad una situazione in cui la pianificazione territoriale si basa su informazioni inadeguate rispetto alle reali funzioni dell'ecosistema urbano. Sebbene non ancora ampiamente utilizzati nelle pratiche di pianificazione, i SE in accordo con l'“approccio ecosistemico”, stabilito dalla Convention on Biological Diversity possono fornire un'opportunità per la definizione di nuove tassonomie territoriali per lo sviluppo di regioni urbane ecologicamente sostenibili. La valutazione e la mappatura, condotte attraverso un'analisi top-down dalla scala regionale alla scala urbana, del Servizio tentano di delineare una possibile risposta al problema della valutazione nei suoli urbani, attraverso un approccio ecosistemico a sostegno delle decisioni governative e della gestione del territorio. Questo approccio, che considera il suolo come una risorsa finita e non rinnovabile, è in grado di integrare la valutazione dei benefici ambientali forniti dal suolo nelle scelte di governo e gestione del territorio.

3.1 Il modello Carbon Storage and Sequestration

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 sulla perdita degli ecosistemi e dei loro servizi. Pertanto, una riflessione volta a sistematizzare la base di conoscenze e garantire una visione d'insieme del territorio si configura come necessaria per superare l'attuale approccio pianificatorio. È, quindi, necessario che si rendano disponibili strumenti per una valutazione ex-ante dello stato di fatto e degli effetti che le politiche relative ai cambiamenti di uso del suolo generano sugli ecosistemi e sulla loro capacità di fornire SE (Santolini, 2010).

Con riferimento a tali questioni, si propone un approccio valutativo come processo incrementale e di apprendimento continuo, finalizzato alla costruzione di scelte che siano quanto più efficaci possibili, in riferimento all'ambito territoriale di analisi. Il processo valutativo utilizzato per stimare la capacità potenziale di sequestro e stoccaggio di carbonio si avvale del modello Carbon Storage and Sequestration del software InVEST², sviluppato

² InVEST è una suite di modelli software gratuiti e open source utilizzati per mappare e valutare i servizi ecosistemici, consentendo ai decision makers di quantificare i tradeoffs associati alle differenti alternative e individuare le aree in cui gli investimenti nel capitale naturale possono migliorare il benessere umano. InVEST comprende attualmente diciotto distinti modelli per la valutazione e mappatura di servizi ecosistemici terrestri, d'acqua dolce, marini e costieri, nonché una serie di strumenti di supporto per l'elaborazione dei dati in input e migliorare la visualizzazione degli output. Tutti i software sono dei modelli spaziali, utilizzano delle mappe come dati di input e restituiscono come output mappe e valori biofisici (ad esempio tonnellate di carbonio sequestrate) o valori economici (ad esempio, il valore attuale netto di quel carbonio

da Natural Capital Project, per integrare il valore che la natura fornisce alla società in tutte le principali decisioni. Il modello si basa sulla spazializzazione della misura del carbonio organico stoccato per tipologia d'uso e copertura del suolo in ognuno dei quattro serbatoi di carbonio. In particolare, Carbon Storage and Sequestration stima la quantità netta di carbonio immagazzinata in un suolo in relazione alla carta dell'uso del suolo e alla quantità di carbonio immagazzinata nei quattro serbatoi:

- biomassa epigea, la quale comprende l'insieme dei tessuti che costituiscono le parti aeree degli organismi vegetali viventi (fusti, rami, ceppaie, inclusa la corteccia, foglie, semi e frutti);
- biomassa ipogea, la quale comprende gli apparati radicali di organismi vegetali viventi;
- necromassa, la quale comprende i residui vegetali legnosi più grossolani;
- suolo, il quale comprende il carbonio organico presente negli strati organici e minerali, incluse le radici più fini, fino ad una profondità convenzionale di 30 cm.

Per ciascun tipo di uso e copertura del suolo il modello richiede in input la carta dell'uso e copertura del suolo in formato raster e una tabella in formato csv in cui a ciascun uso e copertura del suolo deve corrispondere un valore di stoccaggio di carbonio per ognuno dei quattro serbatoi espresso in megagrammi per ettaro. Il modello restituisce in output, per ogni serbatoio, una mappa in formato raster contenente i dati di carbonio stoccato espressi come megagrammi di carbonio per pixel. Il modello presenta alcune limitazioni legate alla semplificazione del ciclo del carbonio e all'esclusione di condizioni biofisiche importanti per il sequestro del carbonio come: i tassi di fotosintesi e la presenza di organismi del suolo (Mirabile et al, 2015).

3.2 Identificazione dell'ambito territoriale di approfondimento

3.2.1 Ambito regionale

Il primo ambito territoriale di approfondimento coinvolge l'intero territorio della Regione Sardegna con una superficie di circa 24.000 km². Dall'analisi della carta dell'uso dei suoli, in scala 1:250000 e aggiornata al 2008, le “superfici artificiali” occupano il 3,2%, le “superfici agricole utilizzate” il 38,3%, i “territori boscati e ambienti semi-naturali” il 57,3%, le “zone umide” lo 0,4% e i “corpi idrici” lo 0,8%. In particolare, le “superfici

sequestrato). La risoluzione spaziale delle analisi, strettamente legata al grado di dettaglio dei dati in input, consente agli utenti di rispondere a domande su scala locale, regionale o globale. Per visualizzare i dati di output, trattandosi di modelli spaziali, è necessario un software di mappatura GIS.

artificiali” sono prevalentemente distribuite nelle aree costiere, nell’area metropolitana di Cagliari e nei contesti di Sassari, Olbia e Oristano; le “superfici agricole” si concentrano prevalentemente negli ambiti pianeggianti tra il cagliaritano e l’oristanese e in generale nel settore occidentale dell’Isola, come riportato in Figura 3.1.

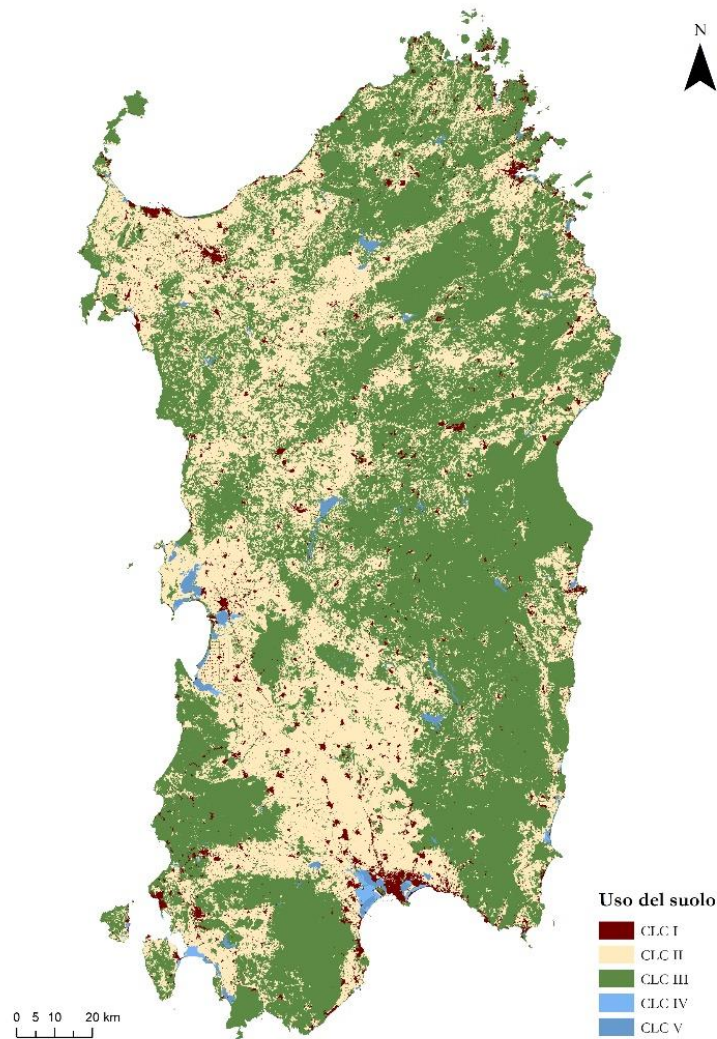


Figura 3.1 | Carta dell’uso dei suoli della Sardegna, aggiornata al 2008

Nel territorio isolano, come riportato in Figura 3.2, sono stati identificati 124 Siti appartenenti alla Rete Natura 2000 che occupano complessivamente circa il 32,3% della superficie regionale e si suddividono in: 31 ZPS, 87 SIC e 6 Siti in cui ZPS e SIC coincidono. Con Decreto del MATTM del 07 aprile 2017, 56 SIC sono stati designati come ZSC. Questa importante e articolata infrastruttura ambientale ha condizionato e condiziona le dinamiche pianificatorie e garantisce un equilibrio tra elementi naturali ed elementi antropici.

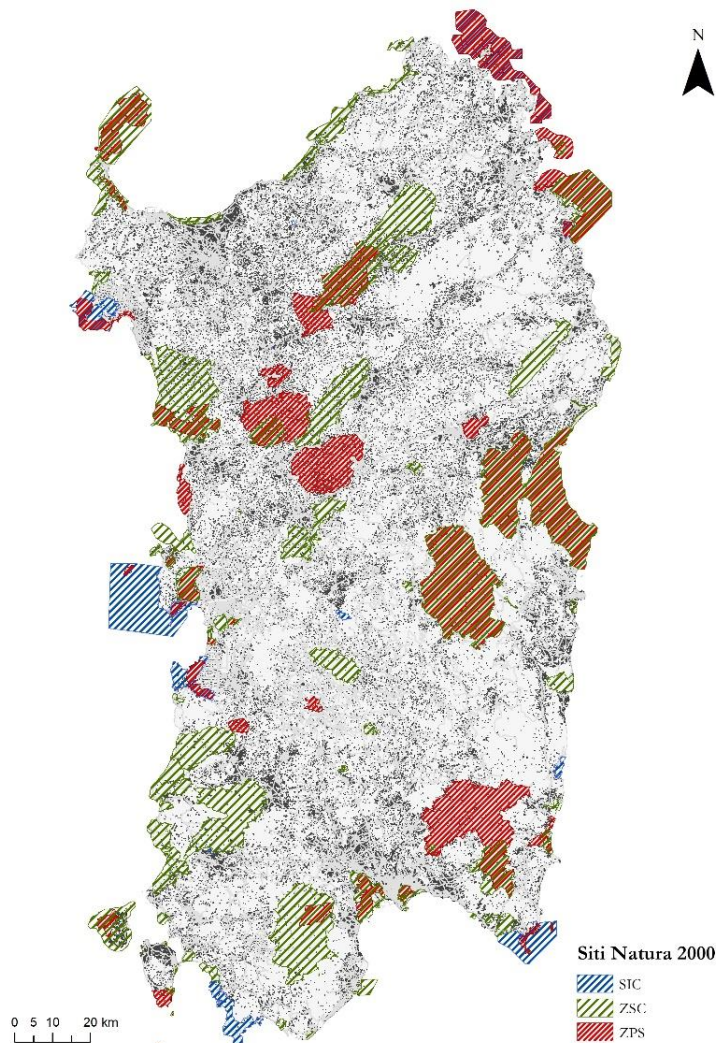


Figura 3.2 | Siti della Rete Natura 2000 in Sardegna

Valutazione del sequestro di carbonio

Per la valutazione e la spazializzazione del servizio di sequestro e stoccaggio del CO₂, i dati in input al modello Carbon Storage and Sequestration sono:

- la Carta dell'uso dei suoli della Sardegna in formato raster, in scala 1:250000 e aggiornata al 2008, che costituisce un database geografico delle coperture dei suoli della Sardegna, classificata con i codici CLC fino al quinto livello;
- la tabella delle classi LULC contenente i dati sul carbonio in megagrammi per ettaro immagazzinato in ciascuno dei quattro serbatoi per ogni classe LULC. Il dataset di input per i quattro serbatoi, con l'esclusione di quello relativo alla biomassa ipogea, di cui non si hanno dati a livello regionale, è composto dai dati prodotti nell'ambito del progetto della Regione Sardegna "Carta delle unità delle

terre e della capacità d'uso dei suoli - Primo Lotto" (2011-2013)³ e i dati contenuti nell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (Gasparini et al., 2014).

Il modello genera in output una mappa per ogni serbatoio di carbonio in cui ogni pixel contiene l'informazione espressa in megagrammi di carbonio stoccato; una successiva elaborazione in ambiente GIS produce una mappa complessiva del contenuto di carbonio, come riportato in Figura 3.3.



Figura 3.3 | Mappa dello stoccaggio di CO₂ generata con il modello Carbon Storage e Sequestration

³ I dati utilizzati derivano dai rilevamenti originali effettuati nell'ambito del progetto "Carta delle unità delle terre e della capacità d'uso dei suoli - Primo Lotto" (2011-2013) da: Agris Sardegna per l'area Muravera-Castiadas; Laore Sardegna per l'area Arzana e Nurra sud; UNICA per l'area Pula-Capoterra e UNISS per l'area Nurra nord e Nurra sud. Finanziato dall'Assessorato EE.LL. Finanze e Urbanistica della Regione Autonoma della Sardegna. Derivano inoltre dagli archivi storici delle stesse istituzioni in occasioni di altri studi e rilevamenti.

In corrispondenza del colore verde scuro si riportano i suoli con alta capacità potenziale di stoccare carbonio, in rosso si riportano i suoli che hanno bassa capacità potenziale di stoccare carbonio. Tra tutti i suoli, quelli appartenenti alla classe “territori boscati e ambienti semi-naturali” hanno maggiore capacità di stoccare carbonio; per contro i suoli appartenenti alla classe “superfici artificiali” e “corpi idrici” hanno valori minimi.

Dall’elaborazione spaziale emerge il ruolo importante delle aree protette per il mantenimento del SE di stoccaggio del CO₂ nel suolo. Infatti, circa il 15,2% del totale del carbonio terrestre è stoccato nelle aree protette (Campbell et al., 2008). Emerge inoltre che i Siti N2K ricadenti nelle classi CLC “territori boscati e ambienti semi-naturali”, “superfici agricole” e “zone umide” con il loro alto potenziale di stoccare carbonio, contribuiscono a ridurre il contenuto di CO₂ in atmosfera e a mitigare i cambiamenti climatici (European Union, 2013 b). La conoscenza delle funzioni rese dal suolo per lo stoccaggio di CO₂ consente, inoltre, di individuare quegli stock di carbonio attualmente conservati al di fuori dei Siti N2K, sui quali si dovranno concentrare le future strategie di gestione e pianificazione dell’uso del suolo (Tabella 3.1).

Carbonio organico [Mg/m ²]	Carbonio organico nei SN2K [Mg/m ²]	Carbonio organico al di fuori dei SN2K [Mg/m ²]
0,14	146016,34	705359,72
0,46	1154309,36	3187449,71
0,66	157620,68	794561,45
0,83	2945267,83	10554805,51
0,93	6257331,10	19002225,99
1,02	4886074,32	21986349,10
1,13	7522273,71	66987775,27
1,25	14207287,30	40229747,31
2	17121509,56	72389031,16

Tabella 3.1 |Carbonio organico stoccato nei suoli della Regione Sardegna

Il modello, che si basa sulla spazializzazione del valore assoluto dei megagrammi di CO₂ stoccati per tipologia d’uso/copertura del suolo, per una maggiore affidabilità dell’output, 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.

3.2.2 Ambito metropolitano

Un ulteriore ambito di approfondimento è rappresentato dal contesto territoriale della Città Metropolitana di Cagliari comprendente 17 comuni e un bacino di circa 430.000 abitanti. Quasi un terzo della superficie metropolitana, come riportato in Figura 3.4, è occupato da Siti appartenenti alla Rete N2K suddivisi in: 4 ZPS, 4 SIC e 8 ZSP, alcuni interamente compresi all'interno della Città Metropolitana, altri solo in parte.

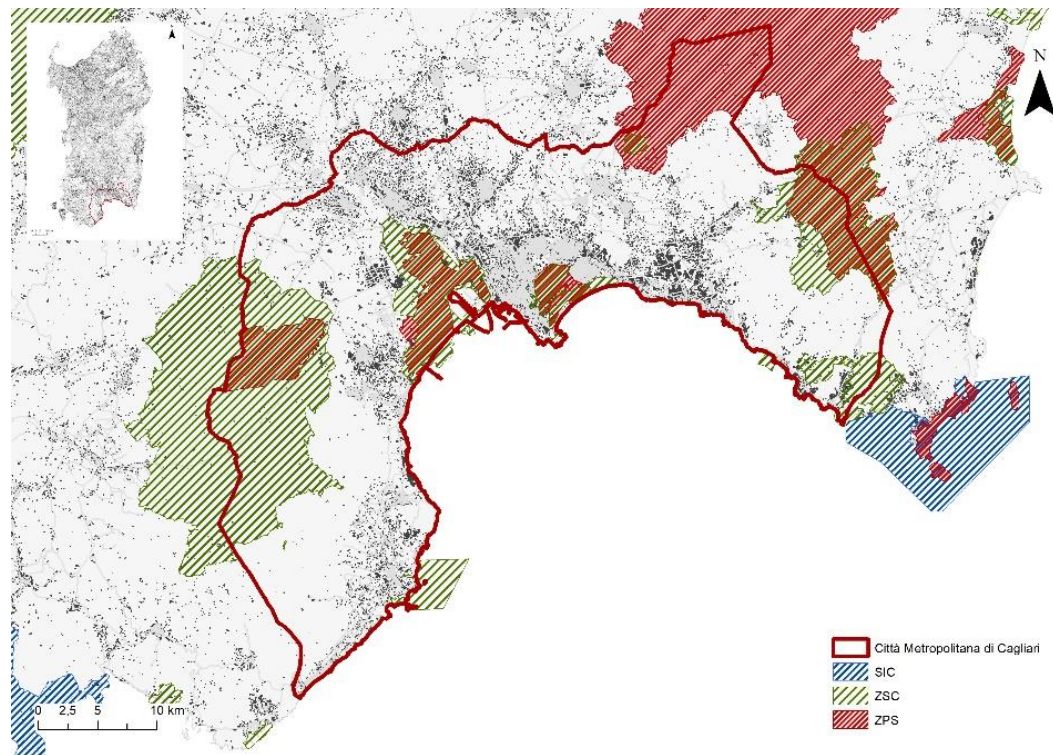


Figura 3.4 | Siti della Rete Natura 2000 nella Città Metropolitana di Cagliari

La valutazione del sequestro di carbonio

Per quanto riguarda le valutazioni spaziali alla scala metropolitana, la mancanza di dati specifici è supplita da uno zoom sulla carta dell'uso del suolo regionale. Il tipo di dettaglio non ha permesso l'elaborazione di ulteriori informazioni sulla fornitura del Servizio, tuttavia possono essere fatte alcune considerazioni in relazione alla distribuzione e al grado di dettaglio delle informazioni.

In primo luogo, come si evince dalla mappa del sequestro e stoccaggio di CO₂ in Figura 3.5, basata sulle informazioni relative all'uso dei suoli della Regione Sardegna del 2008, è possibile individuare degli ambiti territoriali a bassa capacità potenziale di sequestro e stoccaggio di carbonio organico (Superfici artificiali, Zone umide e Corpi idrici), aree a media capacità potenziale di stoccare carbonio (Superfici agricole utilizzate) disposte a

corona delle aree urbane e aree ad alta capacità potenziale di sequestro e stoccaggio di carbonio (Territori boscati e ambienti seminaturali) rappresentate dai Siti N2K.

Dal confronto tra la mappa dello stoccaggio di CO₂, generata con il modello Carbon Storage e Sequestration alla scala regionale, Figura 3.3, e la stessa mappa con uno zoom sulla Città Metropolitana di Cagliari, Figura 3.5, emerge, come sinteticamente riportato in Tabella 3.2, il ruolo chiave dei Siti N2K per il sequestro di CO₂. Una percentuale importante circa il 22% del carbonio è contenuto all'interno della Rete N2K, questo indica la centralità delle politiche europee di salvaguardia e potenziamento delle componenti naturali come elementi fondanti di un'idea di resilienza del territorio. Inoltre, la scala Regionale non sembra essere la scala ideale per affrontare le tematiche inerenti il servizio di sequestro e stoccaggio di carbonio. In quest'ottica, quindi, un'analisi del Servizio alla scala metropolitana e o urbana potrebbe risultare più significativa. Infatti, a questa scala potrebbero essere presi in considerazione con un livello di dettaglio superiore anche gli stock di carbonio in ambiente urbano.

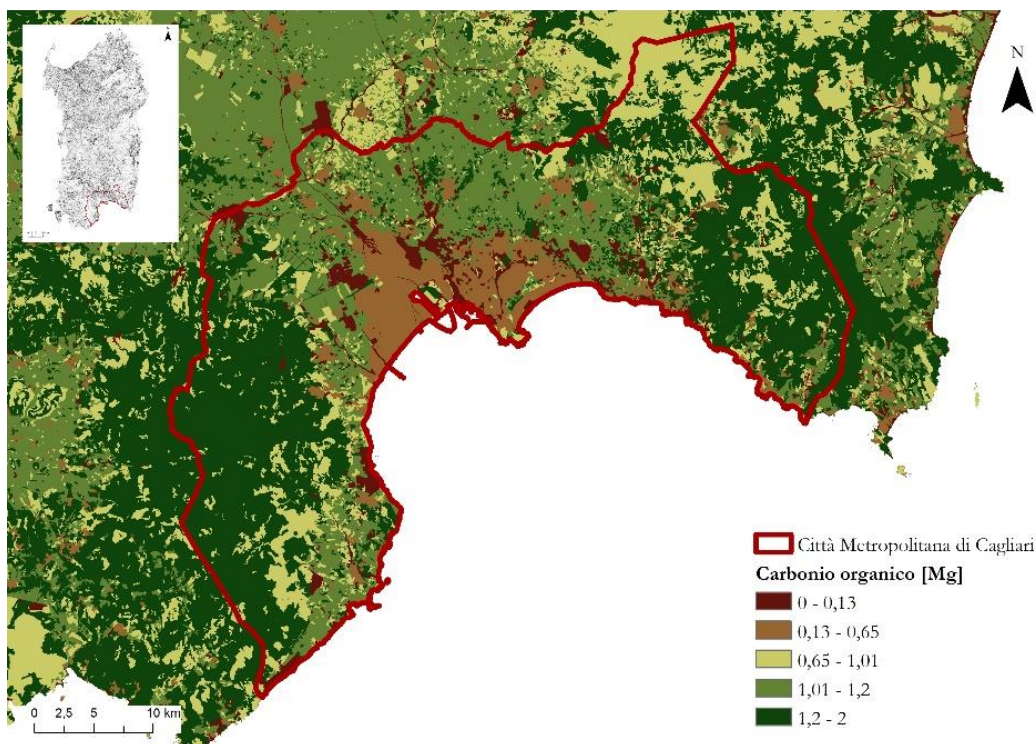


Figura 3.5 | La mappa del carbonio organico stoccato nei suoli della Città Metropolitana di Cagliari

Carbonio organico [Mg/m ²]	Carbonio organico nei SN2K [Mg/m ²]	Carbonio organico al di fuori dei SN2K [Mg/m ²]	Contenuto nei SN2K rispetto al totale regionale [%]	Contenuto al di fuori dei SN2K rispetto al totale regionale [%]
0,14	13781,51	114392,05	9,44	16,22
0,46	273403,04	597811,69	23,69	18,76
0,66	3031,94	40460,10	1,92	5,09
0,83	177858,71	504559,85	6,04	4,78
0,93	300319,25	991417,33	4,80	5,22
1,02	164899,69	476801,28	3,37	2,17
1,13	144932,03	3323843,85	1,93	4,96
1,25	1818946,51	3040362,87	12,80	7,56
2	1358627,63	5554178,70	7,94	7,67

Tabella 3.2 |Carbonio organico stoccato nei suoli della Città Metropolitana di Cagliari

3.2.3 Ambito urbano: tre metodologie a confronto

L'ambito di approfondimento è la Città di Cagliari, situata nella costa sud della Sardegna al centro dell'omonimo Golfo di Cagliari (39°13' N, 9°7' E). La Città capoluogo di Regione e Città Metropolitana, con superficie di circa 86 km² e una popolazione di 154.106 abitanti, è il comune più popolato dell'Isola. Il suo tessuto consolidato e altamente urbanizzato rivela valori di occupazione di suolo del 2,5%, inoltre, per densità (1.801 residenti/km²) e concentrazione di spazi verdi nel suo tessuto consolidato (18,47 km²), rappresenta un modello di espansione urbana di *land-sparing* (Lin e Fuller, 2013; Soga et al., 2014). Dal punto di vista morfologico e ambientale Cagliari sorge su un sito policollinare calcareo, circondato dal compendio delle zone umide del Molentargius e della laguna di Santa Gilla. Questa infrastruttura, che rappresenta oltre il 50% del territorio comunale, ha condizionato e condiziona lo sviluppo urbano della Città. Si tratta di un patrimonio ambientale rilevante sotto il profilo ecologico-urbano che, nonostante le dinamiche edificatorie, continua a mantenere un indispensabile equilibrio tra elementi naturali e antropici. In particolare, al suo interno ricadono totalmente e o in parte 6 Siti della Rete N2K (ITB044003 Stagno di Cagliari, ITB044002 Saline di Molentargius, ITB040023 Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla, ITB042242 Torre del Poetto, ITB042243 Monte Sant'Elia, Cala Mosca e Cala Fighera, ITB040022 Stagno di Molentargius e territori limitrofi) per un totale di 44,19 km², Figura 3.6.

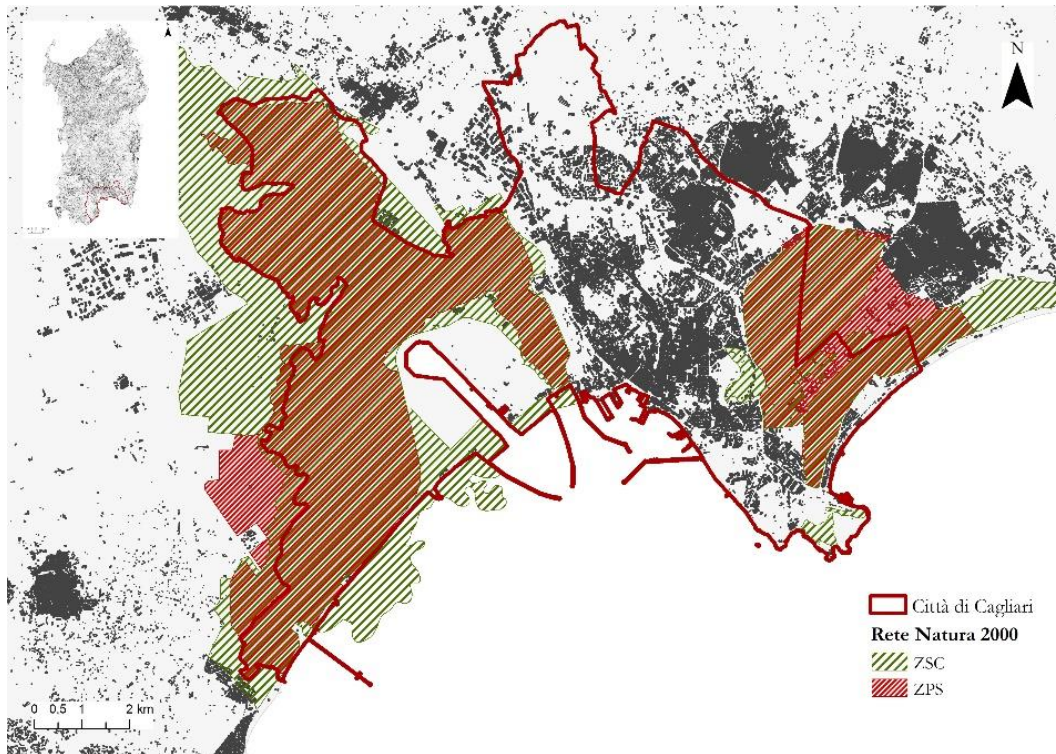


Figura 3.6 | Siti della Rete Natura 2000 nella Città Metropolitana di Cagliari

La valutazione del contenuto di carbonio organico

Dalle analisi svolte in ambito Regionale e dallo zoom nel contesto Metropolitano emerge che la scala utilizzata per gli studi sul sequestro e stoccaggio di CO₂ attribuisce indistintamente a tutto l'ambito urbano una scarsa o nulla capacità di stoccare carbonio. Questo determina una perdita di informazioni importanti in relazione al contributo dell'ecosistema urbano in termini di sequestro e stoccaggio di CO₂ nel suolo (Davies, 2011). Le aree urbane sono escluse da qualsiasi valutazione relativa alla capacità di stoccare carbonio perché: a) vi è una scarsa consapevolezza diffusa circa il fatto che l'impatto dei cambiamenti di uso e copertura del suolo sul Servizio sia massimo nei contesti territoriali caratterizzati da un elevato grado di naturalità (Assennato et al., 2015); b) si ha una diffusa percezione del limitato valore ecologico dell'ecosistema urbano; c) le dimensioni dei serbatoi di carbonio sono ridotte, in ambito urbano, rispetto alle emissioni; d) generalmente la scala assunta per le analisi attribuisce indistintamente a tutto l'ambito urbano una quasi nulla capacità di stoccare carbonio.

Gli ecosistemi urbani forniscono servizi vitali agli esseri umani (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), ad esempio le aree verdi urbane hanno un ruolo rilevante per il SE di sequestro e stoccaggio di carbonio e quindi nella mitigazione dei cambiamenti climatici. Infatti, le aree verdi urbane rappresentano degli stock di carbonio (McHale et al., 2007) e,

anche se in misura diversa rispetto alle foreste, contribuiscono al sequestro di CO₂ (Jansson e Nohrstedt 2001, Lebel et al., 2007). La fornitura e la distribuzione dei SE nell'ecosistema urbano dipende, in larga misura, dalla disponibilità e dalla distribuzione spaziale delle aree verdi pubbliche e private (Cortinovis e Geneletti, 2017). Per questo, la Strategia Nazionale per la Biodiversità, adottata dalla Conferenza Stato – Regioni il 7 ottobre 2010, prevede il recupero delle aree naturali interne alle città (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2010).

In particolare, si sceglie di condurre un approfondimento valutativo attraverso tre differenti approcci metodologici: il primo, basato sulla carta dell'uso del suolo in scala 1:10000 e aggiornata al 2012. Il secondo basato sull'utilizzo del NDVI e quindi sulla classificazione della vegetazione in relazione al suo spettro di influenza. Il terzo, basato sull'utilizzo dei *Digital Elevation Model* e quindi sulla rappresentazione della distribuzione della vegetazione in base all'altezza, così come derivabile dai dati laser.

Primo approccio metodologico: modello Carbon Storage and Sequestration

Il primo approccio completa l'analisi top-down, dalla scala regionale alla scala urbana con il modello Carbon Storage and Sequestration. Come per le valutazioni regionali, il modello necessita di due dati in input che nel caso della Città di Cagliari sono:

- la Carta dell'uso dei suoli per la Città di Cagliari in formato raster, in scala 1:10000 aggiornata al 2012⁴, che costituisce un database geografico delle coperture dei suoli, classificata con i codici CLC fino al quinto livello;
- la tabella delle classi LULC contenente i dati sul carbonio in megagrammi per ettaro immagazzinato in ciascuno dei quattro serbatoi per ogni classe LULC. Anche in questo caso il dataset di input per i quattro serbatoi, con l'esclusione di quello relativo alla biomassa ipogea, di cui non si hanno dati, è composto dai dati prodotti nell'ambito del progetto della Regione Sardegna "Carta delle unità delle terre e della capacità d'uso dei suoli - Primo Lotto" (2011-2013) e dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (Gasparini et al., 2014).

Il risultato delle elaborazioni in ambiente GIS dei dati in output del modello è contenuto in Figura 3.7. L'informazione è espressa in megagrammi di carbonio stoccato per pixel.

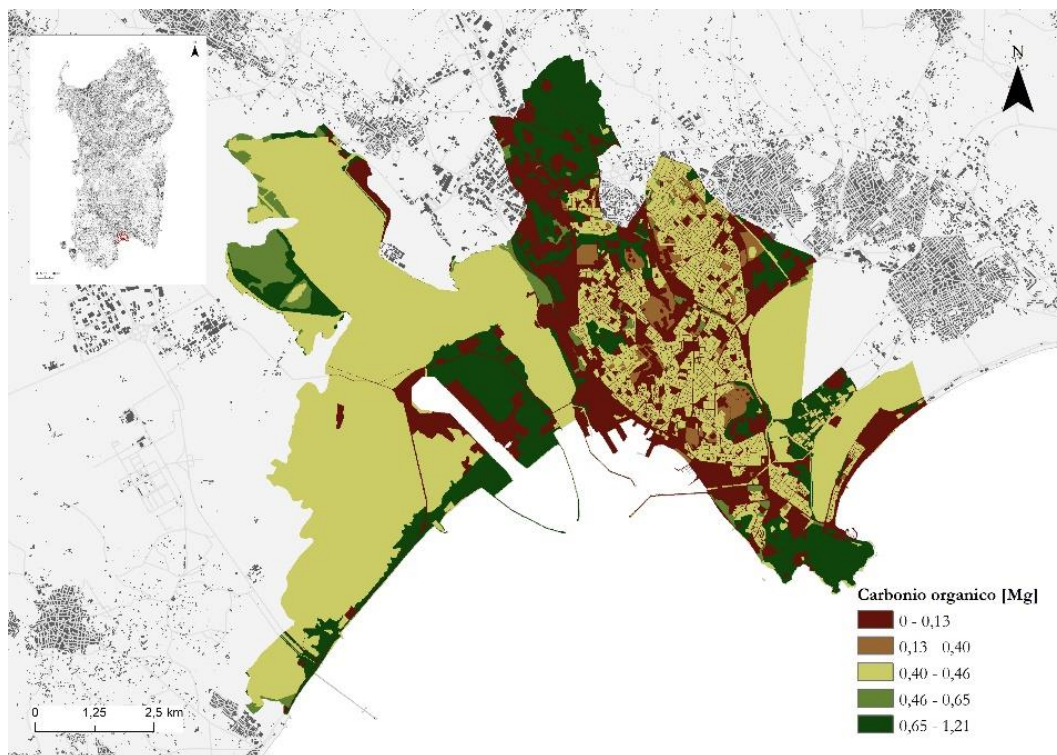


Figura 3.7 | La mappa del carbonio organico stoccato nei suoli della Città di Cagliari ottenuta con il modello Carbon Storage e Sequestration

Secondo approccio metodologico: analisi dei dati multispettrali

Stima del verde urbano

In diversi studi (Sun et al., 2019, Lee et al., 2016; Rao et al., 2013; Raciti et al., 2014) viene proposta la combinazione di dati relativi al CO₂ e all'NDVI per l'individuazione spaziale degli stock di carbonio. La fotosintesi netta è direttamente correlata alla quantità di radiazione, fotosinteticamente attiva, assorbita dalla vegetazione. L'NDVI è definito come il principale indicatore spaziale, ottenuto attraverso il telerilevamento satellitare, in grado di classificare la vegetazione in relazione al suo spettro di riflettanza. L'indice è calcolato attraverso la seguente relazione:

$$NDVI = \frac{(NR-RD)}{(NR+RD)} \quad (2.1)$$

dove NR e RD sono, rispettivamente, la misura della riflettanza spettrale acquisita nel vicino infrarosso e nella regione visibile (rosso).

L'NDVI utilizzando le bande 8 (infrared) e 4 (red) permette di ottenere la classificazione dell'area in tre classi: aree non fotosintetiche $-0,553 \leq NDVI \leq 0,226$, aree con vegetazione bassa $0,226 \leq NDVI \leq 0,488$, aree con vegetazione alta $0,488 \leq NDVI \leq 0,807$ come riportato in Figura 3.8. Per le analisi si è fatto riferimento a un'immagine satellitare

aggiornata al 14 gennaio 2017 (dimensione della cella 10m X 10m) SENTINEL-2 ⁴ del Programma Copernicus dell'ESA.

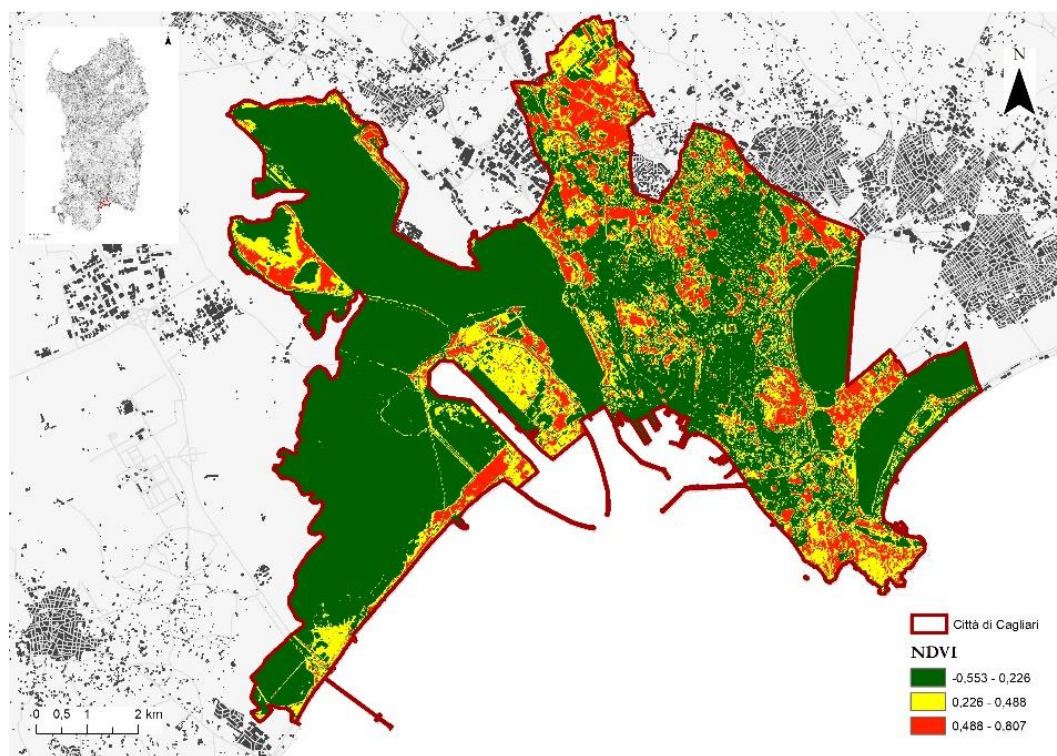


Figura 3.8 | La mappa del Normalized Difference Vegetation Index

Valutazione della capacità potenziale di stoccaggio del carbonio

Vista l'assenza di dati riferiti ad analisi puntuali sulla capacità potenziale di stoccare carbonio nell'ambito urbano di riferimento, appare opportuno specificare che si sono assunti i dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio del 2005, per la Sardegna. In particolare, in riferimento alle tre classi di NDVI per l'area di studio, si è deciso di assimilare le aree con vegetazione bassa alla categoria forestale "aree temperate prive di soprassuolo", aree con vegetazione alta alla categoria forestale "boschi alti di latifoglie sempre verdi". Dall'analisi dei dati scaturisce che le aree "non fotosintetiche" occupano 57,62 km², le aree con vegetazione bassa occupano 16,98 km² e le aree con vegetazione alta occupano 9,55 km². Per la stima della capacità potenziale di stoccare carbonio si è preferito tener conto del solo contributo dato dalla fitomassa arborea epigea e dall'accrescimento degli alberi e, trattandosi di suoli urbani, si è trascurato il contributo dato dalla lettiera, dagli orizzonti organici del suolo, dallo strato minerale superficiale e dallo strato minerale profondo. Inoltre, essendo queste aree verdi urbane, sottoposte a regolare manutenzione e potatura, si è deciso di non considerare il contributo

⁴ <https://scihub.copernicus.eu/>

dato dalla rinnovazione delle specie arboree, dagli arbusti, dagli alberi morti in piedi, dalla necromassa grossa a terra, dalle ceppaie residue e dalla necromassa fine a terra. In definitiva, si è quindi assunta una capacità potenziale di stoccare carbonio pari a 0 per le aree non fotosintetiche, una capacità potenziale di stoccare carbonio pari a $6,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ per le aree con vegetazione bassa e una capacità potenziale di stoccare carbonio pari a $21,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ per le aree con vegetazione alta, per un contributo totale dell'intera area di studio pari a 3216782 Mg . Ne consegue che le aree con vegetazione bassa e le aree con vegetazione alta contribuiscono rispettivamente per il 36,43% e per il 63,57% alla capacità potenziale totale di stoccare carbonio. In Figura 3.8 si riporta la mappa della distribuzione della capacità potenziale di stoccare carbonio.

Classe	Carbonio stoccato per unità di superficie [Mg ha^{-1}]	Carbonio stoccato [Mg]
Urbano	0	0
Verde basso	6,9	11718,41
Verde alto	21,4	20449,41
Totale		32167,82

Tabella 3.2 | Carbonio organico stoccato nei suoli della Città di Cagliari

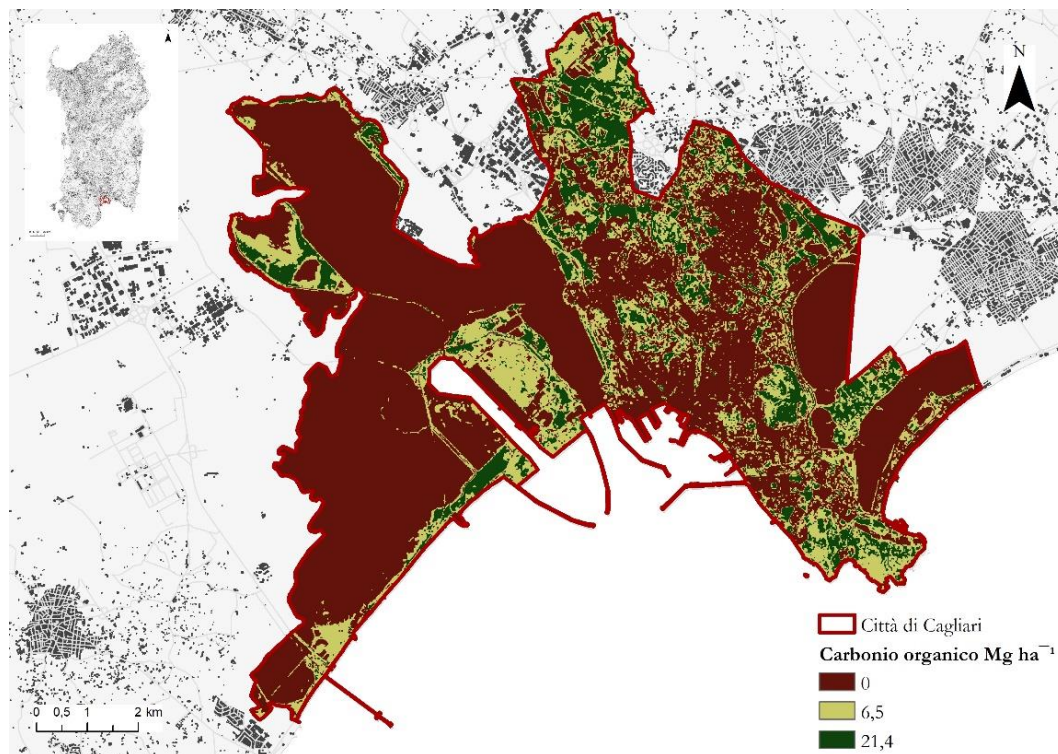


Figura 3.8 | La mappa del carbonio organico stoccato nei suoli della Città di Cagliari ottenuta con il Normalized Difference Vegetation Index

Terzo approccio metodologico: campionamento attraverso DTM

Stima del verde

Diversamente da quanto fatto nei paragrafi precedenti, questo approccio metodologico propone un campionamento articolato su tre fasi: analisi delle ortofoto regionali del 2016⁵; analisi dei modelli digitali di elevazione (Digital Elevation Model)⁶ e verifica attraverso servizi di web mapping. L'intera superficie comunale ad esclusione delle aree riconducibili alle classi CLC "zone umide" e "corpi idrici" è suddivisa in 1.766.212 celle di dimensione 5m x 5m, in grado di fornire un campione sufficientemente rappresentativo di vegetazione, sia delle aree verdi estese che delle aree verdi più piccole (Davies et al., 2011).

Fase 1. consiste nell'accertare, per ognuna delle mille celle identificate casualmente, la presenza di vegetazione sulla base delle ortofoto.

Fase 2. consiste nell'assegnare, a ogni cella, una delle quattro categorie stratificate in relazione all'altezza massima della vegetazione sulla base dei dati dei modelli digitali di elevazione: erba e piante non legnose (altezza <0,5m); arbusti (altezza <2m); arbusti alti (altezza <5), alberi (altezza >5m).

Fase 3. consiste nel classificare la vegetazione in latifoglie o aghifoglie, attraverso i servizi di web mapping.

Questo sistema di classificazione, basato sulla tipologia e sull'altezza della vegetazione, è in grado di interpretare l'eterogeneità della vegetazione urbana attraverso un numero di classi contenuto. In Figura 3.9 a e Figura 3.9 b si riporta la mappa della indicazione delle altezze della vegetazione sulla base dei dati dei modelli digitali di elevazione.

5 <http://www.sardegnaeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=base>

6 <http://www.sardegnaeoportale.it/areetematiche/modellidigitalidielevezione/>

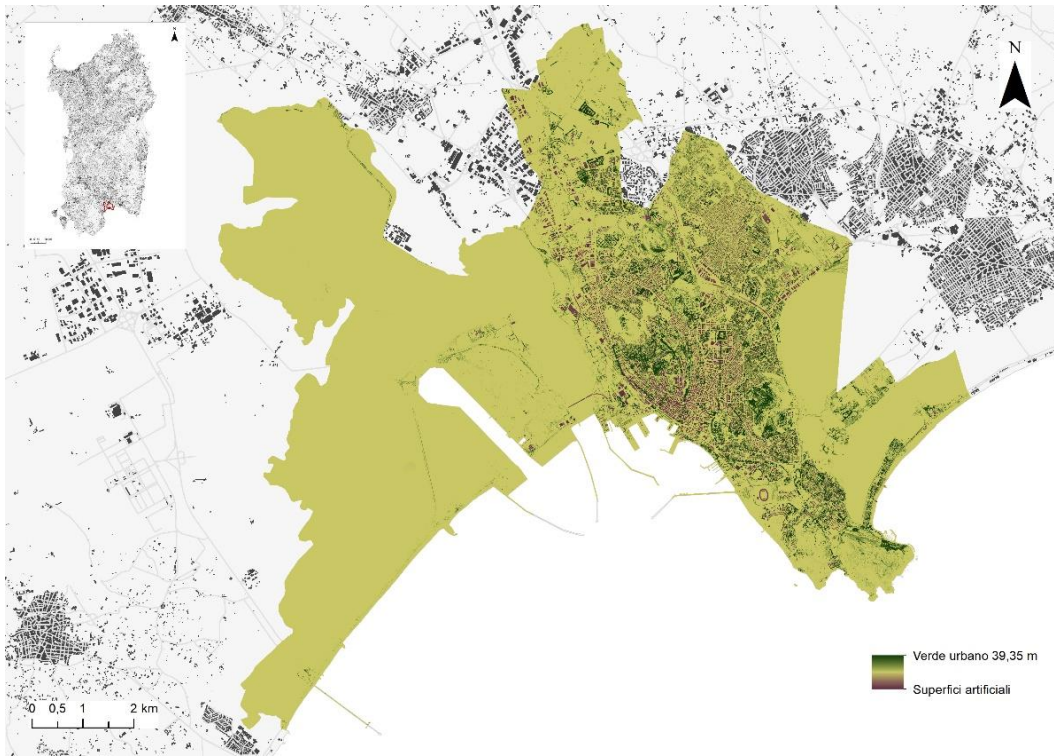


Figura 3.9| a. Determinazione delle altezze della vegetazione sulla base dei dati dei modelli digitali di elevazione



Figura 3.9| b. Zoom determinazione delle altezze della vegetazione sulla base dei dati dei modelli digitali di elevazione

Stima della biomassa vegetale e del carbonio stoccato

La biomassa vegetale, a causa della scarsità di equazioni allometriche specifiche per l’ambito urbano, (McHale et al., 2009) è calcolata usando l’equazione 2.2 sviluppata per gli alberi delle foreste (Mette et al., 2003).

$$\text{Biomassa} = 0,2 \cdot h^2 \tag{2.2}$$

Ad ognuna delle categorie: Arbusti, Arbusti alti e Alberi, è attribuito un fattore di biomassa corrispondente al valore mediano di biomassa per ogni albero individuato nella stima del verde. La capacità potenziale di stoccare carbonio di ognuna delle sette categorie per la componente viva del soprassuolo: Arbusti di latifoglie, Arbusti di conifere, Arbusti alti di latifoglie, Arbusti alti di conifere, Alberi di latifoglie, Alberi di latifoglie, Alberi di conifere, Erba e piante non legnose, è individuata in riferimento ai dati riportati nell’Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio del 2005.

La stima del verde urbano, condotta sul campione di mille celle, evidenzia che il 38,2% della superficie comunale è rappresentato da aree verdi. In particolare, il 7,1% è rappresentato da arbusti, il 10,1% da arbusti alti, il 7,9% da alberi e il 13,1% da erba e piante non legnose. In Tabella 3.3 si riportano i risultati della stima del verde urbano, della biomassa vegetale e del carbonio stoccato. Questi risultati, rappresentativi della qualità del verde, rivelano la presenza di ampie superfici destinate all’agricoltura nella fascia periurbana e di superfici interstiziali nel tessuto urbano consolidato prive di copertura vegetale. I processi pianificatori e decisionali, dovrebbero, quindi, concentrarsi su questi spazi di risulta del tessuto urbano per incrementare la qualità del verde.

Land cover	Celle indagate [n]	Celle stimate [n]	Biomassa [T/ha]	Biomassa [T]	Carbonio [T/ha]	Carbonio [T]
Arbusti di latifoglie	1	1935	0,20	0,968	0,6	0,5808
Arbusti di conifere	70	135456	0,20	67,728	0,4	27,0912
Arbusti alti di latifoglie	37	67368	2,45	412,629	2,5	1031,5725
Arbusti alti di conifere	64	116529	2,45	713,734	1,1	785,1074
Alberi di latifoglie	30	116529	16,20	2218,752	8	17750,0160
Alberi di conifere	49	89478	16,20	3623,940	20,9	75740,3460
Erba e piante non legnose	131	330042	0	0	0,3	247,5300
Totale carbonio staccato nella biomassa vegetale						95582,2439

Tabella 3.3 | Risultati della stima del verde urbano, della biomassa vegetale e del carbonio stoccato

La stima della biomassa vegetale rivela un valore totale di 7.037,751 tonnellate, con valori importanti per gli alberi 83% e più contenuti per gli arbusti alti 16% e gli arbusti 0,9%. Questo risultato conferma quanto sia importante la classificazione della vegetazione presente nelle aree urbane. Lo stretto legame tra aree verdi e pianificazione urbanistica attribuisce al censimento del verde una valenza qualitativa e rappresenta un importante strumento di supporto alla pianificazione urbana (Abbate, 2007). Inoltre, la gestione delle aree verdi costituisce uno degli elementi base per garantire un uso razionale della risorsa suolo (Sanesi, 2002).

La valutazione del contributo potenziale del verde urbano della Città di Cagliari in termini di stoccaggio di carbonio nella biomassa vegetale si stima in 95.582,2439 tonnellate. Dall'analisi dei dati si evince che il contributo maggiore in termini di stoccaggio di carbonio è dato dalla categoria Alberi ossia dalla categoria di piante con altezze superiori a 5m che incide per il 97% sul dato del carbonio totale. Inoltre, a parità di condizioni, la categoria arborea Alberi di latifoglie ha una capacità superiore di stoccare carbonio rispetto alla categoria Alberi di conifere. Questo implica che la capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio, a parità di condizioni, aumenta in relazione alla categoria arborea, confermando un forte legame con l'uso e la gestione del territorio passati e con le scelte future (Davies et al., 2011).

3.3 Considerazioni conclusive

La città, sistema socio-ecologico complesso (Xiaoling e Huan, 2018), in continua evoluzione (Magnaghi, 2010), caratterizzato da un capitale umano che esercita pressioni, talvolta importanti, sul capitale naturale è il luogo dove si concentrano in misura superiore gli squilibri sull'ambiente (Mirabile, 2005). In quest'ottica, quindi, si può considerare la resilienza urbana come resilienza socio-ecologica, dove uomo e natura coesistono e si evolvono (Saporiti, 2012). L'utilizzo di detto paradigma contribuisce a porre al centro della governance urbana le questioni legate al superamento della fragilità urbana. Questa lettura sviluppa alcune questioni relative alla predisposizione di strumenti necessari per ridurre gli squilibri ecologici e alla connessione tra ecosistemi verdi e benessere umano. All'interno di una prospettiva di sostenibilità urbana come processo dinamico e a lungo termine, un tema di grande rilevanza per la pianificazione orientata alla gestione delle trasformazioni dello spazio urbano, da una prospettiva di miglioramento della qualità dell'ambiente, è svolto dalla vegetazione urbana. Per questo motivo gli studi sul verde, finalizzati ad individuare politiche di pianificazione volte alla salvaguardia delle aree verdi, sono di estrema importanza per il potenziamento del servizio di sequestro e stoccaggio del carbonio.

Come confermato, dalle analisi sul territorio della Regione Sardegna, sussistono importanti relazioni tra verde urbano e capacità di stoccare carbonio. In primo luogo, le valutazioni dimostrano che le attuali stime nazionali non tengono adeguatamente conto della fornitura del servizio all'interno delle aree urbane perché la scala utilizzata non è in grado di individuare le aree verdi maggiormente frammentate e, quindi, si attribuisce indistintamente a tutte le aree intensamente costruite una capacità di stoccare carbonio quasi nulla (ISPRA, 2016). Tale osservazione pone in evidenza quanto sia importante la disponibilità di mappe complete e dettagliate riguardanti la distribuzione spaziale delle aree verdi urbane. Anche il verde urbano, così come avviene per le altre componenti aventi un'influenza sul territorio, dovrebbe essere sottoposto ad analoga procedura di mappatura così da verificare gli effetti dei processi di artificializzazione sulle riserve di carbonio, con importanti implicazioni sulle proposte di governo e gestione del territorio urbano.

In secondo luogo, la presenza dei Siti N2K, limitando l'espansione urbana, risulta essere fondamentale oltre che per il mantenimento e il miglioramento di habitat e specie anche per la capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio. Questo implica che il servizio di sequestro e stoccaggio di carbonio aumenta in relazione alla presenza e alla dimensione delle aree protette, poiché inibitrici delle trasformazioni territoriali.

In terzo luogo, riconoscere il potenziale delle città di stoccare carbonio ha un ruolo importante nel raggiungimento degli obiettivi per lo sviluppo sostenibile (*Sustainable Development Goals*). Gli obiettivi: 13-Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico e 15-Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre, prevedono tra le altre cose all'integrazione di misure di cambiamento climatico nelle politiche, nelle strategie e nella pianificazione del territorio. In questi termini mappare il verde urbano e stimarne la capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio è essenziale per una pianificazione urbana sostenibile. La quantità di carbonio immagazzinata all'interno della vegetazione non è permanente, questa, è soggetta a delle perdite dovute alla morte o alla rimozione degli alberi, pertanto, è necessario prevedere delle politiche di rimpianto che compensino tale perdita (Jo 2002; Nowak et al. 2002).

4. Spazi verdi e aree urbane

Attualmente il 55% della popolazione mondiale risiede in aree urbane, percentuale destinata a crescere e raggiungere il 68% entro il 2050 (United Nations, 2018). Tale crescita è giustificata dall'aumento generale della popolazione e dal trasferimento dalle aree rurali alle aree urbane.

Le aree urbane, come quelle agricole, alternando aree a bassa densità con aree ad alta densità, si caratterizzano per differenti intensità d'uso del suolo, (Fuller e Gaston 2009). Il paesaggio urbano si presenta, infatti, come un mosaico di costruito e spazi verdi che combinandosi creano una molteplicità di frammenti di qualità differente (Karathodorou, *et al* 2010). Fino ad oggi, il dibattito sulla crescita urbana si è concentrato sui vantaggi e gli svantaggi della città compatta e della città diramata. L'ecologia urbana propone un nuovo approccio, due modelli alternativi di crescita con diversi *trade-off* tra spazio costruito e spazio naturale (Geschke et al., 2018), un differente punto di vista per risolvere il vecchio dibattito sullo sviluppo urbano (Lin e Fuller 2013).

Per quanto sistemi agricoli e urbani siano tradizionalmente considerati due campi di ricerca diversi, esistono forti parallelismi tra le loro configurazioni spaziali, per cui è possibile parlare di *land sparing* e *land sharing* anche in ambito urbano. Il primo modello prevede un uso intensivo per massimizzare la produzione di cibo e limitare il consumo di suolo, il secondo prevede un uso estensivo con impatti minori sulla biodiversità ma un consumo di suolo maggiore per poter assicurare la stessa produzione (Phalan et al., 2011). Queste idee regolative, ampiamente condivise nel campo della ricerca sul bilancio della produzione alimentare e della conservazione della biodiversità, dove è largamente riconosciuto che le forme di agricoltura a bassa intensità hanno minori impatti sulla biodiversità e sulle funzioni ecosistemiche locali rispetto a un uso intensivo, (Fischer *et al.*, 2008) possono facilmente essere applicati a qualsiasi altra variazione di intensità dell'uso del suolo Figura 4.1 (Lin e Fuller, 2013). Da un lato i *lands sparing*, sistemi urbani ad alta densità in cui la perdita di vegetazione è limitata a una piccola area, con grave impatto sulla biodiversità locale, dall'altro i *land sharing*, sistemi urbani a bassa densità in cui la vegetazione che supporta la biodiversità si sviluppa su una superficie molto più grande. Due forme divergenti di sviluppo della città, con impatti ecologici differenti e uno spettro di combinazioni di uso del suolo corrispondenti a diversi *trade-off* tra conservazione e produzione.

In questo senso, si propone un approccio metodologico per analizzare, con riferimento al contesto dell'UE, le correlazioni tra alta e bassa densità urbana al fine di supportare decisioni efficaci per la conservazione della biodiversità e l'ampia gamma di funzioni socio-ecologiche che essa fornisce. I molteplici e differenti sviluppi che caratterizzano le

maggiori città europee fanno del caso di studio un contesto singolare dal punto di vista della densità urbana. La ricerca, orientata alla teoria e alla prassi della pianificazione, propone un'estensione di quanto fatto da Fuller e Gaston in *The scaling of green space coverage in European cities* per individuare i fattori che influenzano la dimensione delle aree verdi urbane.

Oltre a questa sezione, gli aspetti metodologici relativi all'acquisizione e analisi statistica e spaziale, sono discussi nel primo paragrafo, nel secondo paragrafo vengono presentati i risultati, mentre, nel terzo viene proposta una discussione relativa alle implicazioni riguardanti i concetti di *lands sparing* e *land sharing* nella pianificazione territoriale e nel quarto un approfondimento sulla Città di Cagliari.

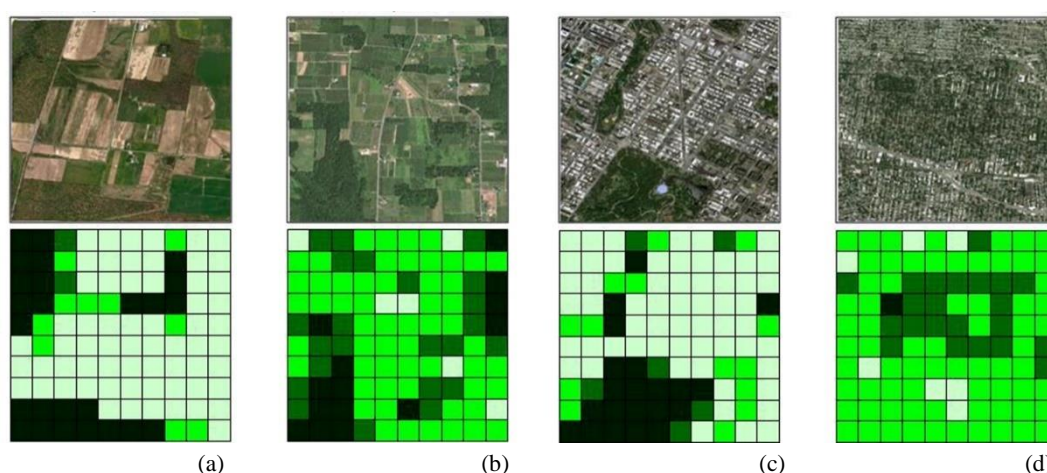


Figura 4.1 |Schemi spaziali dell'intensità dell'uso del suolo per (a, b) nel paesaggio agricolo e (c, d) nei paesaggi urbani. Nelle griglie, una dimensione della cella di ombreggiatura verde si scurisce al crescere della copertura arborea. Gli schemi (a, c) evidenziano un uso del suolo ad alta intensità (*land sparing*), per contro, gli schemi (b, d) evidenziano un uso del suolo a bassa intensità (*land sharing*).

Fonte: (Lin e Fuller, 2013)

4.1 Materiali e metodi

Acquisizione ed elaborazione dei dati

Per la procedura di valutazione ci si è valsi dei dati Urban Atlas 2012, sviluppati all'interno del programma Copernicus⁷. Il progetto Urban Atlas fornisce le mappe di uso del suolo con risoluzione spaziale di 1:10000 per 785 aree urbane di 39 stati del Continente europeo.

La valutazione prende in esame 356 città dell'UE con popolazione superiore a 15000 abitanti⁸, individuando, in maniera dettagliata, le superfici urbanizzate e le superfici verdi. Le superfici urbanizzate, ottenute dall'aggregazione di cinque classi CLC comprendono: 1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo, 1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e

⁷ <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>

⁸ I dati sono riferiti al 2013 <https://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/local-administrative-units>

rado, 1.2.1. Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati, 1.2.2. Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche, 1.2.3. Aree portuali, 1.2.4. Aeroporti, 1.3.3 Cantieri, 1.4.2. Aree ricreative e sportive. Le superfici verdi includono la sola classe 1.4.1. Aree verdi urbane.

Analisi statistica e spaziale

L'elaborazione statistica e grafica R, per lo sviluppo di modelli di regressione lineare multipla, i cui risultati sono espressi nei grafici che seguono (Figura 4.2), è stata sviluppata con l'intento di indagare le interrelazioni tra le variabili:

- area urbana, superficie urbana ottenuta dall'aggregazione delle classi CLC così come specificato nel sotto paragrafo "Acquisizione ed elaborazione dei dati";
- area verde totale, comprendente tutte le aree verdi presenti all'interno del perimetro urbano;
- area verde locale, l'area verde con maggiore superficie tra quelle individuate all'interno del perimetro urbano;
- latitudine calcolata in relazione al centroide del perimetro urbano.

In particolare, attraverso regressione lineare multipla si indaga la relazione tra le variabili: area urbana e spazio verde totale, area urbana e spazio verde locale, latitudine e spazio verde totale, latitudine e spazio verde locale.

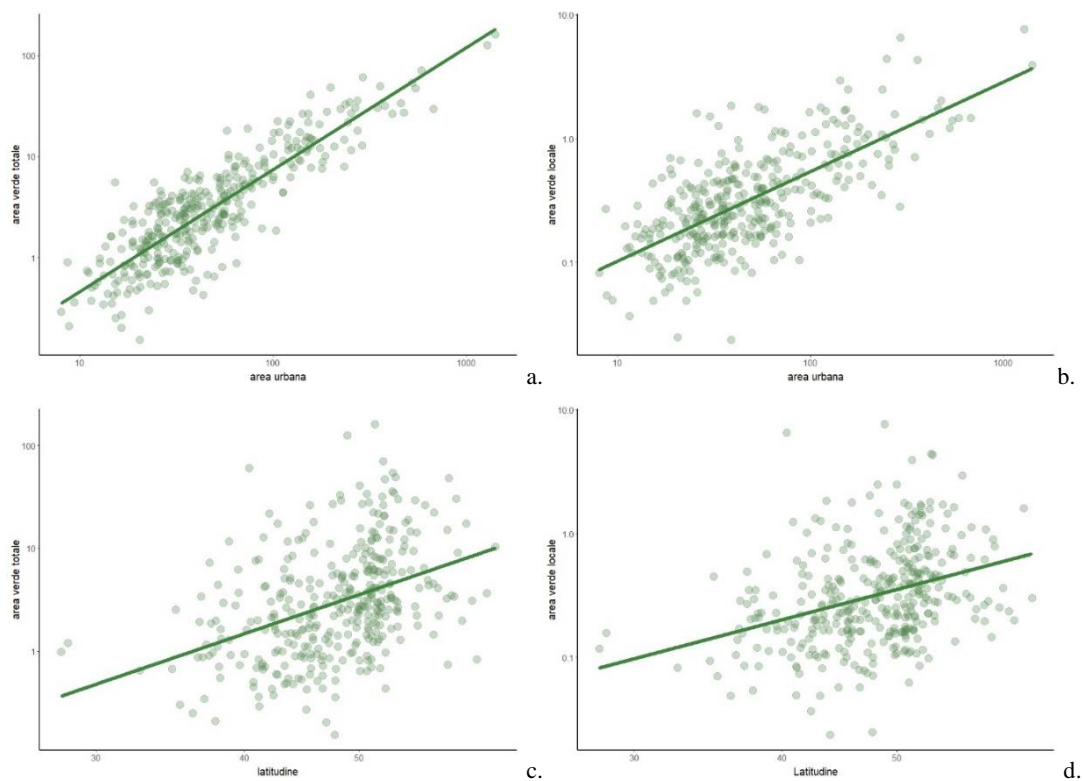


Figura 4.2 | a. Relazione tra area urbana e area verde totale, b. relazione tra area urbana e area verde locale, c. relazione tra latitudine e area verde totale, c. relazione tra latitudine e area verde locale.

4.2 Risultati

Le analisi statistiche, su 356 sistemi urbani dell'UE, rivelano, in generale, una significativa influenza della area urbana e della latitudine sulla dimensione degli spazi verdi come riportato in Figura 4.3. Le aree verdi totali rappresentano in media il 7% dello spazio urbano, variando tra lo 0,74% di Suceava in Romania e il 27% di Linz in Austria. La dimensione dello spazio verde locale varia tra i 0,02 km² di Prato in Italia e i 7,64 km² di Parigi in Francia. Le città di grandi dimensioni e le città situate nel nord Europa possiedono molteplici ed estesi spazi verdi rispetto alle città di medie o piccole dimensioni o alle città situate nel sud Europa.

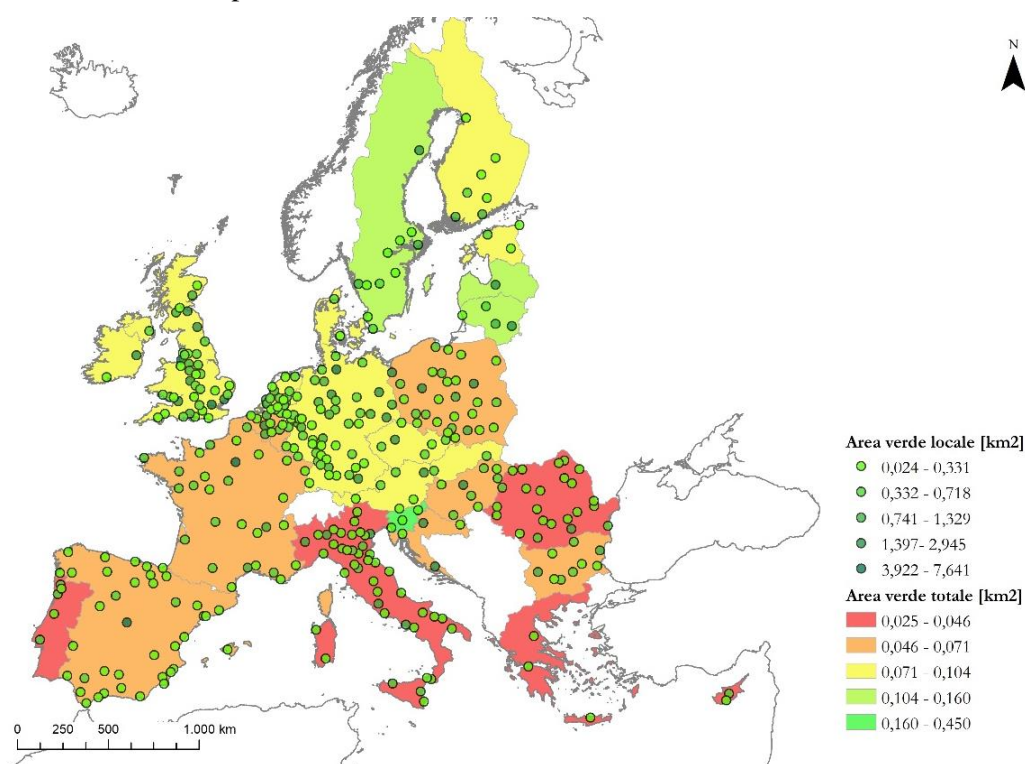


Figura 4.3 | Mappa degli spazi verdi totali e locali nel contesto dell'UE

In particolare, i risultati della regressione lineare multipla evidenziano un significativo aumento delle aree verdi totali all'aumentare della latitudine ($\beta = 0,070$) rispetto all'aumentare dell'area urbana ($\beta = 0,0057$). Allo stesso modo, la dimensione dello spazio verde locale aumenta più rapidamente all'aumentare della latitudine ($\beta = 0,045$) rispetto all'aumentare dell'area urbana ($\beta = 0,0036$). In conclusione, rispetto alle analisi condotte si può affermare che la latitudine incide, più della dimensione della città, sulla dimensione totale dello spazio verde e sulla dimensione dello spazio verde locale.

Come riportato in Figura 4.2 il modello di regressione descrive un rapido aumento dello spazio verde totale rispetto alla superficie urbana ($\beta = 1,20$), per contro il singolo spazio verde aumentata più lentamente ($\beta = 0,73$). L'analisi congiunta dei due modelli di

regressione (Figura 4.4) rivela un diretto parallelismo con i concetti di *lands sparing* e *land sharing*. La differenza tra i due limiti inferiori, là dove la dimensione dello spazio verde totale è molto vicina alla dimensione dello spazio verde locale, rappresenta lo spazio urbano ad alta densità (*lands sparing*), la differenza tra i limiti superiori, là dove la dimensione dello spazio verde locale si discosta enormemente con la dimensione dello spazio verde locale, rappresenta lo spazio urbano a bassa densità (*land sharing*).

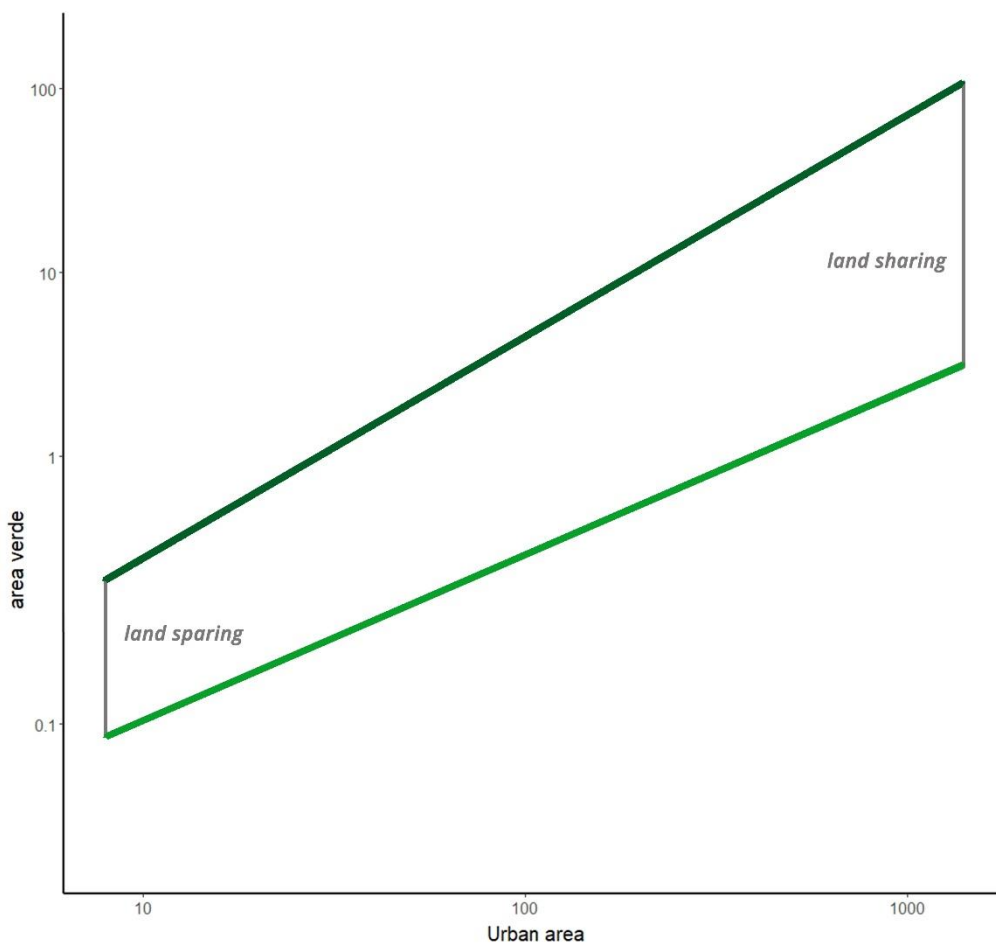


Figura 4.4 | Analisi congiunta dei modelli di regressione

4.3 Discussione

Quasi il 73% della popolazione europea vive nelle città e si stima che questa percentuale raggiungerà l'82% entro il 2050. In molti paesi europei, negli ultimi dieci anni, questo fenomeno è stato associato ad un'espansione a bassa densità di grandi aree urbane (*land sharing*). Tale tendenza, chiaramente insostenibile, rappresenta una grave minaccia per gli ecosistemi e la loro capacità di fornire SE. Prevenire l'espansione urbana e densificare le aree urbane esistenti sono alcune delle misure suggerite dall'UE per limitare la perdita della biodiversità e degli ecosistemi.

Lo studio, condotto su le più grandi città dell'UE, evidenzia un calo delle aree verdi nelle città mediterranee e grandi prestazioni ecologiche nelle grandi città (Parigi e Londra) caratterizzate da diversi ed estese aree verdi. Questo scenario suggerisce che le dimensioni e la frequenza di spazi verdi dipende dalle dimensioni e dalla latitudine della città. Le analisi non solo confermano che l'area verde totale aumenta più rapidamente delle dimensioni della città, ma anche che sta crescendo più lentamente dello spazio verde locale, sostenendo l'idea generale che il risparmio di suolo (*lands sparing*) supporta la biodiversità e gli ecosistemi naturali.

Tali questioni, pur non rivestendo un ruolo essenziale per sostenere lo sviluppo di politiche di uso sostenibile del territorio hanno importanti implicazioni nella definizione di strumenti di pianificazione urbana.

4.4 La Città di Cagliari

Dopo aver tracciato il quadro della pianificazione dello spazio verde urbano europeo, per ragioni di completezza, ma, soprattutto di corretto inquadramento, in questo paragrafo si affrontano le stesse questioni con riferimento all'applicazione di dettaglio per la Città di Cagliari.

L'analisi di dettaglio degli usi del suolo consente di definire una valutazione dell'attuale dell'assetto urbano, per il quale si evidenzia una sostanziale trasformazione indotta dalle attività umane e allo stesso tempo un razionale uso delle risorse naturali. La complessità del territorio, si individua nella molteplicità degli ecosistemi naturali e seminaturali, aree ad elevato valore naturalistico in cui la presenza dell'uomo è talvolta usuale, un'urbanizzazione progressiva del territorio, effetto della pressione antropica. Dalle informazioni a disposizione, in larga parte desumibili dalla Figura 4.5, si evincono differenti livelli di naturalità del territorio. Ciò è evidente nel quadro complessivo del sistema urbano, la cui organizzazione generale è dettata dagli elementi ambientali che hanno condizionato e condizionano lo sviluppo della Città.

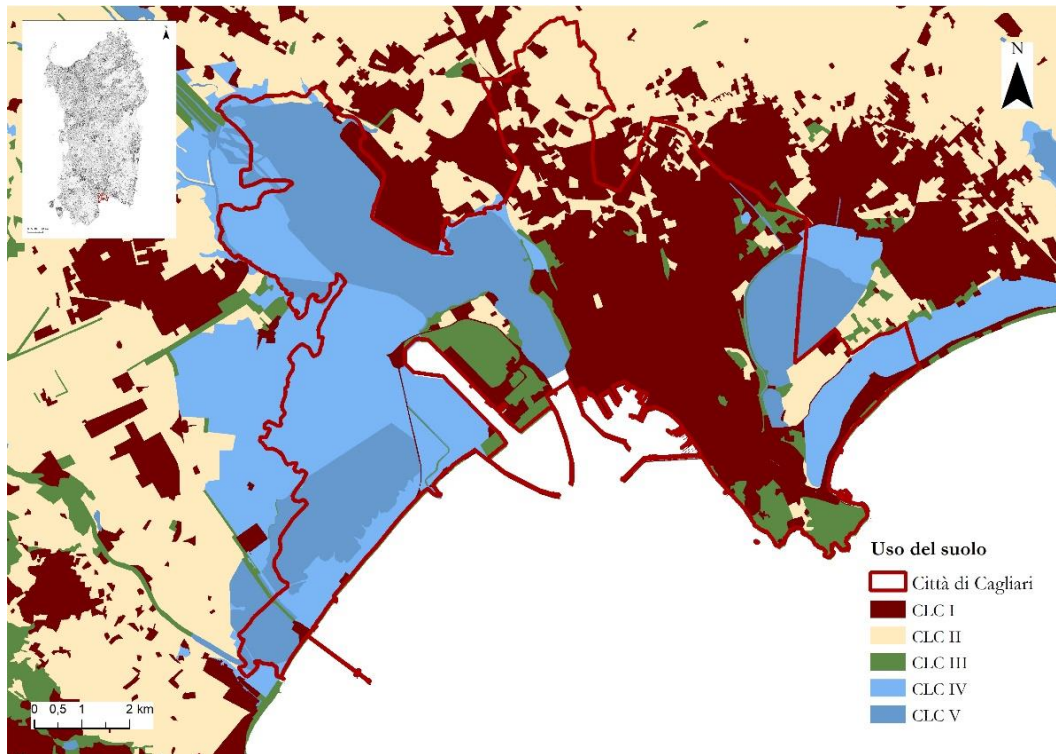


Figura 4.5 | Carta dell'uso dei suoli della Città di Cagliari aggiornata al 2008

L'attuale assetto urbano è, in altre parole, il risultato di scelte obbligate dettate da emergenze di tipo naturale, piuttosto che dal raggiungimento di una condizione di tutela. Il sistema antropico, caratterizzato per 54,71 km² da tessuto urbano compatto, si staglia in prossimità dei principali sistemi naturali, raggiungendo con essi un fragile equilibrio e talvolta esercitando delle pressioni. Tali sistemi naturali fanno riferimento ad ambienti umidi: il compendio dello stagno di Molentargius e le saline di Stato e la Laguna di Santa Gilla; marini: il cordone litorale del Poetto e rilievi: Capo Sant'Elia, Monte Urpinu, Monte Claro, Colle di San Michele, Tuvixeddu, Colle San Bartolomeo. La distribuzione e il disegno degli spazi verdi, che rappresentano una superficie di 2,8 km², è frutto della destinazione a parco dei principali rilievi della Città. Anche se all'apparenza non rilevante, il suo patrimonio verde posiziona Cagliari nelle prime centottanta città dell'UE per superficie verde e per dimensione dell'area verde più estesa. Tuttavia, come successivamente riportato nel paragrafo 8.1 "Analisi ecosistemica" la limitata presenza di alberi associata alla scarsa altezza comporta limitati valori di biomassa epigea con conseguente influenza negativa sulla capacità potenziale di sequestro e stoccaggio di carbonio. Lo sforzo progettuale va, dunque, volto, nel caso della Città di Cagliari, ad una più puntuale e completa definizione degli interventi atti a promuovere la tutela delle risorse dell'ambiente complessivo, naturale e seminaturale, e ad una precisa individuazione delle ipotesi di piano.

5 Consumo di suolo e sequestro di carbonio

La composizione dell'atmosfera e del suolo sono strettamente correlate alle trasformazioni del territorio e influiscono in maniera determinante sui cambiamenti climatici (Jobbagy e Jackson, 2000). Il suolo e il clima sono legati da una duplice relazione: le mutevoli condizioni climatiche hanno un impatto sui processi geofisici e sui servizi resi dal suolo; inversamente, le mutevoli condizioni del suolo hanno un impatto sul clima (European Environment Agency, 2012). In generale, la quantità di carbonio stoccato nel suolo è significativamente superiore a quello immagazzinato nella biomassa vegetale (European Environment Agency, 2012), pertanto, anche piccole variazioni potrebbero avere un impatto rilevante sulla concentrazione di CO₂ in atmosfera (Muñoz-Rojas et al., 2013) e contribuire ad un aumento della temperatura (Arrhenius, 1896). L'Agenzia Europea dell'Ambiente definisce il consumo di suolo come «Change of the amount of agriculture, forest and other semi-natural and natural land taken by urban and other artificial land development»⁹ (European Environment Agency, 2013a). A seguito delle disposizioni della Commissione Europea del 2011, gli Stati membri dovrebbero raggiungere, entro il 2050, l'obiettivo del consumo netto di suolo pari a zero e, con riferimento alla Politica di coesione 2014-2020, valutare e monitorare gli impatti diretti e indiretti delle politiche di copertura del suolo (Comunicazione della Commissione Europea al Parlamento Europeo COM, n. 571 del 20 settembre 2011). Negli ultimi decenni, il consumo di suolo è aumentato più rapidamente rispetto all'aumento della popolazione. Questa tendenza, insostenibile a lungo termine (European Commission, 2012), supporta lo sviluppo di politiche di valutazione dell'entità degli stock di carbonio organico del suolo essenziali per contribuire a contrastare i cambiamenti climatici (Yigini e Panagos, 2016).

Con riferimento a tali questioni, si propone un approccio metodologico per analizzare e stimare, sotto il profilo quantitativo, la relazione che intercorre tra il sequestro di carbonio e il consumo di suolo con riferimento al contesto territoriale della Sardegna. Il complesso e sfaccettato intreccio di regolamenti che caratterizzano il sistema di pianificazione territoriale, rende la Sardegna particolarmente interessante per analizzare il rapporto tra il sequestro del carbonio e i processi di consumo del suolo. Il rigoroso regime di regolamentazione del suolo, basato sui Piani territoriali paesistici del 1993 e sul più recentemente PPR del 2006 ha individuato, delle aree, principalmente costiere, nelle quali le trasformazioni territoriali sono strettamente limitate o completamente escluse. Inoltre, secondo le disposizioni delle leggi nazionali e regionali ovvero secondo le Direttive n. 92/43/CEE e 2009/147/EC, è istituito un sistema diffuso di aree protette appartenenti alla

⁹Trad. It.: "variazione da superfici agricole, territori boscati e ambienti semi-naturali a superfici artificiali".

Rete N2K. Questo complesso e rigido sistema normativo ha reso difficoltoso per le amministrazioni comunali l'adeguamento dei loro piani di governo del territorio alle norme alle norme europee, nazionali e regionali.

Oltre a questa sezione, gli aspetti metodologici relativi alla definizione delle categorie del NDVI, del sequestro di carbonio e del consumo di suolo, sono discussi nel primo paragrafo, nel secondo vengono presentati i risultati mentre, nel terzo viene proposta una discussione relativa alle implicazioni riguardanti la pianificazione territoriale.

5.1 Approccio metodologico

La relazione che intercorre tra la capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio ed il processo di consumo di suolo, stimata mediante una regressione lineare multipla, considera come unità di riferimento spaziale le aree amministrative dei 377 Comuni della Sardegna. Nella regressione il sequestro di carbonio è assunto come variabile di risposta, mentre il consumo di suolo e la variazione del consumo di suolo sono assunti come variabili esplicative. I dati considerati sono stati registrati tra il 1990 e il 2018. Inoltre, il numero di residenti e la superficie territoriale comunale sono assunti come variabili di controllo per verificare, rispettivamente: i. la presenza di un indice di concentrazione per il quale, minore è il numero di residenti, maggiore è la capacità di sequestrare e immagazzinare CO₂ (Zoppi e Lai, 2015, Sklenicka et al., 2013); ii. l'influenza dell'estensione dell'area comunale sulla capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio. La regressione è specificata come segue:

$$C_SEQ = \beta_0 + \beta_1 C_SUOLO + \beta_2 + \beta_3 RESID + \beta_4 ML_AREA \quad (5.1)$$

dove:

- C_SEQ, è il sequestro del carbonio misurato in tonnellate di biossido di carbonio stoccato al 2018 per ettaro di superficie comunale;
- C_SUOLO, è il rapporto percentuale del suolo occupato per km² di superficie comunale;
- ΔC_SUOLO, è il rapporto percentuale del consumo di suolo nel periodo 1990-2018 per km² di superficie comunale;
- RESID, è la popolazione residente al 2016 in un comune;
- ML_AREA, è la superficie amministrativa comunale al 2018.

Le regressioni lineari multiple sono frequentemente utilizzate negli studi che coinvolgono numerose variabili legate alla ricerca spaziale, nel caso in cui non siano disponibili ipotesi a priori per quanto riguarda le relazioni tra queste variabili (Zoppi et al., 2015; Sklenicka et al., 2013; Stewart e Libby, 1998; Cheshire e Sheppard, 1995). Al fine di approssimare la superficie che rappresenta, in uno spazio n-dimensioni, la relazione tra le n variabili che

caratterizzano il fenomeno analizzato, la cui equazione è sconosciuta, si considera un piano tangente che, punto per punto, rappresenta la traccia di una relazione lineare tra le variabili, identificata in un intorno di un punto della superficie incognita. In questa piccola regione, la relazione tra le variabili è lineare e può essere stimata tramite regressione lineare multipla. Con riferimento a tale premessa, il modello 5.1 stima la traccia di C_SEQ su una superficie a cinque dimensioni (Wolman e Couper, 2003; Bera e Byron, 1983). Di seguito

Variabile	Definizione;	Unità di misura	Media	Deviazione standard
C_SEQ	Capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio; stimata attraverso il NDVI	Biossido di carbonio immagazzinato per ha di superficie comunale, Mg/ha	89,40	22,00
C_SUOLO	Misura dell'occupazione di suolo; Copernicus Database, https://www.copernicus.eu/en/research/project-database	Rapporto percentuale del suolo consumato per km ² di superficie comunale, km ² /km ² , %	3,41	5,29
ΔC_SUOLO	Variazione del consumo di suolo; Copernicus Database, https://www.copernicus.eu/en/research/project-database	Rapporto percentuale della variazione del consumo di suolo nel periodo 2018-1990 per km ² di superficie comunale, km ² /km ² , %	0,99	1,29
RESID	Popolazione residente al 2016; Comuni Italiani Internet site, http://www.comuni-italiani.it/092/lista.html	Numero dei residenti	4.385.01	12.199.99
ML_AREA	Area amministrativa comunale; Sardegna Geoportale, http://www.sardegnaegeoportale.it/index.php?xsl=2425&s=331129&v=2&c=14411&t=1&tb=14401	km ²	63,92	61,76

Tabella 5.1 | Statistiche descrittive del modello di regressione

Sequestro del carbonio

Con riferimento all'approccio proposto da Tucker (1979) e Andrade da Rocha et al. (2018), il calcolo dell'indicatore NDVI, per le immagini satellitari riferite al luglio 2018 ha rilevato valori compresi nell'intervallo -0,60 – 0,96. In particolare, agli intervalli compresi tra: (i) -0,60 e 0,27 corrispondono suoli privi di vegetazione, rocce nude, aree costruite, corpi idrici; (ii) 0,27 e 0,49 corrispondono suoli con vegetazione rada o con vegetazione poco densa; (iii) 0,49 e 0,96 corrispondono suoli con vegetazione densa o foreste.

Per la stima della capacità media di sequestro del carbonio in ognuno dei tre intervalli di NDVI ci si è avvalsi del modello InVEST. La mappa raster di copertura del suolo è elaborata associando ai tre intervalli di NDVI tipi di copertura del suolo con caratteristiche simili; l'associazione si basa sulle conoscenze tecniche e sull'osservazione diretta del territorio. Infine, la capacità di sequestro del carbonio di ciascun tipo di copertura del suolo, relativa alla necromassa e al suolo è identificata sulla base della banca dati spaziale resa disponibile nell'ambito del progetto "Carta delle unità terrestri e capacità di utilizzo del suolo della Sardegna – Prima parte (2011-2013)"² diversamente per la biomassa epigea si è fatto riferimento ai dati contenuti nell'Inventario nazionale delle foreste italiane. La Tabella 5.2 mostra la classe di copertura del suolo e la capacità di stoccare carbonio considerando tre intervalli del NDVI.

Intervallo NDVI	Classe di copertura del suolo	Capacità di stoccare carbonio [Mg/ha]
0,5979 – 0,2660	Suoli privi di vegetazione, rocce nude, aree costruite, corpi idrici	0
0,2660 – 0,4885	Suoli con vegetazione rada, erba o con vegetazione poco densa	104,48
0,4885 – 0,9594	Suoli con vegetazione densa; foreste	117,45

Tabella 5.2 | Classe di copertura del suolo e capacità di stoccare carbonio per ogni intervallo di NDVI

Consumo di suolo

La tassonomia spaziale del consumo di suolo si basa sulla classificazione della copertura del suolo della CLC dell'EEA dell'UE (European Environment Agency, 2013b; Zoppi e Lai, 2014). Le superfici non artificiali (primo livello della CLC) sono classificate in quattro classi: i. superfici agricole; ii. territori boscati ed altri ambienti semi-naturali; iii. zone umide; iv. corpi idrici. Il consumo di suolo è assunto come il passaggio da una copertura di suolo non artificiale, relativa ai dati del 1990, ad una copertura artificiale, in relazione ai dati del 2018.

5.2 Risultati

Distribuzione spaziale del consumo di suolo

Circa 215 km² del territorio Regionale, tra il 1990 e il 2018, sono passati da uno stato non artificiale a uno stato artificiale. Il fenomeno del consumo di suolo ha una distribuzione spaziale non omogenea e mostra valori più alti nelle aree maggiormente urbanizzate come: la Città Metropolitana di Cagliari (5,6 km²), le aree urbane di Olbia (9,4 km²), Sassari (10,8 km²) e i Comuni costieri (0,97 – 10,79 km²). Tuttavia, oltre il 33% delle amministrazioni comunali rivela un aumento del consumo di suolo inferiore a 0,09 km², mentre meno del

18% rivela un aumento del consumo di suolo superiore allo 0,98 km². In Figura 5.1, a sinistra, si riporta la distribuzione spaziale del sequestro e dello stoccaggio di carbonio per ognuno dei 377 Comuni della Regione Sardegna.

In particolare, i tessuti consolidati e altamente urbanizzati di Cagliari e Sassari rivelano valori di consumo di suolo rispettivamente del 2,5% e del 5%. Le due Città rappresentano due differenti modelli di espansione urbana, uno riferibile al *land-sparing* e l'altro al *land-sharing* (Soga et al., 2014). Cagliari, con una densità di 1.801 residenti/km² e una concentrazione rilevante di spazi verdi nel suo tessuto consolidato, rappresenta un modello di *land-sparing*. Sassari, con una densità di 234 residenti/km² e una bassa concentrazione di spazi verdi nel suo tessuto consolidato, rappresenta un modello di *land-sharing* (Lin e Fuller, 2013).

La densità delle aree verdi all'interno dei tessuti urbani compatti è positivamente correlata alla protezione della biodiversità e alla fornitura di SE. I processi pianificatori e decisionali, quindi, dovrebbero concentrarsi sulle politiche basate sul risparmio di suolo (Soga et al., 2014). Nella Tabella 5.3 si riporta il confronto tra le città di Cagliari e Sassari in termini di *land-sparing* e *land-sharing*.

Città	Superficie verde [km ²]	Tessuto compatto [km ²]	Superficie verde nel tessuto urbano compatto [km ² /km ²]; percentuale delle superficie verde all'interno del tessuto urbano compatto
Cagliari	2,8	54,7	4,9%
Sassari	0,5	15,7	2,8%

Tabella 5.3 | Analisi delle superfici verdi all'interno del tessuto urbano compatto

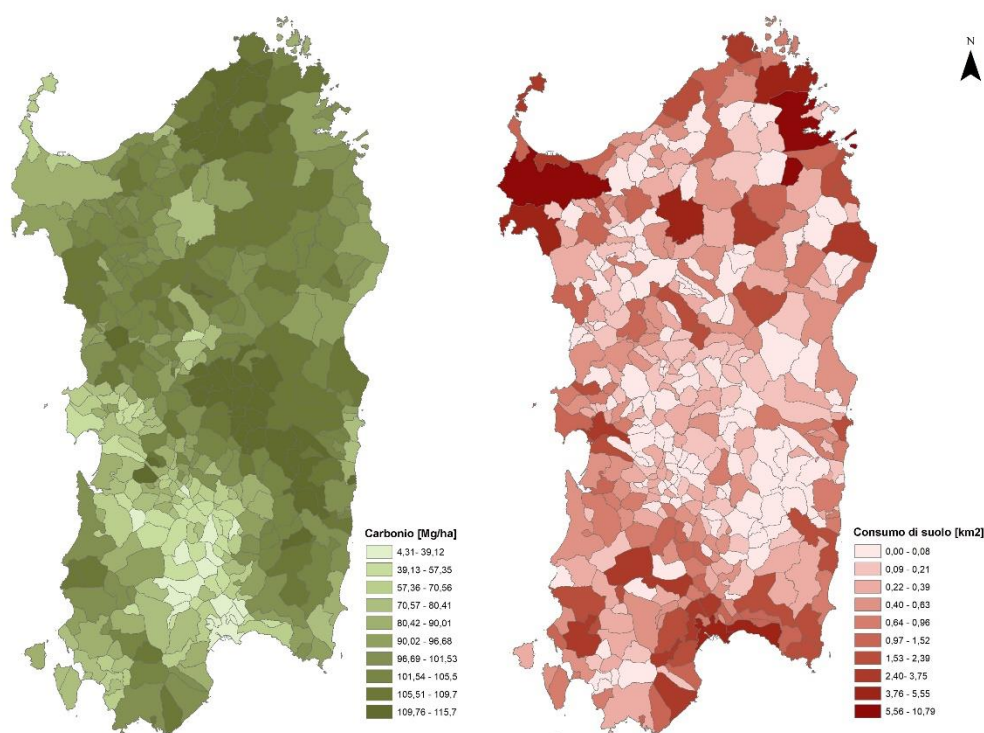


Figura 5.1| A sinistra, la distribuzione spaziale del sequestro di carbonio. A destra, la distribuzione spaziale del consumo di suolo

Distribuzione spaziale del sequestro di carbonio

La distribuzione spaziale del sequestro di carbonio rivela valori compresi nell'intervallo 4,30-115,70 Mg/ha. Circa il 37% dei Comuni analizzati ha una capacità di sequestro di carbonio inferiore a 90 Mg/ha. I Comuni appartenenti alla Provincia del Sud Sardegna rivelano valori comparativamente inferiori al resto dell'Isola. Le municipalità situate lungo la linea SW-NW che collega Cagliari a Oristano si caratterizzano per una bassa capacità di sequestro di carbonio. Circa il 4% dei Comuni, per lo più situati nelle aree centrali e settentrionali dell'Isola, mostrano valori compresi nell'intervallo 109,75-115,70 Mg/ha. La Città Metropolitana di Cagliari, la cui amministrazione comprende diciassette Comuni, mostra una bassa capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio, con una perdita di circa 10.700 Mg/ha rispetto alla condizione ottimale, causata dalla forte espansione urbana. Questo risultato conferma che la capacità di sequestro di carbonio diminuisce con l'aumentare delle trasformazioni urbane (Sun et al., 2019). Ancor più elevata è la perdita di sequestro e stoccaggio di carbonio nei Comuni costieri (circa il 35.5%) attribuibile a un aumento del consumo di suolo compreso tra 0,96 e 10,80 km² e conseguenza della pressione turistica, che mette a rischio ambienti costieri e marini e la loro fornitura di SE (Zoppi e Lai, 2010). In particolare, circa il 38% dei comuni costieri mostra una capacità di sequestro di carbonio compresa tra 4,3 e 70,6 Mg/ha. In Figura 5.1, a destra, si riporta la

distribuzione spaziale del sequestro e dello stoccaggio di carbonio per ognuno dei 377 Comuni della Regione Sardegna.

Modello di regressione

I risultati del modello di regressione sono coerenti con le aspettative sui segni dei coefficienti, le cui stime risultano significative in termini di p-value. Si consideri che i p-value risultano sempre inferiori al 2%. In Tabella 5.4 si riportano i risultati del modello di regressione.

Variabile esplicativa	Coefficiente	Deviazione standard	statistica t	p-value
C_SUOLO	-0,716	0,300	-2,395	0,0180
ΔC_SUOLO	-4,370	1,126	-3,879	0,0002
RESID	-0,0003	0,0001	-2,559	0,0110
ML_AREA	0,092	0,019	4,910	0,0001
Variabile dipendente: C_SEQ - Coefficiente di determinazione corretto: 0,289				

Tabella 5.4 | Risultati del modello di regressione

La stima del coefficiente C_SUOLO implica che, a parità di condizioni, un aumento dell'1% nel consumo di suolo comporta una diminuzione di circa 700 kg/ha di carbonio stoccato. Ciò implica che il consumo di suolo totale relativo alla Città di Cagliari nel 2018, circa il 40% del territorio comunale, ha determinato una perdita di circa tre milioni di tonnellate di carbonio stoccato.

Inoltre, le stime del modello di regressione rivelano che la di consumo di suolo (ΔC_SUOLO) tra il 1990 e il 2018 ha un impatto negativo sul sequestro e lo stoccaggio di carbonio. Questo implica chiaramente che il sequestro del carbonio diminuisce all'aumentare del consumo di suolo. Nel caso di Cagliari, ad un aumento del 6,5% del consumo di suolo corrisponde una perdita di circa 235.000 tonnellate di carbonio stoccato. Le due variabili di controllo, RESID e ML_AREA, rivelano una correlazione positiva e significativa. Si stima che un aumento di 20 residenti comporti una diminuzione di 5,6 kg/ha nel sequestro e stoccaggio di carbonio. Questo significa che, a parità di condizioni, come conseguenza di un minor numero di residenti, Sassari (127.533 residenti), ha una capacità di circa 399.000 tonnellate maggiore rispetto a Cagliari (154.083 residenti). Infine, la stima positiva del coefficiente corrispondente all'area della superficie comunale (ML_AREA) rivela una correlazione positiva tra la capacità di stoccare carbonio e l'area, infatti, si stima che 1 km² di superficie comunale è correlata ad un aumento di circa 90 kg/ha nel sequestro di carbonio.

I risultati del modello di regressione evidenziano una correlazione importante e significativa, a livello comunale, tra la capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio ed il consumo di suolo. Il NDVI risulta essere una proxy molto efficace per valutare la capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio in quanto rappresenta un valido strumento per valutare la misura del carbonio sequestrato e immagazzinato, indipendente dal consumo di suolo. Questo rende possibile l'applicazione del modello di regressione in termini stocastici. Inoltre, i coefficienti delle variabili che rappresentano i fattori assunti tentativamente come determinanti del sequestro di carbonio, risultano significativi e la fitness del modello è relativamente elevata, il coefficiente di determinazione corretto è circa del 30%, come mostrato nella Tabella 5.4. La metodologia risulta, quindi, efficace per spiegare, in termini quantitativi, la relazione tra sequestro di carbonio e consumo di suolo.

5.3 Considerazioni conclusive

Lo studio ha posto in evidenza una serie di importanti implicazioni sulla relazione che intercorre tra la capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio e il consumo di suolo. In primo luogo, le stime evidenziano una correlazione negativa e significativa tra la variazione temporale del consumo di suolo e la capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio. Questo ribadisce che fenomeni come lo sprawl urbano sono potenziali driver del consumo di suolo (Stakura et al., 2015). In secondo luogo, la riduzione della capacità di sequestro e stoccaggio di carbonio come conseguenza del processo del consumo di suolo è significativa in termini quantitativi. Da questo punto di vista, i risultati rivelano che la presenza e la dimensione delle aree protette, limitando l'espansione urbana e, quindi, il consumo di suolo (Hazeu et al., 2009; Martínez-Fernández et al., 2015), risultano essere importanti fattori per conservare, ed eventualmente migliorare, la capacità di sequestro di carbonio. Questo implica che la capacità di sequestro di carbonio, aumenta, a parità di condizioni, in relazione alla presenza e alle dimensioni delle aree protette. Un importante sistema di aree protette è rappresentato dai SN2K, istituiti ai sensi delle Direttive Habitat (92/43/CEE) e la Direttiva Uccelli (2009/147/CE). Secondo la Direttiva Habitat, per tutti i piani e progetti interni o esterni ai SN2K e che possono avere degli impatti negativi su habitat e specie presenti all'interno del Sito, è prevista la "valutazione di incidenza"¹⁰. Una terza importante implicazione sulla conservazione dello stato non artificiale del suolo è correlata all'impatto positivo delle politiche di protezione ambientale relative alla Rete N2K. Il fatto che il

¹⁰ Il comma 3 dell'art. 6 della Direttiva Habitat stabilisce che "Qualsiasi piano o progetto non direttamente connesso e necessario alla gestione del sito ma che possa avere incidenze significative su tale sito, singolarmente o congiuntamente ad altri piani e progetti, forma oggetto di una opportuna valutazione dell'incidenza che ha sul sito, tenendo conto degli obiettivi di conservazione del medesimo", e che "le autorità nazionali competenti danno il loro accordo su tale piano o progetto soltanto dopo aver avuto la certezza che esso non pregiudicherà l'integrità del sito in causa e, se del caso, previo parere dell'opinione pubblica".

regime di protezione ambientale della Rete N2K non sia correlato ad altri regimi di salvaguardia ambientale non rende necessarie ulteriori politiche di restrizione. In effetti, l'istituzione di SN2K non implica che vi siano usi o sviluppi del territorio che siano proibiti in termini generali. Tuttavia, la semplice presenza di un SN2K implica, per le pubbliche amministrazioni, i pianificatori e i professionisti, che le proposte di trasformazione territoriale da questi avanzate siano assoggettate ad una procedura amministrativa e tecnica al termine della quale l'idoneità delle proposte sia subordinata alla dimostrazione che quanto progettato non danneggi o generi la perdita di habitat e specie. La presenza dei SN2K, secondo i risultati dello studio qui discusso, riduce significativamente i processi del consumo di suolo. Infine, un'importante implicazione dello studio degli esiti di questo studio riguarda le nuove proposte di sviluppo dei PUC. Queste, così come avviene per piani e progetti ricadenti all'interno dei SN2K o aventi influenza su di essi, dovrebbero essere sottoposte ad una procedura analoga alla valutazione di incidenza per verificare i loro impatti sugli usi del suolo e dimostrare che i processi di artificializzazione sono minimi.

I quattro punti sopra evidenziati hanno importanti conseguenze sulle politiche di pianificazione, sia al livello locale (municipale), che al livello regionale. Una prima conseguenza è che le politiche volte a ridurre il consumo di suolo e a preservare la capacità di sequestro di carbonio dovrebbero

comprendere l'istituzione di nuove aree protette o l'ampliamento di quelle esistenti. Entrambi i processi, complessi e lunghi, richiedono l'integrazione di diverse competenze tecniche ed amministrative e necessitano di una cooperazione efficace e continua che coinvolga le regionali regioni ed i comuni. La cooperazione si rende necessaria poiché le autorità locali identificano gli obiettivi e definiscono le misure di conservazione relative ai SN2K, eventualmente nel contesto di un piano di gestione, e l'Amministrazione Regionale approva le misure e le porta all'attenzione dell'Amministrazione Statale. L'approccio cooperativo e l'integrazione dei processi di pianificazione locale e regionale implicherebbero un importante miglioramento della qualità dell'urbanistica in Sardegna, attualmente caratterizzata da una significativa mancanza di coordinamento (Zoppi e Lai, 2010). Una seconda implicazione in relazione ai processi di pianificazione pubblica, attualmente non considerata con la dovuta attenzione, è la rilevanza e l'efficacia della cooperazione sistematica tra esperti di conservazione della natura, pianificatori e decisori nel contesto della definizione e dell'approvazione dei piani territoriali, al fine di promuovere l'identificazione delle zone designate per l'istituzione di aree protette e di definire politiche volte a limitare il consumo di suolo e a preservare la capacità di sequestro di carbonio (Leone e Zoppi, 2016). In terzo luogo, si dovrebbe prestare particolare attenzione alla possibilità di proporre nuove aree protette nei processi di VAS dei PUC.

Questi processi implicano l'inclusione di obiettivi relativi alla protezione delle risorse ambientali ed al paradigma della sostenibilità nella definizione territoriale degli strumenti di piano (Zoppi e Lai, 2014). Inoltre, poiché la presenza e la dimensione delle aree protette sono efficaci per limitare il consumo di suolo e sostengono la capacità di sequestro di carbonio, misure di conservazione coerenti con quelle adottate per le aree protette potrebbero essere efficacemente estese su aree situate al di fuori dei loro confini, per aumentare la capacità del territorio di rendere disponibile il SE di sequestro e stoccaggio di carbonio. Quest'osservazione pone in evidenza quanto sia importante la disponibilità di mappe complete e dettagliate riguardanti la distribuzione spaziale delle risorse naturali. Un quinto punto è collegato alla necessità di un coordinamento complessivo delle misure di conservazione tra i piani delle municipalità confinanti. Da questo punto di vista, un ruolo fondamentale dovrebbe essere svolto dalle direzioni competenti in materia di pianificazione del territorio dell'Amministrazione Regionale, che coordina i piani locali in base alle disposizioni della normativa sarda in merito all'approvazione dei piani a scala regionale e locale. Infine, un aspetto di particolare rilievo, riconosciuto e discusso in letteratura, è costituito dalla questione dei conflitti che l'imposizione delle misure di conservazione può generare in relazione agli usi del suolo legati alle culture produttive delle tradizioni locali, ad esempio dell'agricoltura e delle attività pastorali (Leone e Zoppi, 2016; Kovács et al., 2015). Per questo, processi partecipativi inclusivi, orientati all'informazione ed alla costruzione del consenso, dovrebbero essere dettagliatamente progettati ed attuati prima che i piani e le relative misure di conservazione siano discussi e approvati, perché la limitazione del consumo di suolo e la conservazione della capacità di sequestro di carbonio siano efficacemente perseguite.

L'approccio metodologico proposto ed attuato in questo studio considera come unità spaziali i comuni della Sardegna. Da questo punto di vista, in termini di futuri sviluppi della ricerca, sarebbe certamente importante indagare su quali sarebbero gli esiti dell'applicazione della metodologia qualora si considerassero unità spaziali diverse dai Comuni e legate a tassonomie territoriali più dettagliate, specialmente con riferimento alle conurbazioni più complesse, quali Cagliari e Sassari. La valutazione comparativa della relazione tra sequestro di carbonio e consumo di suolo relativa a diverse aree identificate all'interno del tessuto urbano dei principali agglomerati urbani della Sardegna contribuirebbe a migliorare l'efficacia esplicativa del modello e la qualità delle sue implicazioni in termini di definizione ed attuazione di politiche per preservare e migliorare la capacità di sequestro di carbonio, e per limitare o prevenire i processi di consumo di suolo.

Riflessioni finali

Il servizio di sequestro e stoccaggio di carbonio è fornito da tutti gli ecosistemi con delle differenze in rapporto alla naturalità. I cambiamenti dell'uso del suolo, indotti dai processi di urbanizzazione, espansione e intensificazione urbana, sono considerati come la causa principale della degradazione del suolo e della perdita delle funzioni ambientali ad esso connesse, questo induce a pensare che l'ecosistema urbano non dia nessun contributo in termini di sequestro e stoccaggio di carbonio. Contrariamente, i risultati ottenuti, pur non derivando da analisi dirette, evidenziano il ruolo dell'ecosistema urbano nel mitigare l'inquinamento dell'aria e dimostrano che gli studi condotti alla scala regionale e metropolitana, non sono rappresentativi del reale contributo che le aree urbane forniscono in termini di fornitura del Servizio (Davies, 2011). Le analisi in ambito urbano, paragrafo 3.23, dimostrano che si commette un errore quando si attribuisce all'intero ambito urbano nessuna o scarsa capacità di stoccare carbonio, questo perché la stima del Servizio è generalmente costituita dalla spazializzazione del valore assoluto di carbonio organico stoccato per tipologia d'uso/copertura del suolo. In altre parole, emerge la necessità di analisi puntuali. D'altro canto, tecniche e tecnologie di Remote Sensing facilitano la comprensione dei fenomeni che influenzano un ambiente specifico, contribuendo in modo efficace all'elaborazione di diagnosi ambientali e ai processi di pianificazione (Zullo et al., 2016). La conoscenza del contenuto e della distribuzione spaziale di carbonio organico nei suoli urbani e il riconoscere al verde urbano un ruolo significativo all'interno delle politiche sul cambiamento climatico, riveste un'importanza strategica per l'elaborazione di strati informativi utili ad indirizzare le politiche di pianificazione territoriale in un'ottica di contenimento del consumo di suolo, quale bene comune e risorsa non rinnovabile che esplica funzioni e produce servizi.

Parte terza

**Verso la redazione del Piano del verde
urbano della città Cagliari:
riferimenti storici e governance territoriale**

Premessa

Per completare la trattazione teorico-applicativa fin qui esposta, appare utile proporre degli Indirizzi procedurali utili all'integrazione del SE di sequestro e stoccaggio di carbonio nella redazione di un Piano del verde urbano. Le analisi fatte nella prima sezione pongono in evidenza, in termini di criticità e debolezze, una scarsa consapevolezza delle opportunità che l'integrazione dei SE può portare nei processi di pianificazione; per contro dalle analisi della seconda sezione, condotte con sistemi informativi geografici interfacciati con sistemi di Remote Sensing, emerge l'importanza strategica dei SE per l'elaborazione di strati informativi utili ad indirizzare le politiche di pianificazione territoriale. Le informazioni geografiche digitali rappresentano uno strumento essenziale in grado di fornire alla pianificazione indicazioni pratiche in materia di rilevamento del territorio e monitoraggio sulla base delle problematiche analizzate (Borri et al., 1998; Geneletti, 2003; Las Casas & Murgante, 2004; Diamantini & Geneletti, 2005; Graci et al., 2008; Zullo, 2016). Gli indirizzi procedurali, finalizzati allo sviluppo di un processo di piano inclusivo e incrementale replicabile in altri e differenti contesti spaziali, si configura come un'attività innovativa in grado di assicurare l'integrazione del SE di sequestro e stoccaggio di carbonio e dei SE in genere, nella governance territoriale. Nel Capitolo 6 "Riferimenti storici al sistema del verde urbano della Città di Cagliari: dal Piano del Cima agli indirizzi per l'adeguamento del Piano Urbanistico comunale" si fa una rassegna dei riferimenti storici al sistema del verde urbano della Città di Cagliari. Nel Capitolo 7 "Linee guida per la redazione del Piano comunale del verde urbano" si illustrano gli indirizzi procedurali per l'inclusione del SE di sequestro e stoccaggio di carbonio in un processo di costruzione di Piano del verde urbano. Nel Capitolo 8 "Applicazione delle linee guida per la redazione del Piano comunale del verde urbano al caso di studio della Città di Cagliari" si mette in pratica quanto elaborato nella trattazione teorica del Capitolo 6. L'ambito di applicazione è la Città di Cagliari che fin dalle prime analisi si è dimostrata adatta a supportare le tematiche trattate durante il percorso di ricerca. Nell'"Apendice" si riporta una proposta di Piano Comunale del verde urbano della città di Cagliari e la Carta degli indirizzi di Piano.

6. Riferimenti storici al sistema del verde urbano della Città di Cagliari: dal Piano del Cima agli indirizzi per l'adeguamento del Piano Urbanistico comunale

L'evoluzione urbanistica della Città di Cagliari costituisce un fattore significativo sotto il profilo tipologico-funzionale, ponendosi l'obiettivo di individuare, attraverso una proposta di Piano Comunale del verde urbano¹¹, metodologie di intervento finalizzate alla valorizzazione del verde esistente e alla formulazione dei criteri progettuali in grado di indirizzare le scelte future. In questo senso, è significativo riportare il concetto di verde urbano contenuto nella successione degli strumenti di pianificazione.

6.1 Il Piano Regolatore del Cima primo Piano Regolatore dell'Italia Unita

Quattro anni prima della L. n. 2359 del 1865 che assegna ai comuni con una popolazione superiore ai diecimila abitanti la facoltà, per causa di pubblico vantaggio, di dotarsi di un Piano Regolatore (art. 86), e dopo diciotto anni di elaborazioni, il 18 aprile del 1861, viene approvato, con Regio Decreto, il Piano Regolatore per la Città di Cagliari redatto dall'architetto Gaetano Cima. Il Piano ha come obiettivo il rinnovamento della Città secondo un modello di coordinamento della struttura urbana improntato sui criteri dell'ordine e della regolarità geometrica. (Del Panta, 1983). Le innovazioni culturali proposte segnano l'inizio di una visione urbanistica di sistema. Per la prima volta, il tessuto urbano caratterizzato da costruzioni minori prive di qualunque regolamentazione a edificare e da una struttura urbana suggerita dalla morfologia del suolo, dal clima e dal paesaggio, sono coordinati in un progetto d'insieme di recupero dei quattro quartieri storici, di riqualificazione delle periferie e di espansione lungo le principali direttrici territoriali.

Il Piano si rivolge alla città piazzaforte¹² e, in particolare, ai Quartieri di Castello e della Marina ancora muniti di fortificazioni. Con la demolizione di quasi tutte le porte della Marina e l'apertura di collegamenti che attraversano i baluardi e le cortine di Castello si rende possibile la connessione con i quartieri di Stampace e di Villanova. In tal senso, è evidente la volontà del Cima di distribuire le funzioni fra i vari quartieri; molte delle soluzioni urbanistiche sono dettate dalla convinzione che una connessione tra i quartieri possa contribuire al miglioramento della qualità della vita. Dalla lettura delle Carte del Cima emerge l'intenzione di rompere gli equilibri secolari urbani, di spostare il baricentro della Città antica e di aprirla verso l'esterno di Castello, verso la pianura che sarà oggetto di espansione urbana nel secolo successivo.

¹¹ Il Piano del verde urbano datato e mai approvato definitivamente nonostante le previsioni della Legge n.10 del 14 gennaio 2013 e le grandi ricchezze ambientali della Città dimostra grandi ritardi nella politica del verde urbano.

¹² Cagliari rimane soggetta alle leggi militari fino al 30 dicembre 1866.

6.2 Bando di concorso del 1929 Per lo studio di un progetto di Piano Regolatore e d'ampliamento per la Città di Cagliari

Gli anni del primo dopoguerra, furono caratterizzati da un inurbamento che porta alla saturazione dei quartieri storici. L'espansione demografica fu tale che i quattro quartieri non ebbero più la capacità di contenere l'attività edilizia che, quindi, si riversò nelle direttrici di nuova espansione. La prima direttrice è quella a nord-est della città storica, con un carattere borghese-residenziale; la seconda espansione ad est e nord-est, ha un carattere industriale e commerciale e si contraddistingue per la tipologia di alloggi popolari. La necessità di uniformare, controllare, razionalizzare, innovare e ampliare porta alla pubblicazione, nel 1929, del "Bando di concorso per lo studio di un progetto di Piano Regolatore e d'ampliamento per la Città di Cagliari". Il Bando, redatto dall'Ing. Giacomo Crespi, è caratterizzato da chiare e precise linee di pianificazione e indicazioni per i gruppi concorrenti (art 2-7). In particolare, il Bando dà chiare indicazioni per la sistemazione a parco di quelle che sono oggi le principali aree verdi della Città: Monte Urpinu, Orto Botanico e Colle Tuvixeddu. Con riferimento ai temi trattati nella tesi, tra i principali e differenti obiettivi, si chiede la conservazione delle caratteristiche ambientali e la creazione di spazi a verde sistematicamente distribuiti in tutta la città. Per la prima volta nella storia della pianificazione urbana di Cagliari il verde assume il carattere di elemento portante nelle scelte pianificatorie.

6.3 Il Piano Regolatore di Cagliari del 1938

Ognuna delle quattro proposte del Bando concorso del 1929 contribuì alla redazione del Piano Regolatore di Cagliari del 1938. Con nota n. 1327 del 5 febbraio 1943 il Ministero dei Lavori Pubblici chiede un'estensione del Piano a tutto il territorio, in ottemperanza alle disposizioni contenute nella L. n.1150 del 17 agosto 1942. Prima di procedere alla definitiva attuazione, con nota n. 2515 del 14 marzo 1944, il Ministero dei Lavori Pubblici chiede una revisione del Piano in relazione alle nuove esigenze create per effetto dei danneggiamenti arrecati dagli eventi bellici. Il Piano, a seguito di revisioni e integrazioni, il 24 maggio 1944 viene ritrasmesso al Ministero per la definitiva approvazione.

6.4 Il Piano di ricostruzione

In ottemperanza alle disposizioni contenute nel Decreto Legislativo Luogotenenziale n. 154 del 01 marzo 1945 recante "Norme per i Piani di Ricostruzione degli abitati danneggiati dalla guerra" e dal Decreto Ministeriale del 29 maggio 1945 recante "Approvazione del primo elenco dei comuni danneggiati dalla guerra che dovranno adottare un piano di ricostruzione", nell'ottobre del 1945 viene approvato il Piano di ricostruzione della Città

di Cagliari. Il Piano, successivamente modificato e definitivamente approvato il 31 luglio 1947 assicura un razionale assetto alla Città, in linea con quanto previsto dal Piano Regolatore Generale. In particolare, il Piano risponde alla richiesta di alloggi anche attraverso la costruzione di nuovi quartieri, a un totale riassetto dei servizi pubblici e alla necessità di ricostruzione del nucleo urbano centrale distrutto dai bombardamenti.

6.5 Il Piano Mandolesi

La crescita della città lungo le direttrici indicate dal Bando di concorso prima e dal Piano di ricostruzione poi, il degrado del centro storico, lo sviluppo industriale e la generale saturazione del centro urbano, inducono alla redazione di un nuovo Piano Regolatore. Il Piano del 1945 meglio conosciuto come Piano Mandolesi introduce due aspetti innovativi: la dotazione di servizi primari e secondari e l'esigenza di controllarne l'attuazione attraverso la definizione di Piani Regolatori Particolareggiati. Inoltre, il Piano individua degli indici per le zone destinate alle attrezzature e servizi e riconosce le aree verdi un beneficio anche in termini di condizioni igieniche. Queste, vengono suddivise in verde pubblico e privato e aree inedificate; le prime sottoposte a vincolo di inedificabilità assoluto, le seconde sottoposte a indici di edificabilità molto bassi e, per le terze, si prescrive un mantenimento dell'attuale destinazione a verde anche in termini di alberature ad alto fusto.

6.6 Il Piano urbanistico comunale

Il PUC approvato definitivamente con deliberazione del Consiglio Comunale n. 59 del 5 novembre del 2002 e successive varianti, identifica e definisce differenti tipi di aree verdi, di cui si riportano alcuni stralci nel BOX 1.

Parco urbano e territoriale

Aree verdi con funzione prevalente di protezione naturalistica a servizio del sistema urbano e territoriale. Le aree incluse nel parco urbano possono essere di proprietà pubblica e/o privata.

Aree verdi attrezzate

Identifica le aree verdi con funzione prevalente di protezione ambientale e di realizzazione del parco urbano diffuso. In tali zone è consentita la realizzazione di attrezzature ed impianti pubblici, o privati di uso pubblico, con carattere sportivo, ricreativo, culturale e sociale e delle infrastrutture di viabilità e di parcheggio.

Aree a verde privato

Identifica le parti di territorio destinate perpetuamente a verde privato inedificabile nell'ambito di lottizzazioni già perfezionate. In tale zona è consentita esclusivamente la realizzazione di opere di sistemazione del terreno e di impianto del verde privato. La sistemazione a verde e la manutenzione dello stesso è a carico dell'originario lottizzante

o suoi successori o aventi causa. È prescritta la demolizione delle volumetrie esistenti ed è preclusa la realizzazione di nuovi edifici.

Zone di salvaguardia

Sono classificate zone di salvaguardia le parti del territorio che rivestono un particolare pregio ambientale, naturalistico e sono destinate alla funzione prioritaria di tutela del territorio. Entro le zone di salvaguardia deve essere garantita la conservazione dei singoli caratteri naturalistici, storici, morfologici e dei rispettivi insiemi, non sono ammesse alterazioni sostanziali dello stato attuale dei luoghi e sono consentiti, previa autorizzazione di cui all'art. 7 della L. n. 1497/39 i soli interventi volti alla conservazione, difesa, ripristino, restauro e fruizione della risorsa, ed in particolare:

- Attività scientifiche, comprendenti l'insieme delle attività finalizzate allo studio, controllo e conservazione delle risorse ambientali e storico-culturali;
- Fruizione naturalistica, comprendente l'insieme di attività di fruizione dell'ambiente a fini didattici e turistico-ricreativi, con eventuale realizzazione di infrastrutture leggere (quali sentieri natura, percorsi escursionistici, segnaletica, ecc.) o strutture leggere di supporto (capanni di osservazione e per la somministrazione di bevande e alimenti, ecc.), aree belvedere e postazioni naturalistiche;
- Fruizione culturale, comprendente l'insieme delle attività legate all'uso dei monumenti, zone archeologiche e beni culturali in genere, con eventuale realizzazione di infrastrutture e strutture leggere finalizzate alla conservazione del bene;
- Opere di difesa e ripristino ambientale in presenza di alterazioni o manomissioni di origine antropica;
- Recupero di strutture esistenti con le tipologie originarie;
- Apertura e sistemazione delle piste o attrezzature per la mobilità, quali impianti di collegamento verticale finalizzati alla valorizzazione e gestione del bene;
- Installazione di tralicci, antenne e strutture simili per la salvaguardia e la valorizzazione delle risorse ambientali;
- Interventi volti alla difesa del suolo sotto l'aspetto idrogeologico;
- Interventi connessi alla realizzazione di opere pubbliche o di preminente interesse pubblico.

BOX 1 | Definizione delle aree verdi come riportate nel Piano Urbanistico Comunale della Città di Cagliari

6.7 Indirizzi programmatici e operativi per l'adeguamento del PUC al PPR e al PAI

A seguito della deliberazione n. 36/7 del 5 settembre 2006 di approvazione del PPR - Primo ambito omogeneo e delle relative NTA, ai sensi dell'art.107 i Comuni sono chiamati ad adeguare i propri strumenti urbanistici alle disposizioni del PPR. “Nonostante il principale obiettivo del nuovo Piano Urbanistico Comunale sia l'adeguamento alle previsioni del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale (PAI), al fine di superare le norme di salvaguardia e individuare una disciplina che consenta uno sviluppo sostenibile del territorio al passo con i tempi, si

intende utilizzare questo lavoro come opportunità per dotare Cagliari di uno strumento innovativo e flessibile, facile da attuare e lontano dalle incongruenze dello strumento attuale. L'adeguamento del PUC al PPR diventa un formidabile strumento per seguire le orme delle città europee più virtuose e ragionare su alcune errate previsioni del Piano vigente”¹³.

In particolare, con il documento: Indirizzi programmatici e operativi per l'adeguamento del PUC al PPR e al PAI il Consiglio comunale, con delibera dell'ottobre 2018, detta gli indirizzi necessari per la redazione del PUC, sia da un punto di vista dei contenuti che del metodo. In particolare, all'interno del quadro programmatico proposto è possibile individuare quattro indirizzi di riferimento per gli argomenti trattati nella tesi, di cui si riportano stralci nel BOX 2.

La città ambientale

Il Titolo 1 del PPR disciplina l'assetto ambientale. Secondo quanto previsto dal PPR, inoltre, il PUC dovrà individuare i beni paesaggistici di carattere ambientale ai sensi degli art. 142 e 143 del D.Lgs. n. 42 del 2004 smi, i geositi e gli alberi di carattere monumentale - di proprietà pubblica e privata - meritevoli di tutela seppur non individuati dal PPR. Il Piano deve, però, andare oltre questi "adempimenti" e, partendo dagli strumenti di pianificazione vigenti, deve far emergere la forte caratterizzazione ambientale della nostra città e valorizzarne le peculiarità mettendo al centro della pianificazione e gestione del territorio la biodiversità e il paesaggio: le acque, delle lagune e del fronte mare, il sistema dei colli, i percorsi verdi - potente fattore connettivo tra le diverse aree urbane -, il sistema dei beni paesaggistici e culturali, gli spazi pubblici. Occorre ragionare in maniera approfondita sulle invarianti del paesaggio cagliaritano e prevedere la valorizzazione e la messa a sistema del ricco patrimonio ambientale e storico culturale cittadino, attraverso la costruzione di itinerari tematici che promuovano la storia della nostra città. A questo scopo sarà indispensabile la collaborazione con le istituzioni che si occupano di conservazione e tutela dei beni, perché il nostro patrimonio sia promosso a prescindere dalla titolarità della proprietà dei singoli beni, con le cooperative e le associazioni che ne gestiscono l'apertura al pubblico e con le guide turistiche.

13 Indirizzi programmatici e operativi per l'adeguamento del PUC al PPR e al PAI

https://consiglio.comune.cagliari.it/portale/it/st03_proposte_delibere_post.page?anno=2017&numero=308&dataRegistro=22/10/2018&annoRicerca=2017&dalNumero=308&prev=https://consiglio.comune.cagliari.it/portale/it/st03_proposte_delibere_post.page?annoRicerca%3D2017%7Camp;dalNumero%3D308%7Camp;parola%3D%7Camp;tipoRicercaParola%3DE%7Camp;tipoRicercaBacheca%3DattiConsiglioProposte%7Camp;caller%3Djiride%7Camp;allaDataAdozione%3D%7Camp;internalServletActionPath%3D%252FExtStr2%252Fdo%252FComuneCagliari%252FbachecaAttiJiride%252FgetListaAtti.action%7Camp;entandoaction%253AgetListaAtti%3DCerca%7Camp;mittenteInterno%3D%7Camp;alNumero%3D308%7Camp;sorting%3D10%7Camp;internalServletFrameDest%3D32%7Camp;dallaDataAdozione%3D%7Camp;tipoAttoRicerca%3D0032&parola&tipoRicercaParola=E&numeroRegistro=12440&tipoRicercaBacheca=attiConsiglioProposte&dallaDataPubblicazione&caller=jiride&allaDataAdozione&tipoAtto=0032&internalServletActionPath=/ExtStr2/do/ComuneCagliari/bachecaAttiJiride/attiDetailEntry.action&mittenteInterno&allaDataPubblicazione&alNumero=308&sorting=10&internalServletFrameDest=32&dallaDataAdozione&tipoAttoRicerca=0032#atto_detail

La Città verde

Il patrimonio verde cittadino rappresenta una componente di primaria importanza dell'ambiente urbano per le molteplici funzioni che svolge – estetico-ornamentali, climatiche-ecologiche, urbanistiche, sociali – e riveste un ruolo fondamentale di educazione ambientale e di miglioramento della qualità urbana. Il verde urbano si inserisce, infatti, nel contesto più ampio di "valori paesaggistici" da tutelare. Con 39,5 mq di aree verdi pro capite Cagliari è una delle città più verdi d'Italia. Intendiamo affiancare la possibilità di frequentare parchi e giardini con la tutela del verde privato più significativo e la realizzazione di orti urbani. Il loro insediamento, oltre a consentire attività di carattere sociale ed educativo, rappresenta un importante strumento di recupero di aree a verde incolte con funzione di presidio e controllo continuo delle aree recuperate. Occorre, dunque, aggiornare il Piano del verde e dotarlo di un regolamento, indispensabile per restituire qualità alle zone della città attualmente più degradate, al fine di rafforzare il verde urbano, i parchi naturali e naturalistico-archeologici e favorire la creazione di un sistema continuo di parchi e polmoni verdi inseriti nel contesto dell'area metropolitana, cui saranno chiamati a partecipare anche i comuni dell'hinterland.

Consumo netto di suolo zero

Il principio alla base della nuova pianificazione sarà il consumo netto di suolo zero: non intendiamo congelare l'infrastruttura urbana impedendo in assoluto di occupare nuovo territorio, ma l'eventuale occupazione di spazi liberi deve avvenire a saldo zero, desigillando o ripristinando a usi agricoli o seminaturali aree di pari superficie in precedenza urbanizzate e impermeabilizzate. L'obiettivo del consumo di suolo zero da vincolo di fatto impraticabile deve divenire motore di una nuova stagione di trasformazione urbana, fondata sulla riqualificazione dell'esistente e sul ridisegno del territorio urbanizzato, da non considerare come un dato acquisito e irreversibile, ma come un corpo suscettibile di essere ridisegnato e ricucito secondo nuove e più funzionali orditure. L'obiettivo che ci poniamo è recuperare i guasti di uno sviluppo passato, di carattere spesso incontrollato e disperso, rivelatosi inefficiente e antieconomico. Il progetto di piano dovrà verificare la possibilità di rinaturalizzare aree attualmente destinate a programmi di edificazione non più attuali e proporre una riconversione agricola o a parco delle stesse, prevedendo in ogni caso soluzioni che aumentino le superfici permeabili del territorio. Il piano dovrà, quindi, privilegiare la riconversione dell'edificato esistente, con la previsione del recupero e riuso delle 'Grandi Fabbriche' ormai de-funzionalizzate, delle aree demaniali, militari e industriali in dismissione o dismesse. In quest'ottica dovranno essere attivate, di concerto con le autorità competenti, le procedure per la razionalizzazione e il riutilizzo delle aree demaniali e di quelle sottoposte a servitù militari.

La qualità della città pubblica

Grande valore verrà restituito alla qualità della città pubblica: gli spazi pubblici e le aree verdi saranno cardine della vita sociale dei quartieri e pianificati con l'approccio del design for all, che deve pervadere tutto il nuovo strumento urbanistico. Particolare attenzione verrà posta nello studio dell'arredo urbano, che dovrà caratterizzare le diverse zone della città. Al fine di individuare le soluzioni migliori e maggiormente condivise si intende utilizzare in maniera metodica i concorsi di idee e di progettazione a procedura aperta, pratica utile a coinvolgere studiosi e professionisti nel ridisegno della città e a coinvolgere i cittadini nelle scelte da portare avanti. A tal proposito si metteranno in campo pratiche di urbanistica partecipata e i progetti strategici saranno sottoposti, oltre

che alle ordinarie pratiche prescritte dalla normativa vigente, a dibattiti pubblici con i cittadini e i portatori di interesse.

BOX 2| Indirizzi programmatici e operativi per l'adeguamento del Piano urbanistico comunale al PPR e al PAI

6.8 Considerazioni conclusive

Lo studio dell'evoluzione urbanistica della Città di Cagliari ha evidenziato una correlazione tra le scelte urbanistiche passate e l'attuale conformazione del verde urbano. Sorprende come già il "Bando di concorso del 1929" anticipi quelli che sono, in materia di verde urbano, gli indirizzi programmatici e operativi per l'adeguamento del PUC al PPR e al PAI. Per la prima volta nella storia urbanistica della Città di Cagliari non solo si fa riferimento al concetto di verde urbano, ma lo si fa in modo quasi attuale, contemporaneo. Il Bando fa espressamente richiesta di conservare delle caratteristiche ambientali e prevede la creazione di spazi a verde sistematicamente distribuiti in tutta la città. Da questo quadro è possibile definire un orizzonte di scelte che hanno costituito, e costituiscono tutt'ora, dei capisaldi nella pianificazione urbana della Città.

7. Linee guida per la redazione del Piano comunale del verde urbano

In linea con gli indirizzi internazionali ed europei in materia di sviluppo sostenibile, protezione del suolo, protezione della biodiversità e mitigazione degli effetti del cambiamento climatico, l'Italia si è dotata con la L. n.10 del 14 gennaio 2013 riportante “Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani” e con la “Strategia nazionale del verde urbano” di nuovo modello di pianificazione e progettazione urbana più attenta alla mitigazione e all’adattamento al cambiamento climatico, ma anche alla rimozione da parte degli spazi verdi delle sostanze inquinanti. Il PCdV è uno strumento integrativo della pianificazione urbanistica generale, volto all’identificazione della dimensione ecologica della città a partire dai suoi ecosistemi naturali e seminaturali e allo sviluppo e valorizzazione del verde urbano e periurbano nel medio-lungo periodo, rappresenta, quindi, uno strumento strategico e di indirizzo in materia di verde urbano.

7.1 Premessa e metodologia

Il processo metodologico per la redazione del PCdV trae ispirazione dall’approccio del QL (Logical Framework Approach)¹⁴ dove, con uno schema ad albero si schematizza il sistema di relazioni che intercorrono tra i diversi obiettivi di riferimento, le azioni e, nel caso specifico, l’articolato normativo del PCdV. La scelta di intraprendere un processo metodologico costruito sul QL nasce dall’esigenza di avere uno strumento di gestione del processo di redazione del Piano, tale da garantire una struttura razionale e sistemica. L’albero degli obiettivi riconosce e integra: i. gli obiettivi ecosistemici derivanti dalla contestualizzazione dei Sustainable Development Goals’ riferiti al servizio ecosistemico di sequestro e stoccaggio di carbonio; ii. gli obiettivi strategici derivanti dal quadro programmatico internazionale, europeo e nazionale di riferimento; iii. le azioni del PCdV da considerarsi come specifiche in relazione a ciascun obiettivo strategico a ciascun obiettivo ecosistemico; iv. l’articolato normativo del PCdV. Si ritiene utile, in tal senso definire una matrice di progettazione, come riportato in Tabella 7.1.

Obiettivo ecosistemico	Obiettivo strategico	Azioni del Piano comunale del verde	Articolato normativo del PCdV
Ob_Ec_1	Ob_St_1	Az_PCdV_1	Articolo 1
Ob_Ec_...	Ob_St_...	Az_PCdV_...	Articolo...
Ob_Ec_n	Ob_St_1 n	Az_PCdV_n	Articolo n

Tabella 7.1 | Quadro logico

¹⁴ Sviluppato nella seconda metà degli anni Sessanta dalla US Agency of International Development per migliorare il sistema di pianificazione e valutazione dei progetti.

7.2 Analisi ecosistemica e definizione degli obiettivi ecosistemici

L'analisi ecosistemica, che consiste nel rilevare lo stato quali-quantitativo del SE di sequestro e stoccaggio del carbonio, trae ispirazione dall'analisi ambientale riportata nelle Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei Piani Urbanistici Comunali della Regione Sardegna¹⁵.

Nella sezione introduttiva relativa al “Sequestro e stoccaggio di carbonio” si descrive qualitativamente il SE di sequestro e stoccaggio di carbonio in riferimento al contesto della Città di Cagliari. Nelle sezioni successive, si individuano i tematismi da analizzare ovvero le caratteristiche che hanno influenze sul Servizio. Per ogni tematismo vengono individuati indicatori in grado di fornire, in forma sintetica, informazioni su un fenomeno complesso. Di seguito, in Tabella 7.2, si riporta la struttura della scheda di analisi ecosistemica del SE di sequestro e stoccaggio di carbonio.

Sequestro e stoccaggio di carbonio	
In questa sezione si riporta la descrizione qualitativa del servizio ecosistemico di sequestro e stoccaggio di carbonio.	
Qualità dell'aria	
In questa sezione si riporta una breve descrizione dell'aspetto qualità dell'aria e si individuano opportuni indicatori.	
Superfici naturali o seminaturali	
In questa sezione si riporta una breve descrizione dell'aspetto superfici naturali o seminaturali.	
Indicatore 1 [unità di misura]	Eventuali precisazioni sull'indicatore
...	
Indicatore ... [unità di misura]	Eventuali precisazioni sull'indicatore
...	
Indicatore n [unità di misura]	Eventuali precisazioni sull'indicatore
...	
Fonte: ...	
Anno: ...	
Consumo di suolo	
In questa sezione si riporta una breve descrizione dell'aspetto consumo di suolo.	
Indicatore 1 [unità di misura]	Eventuali precisazioni sull'indicatore
...	
Fonte: ...	
Anno: ...	
Verde urbano	
In questa sezione si riporta una breve descrizione dell'aspetto verde urbano.	
Indicatore 1 [unità di misura]	Eventuali precisazioni sull'indicatore
...	
Indicatore ... [unità di misura]	Eventuali precisazioni sull'indicatore
...	
Indicatore n [unità di misura]	Eventuali precisazioni sull'indicatore
...	

¹⁵ http://www.sardegnaambiente.it/documenti/18_183_20100826093332.pdf

Fonte: Anno: 2019	
Biomassa arborea epigea	
In questa sezione si riporta una breve descrizione dell'aspetto biomassa arborea epigea.	
Indicatore 1 [unità di misura] ...	Eventuali precisazioni sull'indicatore
Indicatore ... [unità di misura] ...	Eventuali precisazioni sull'indicatore
Indicatore n [unità di misura] ...	Eventuali precisazioni sull'indicatore
Fonte: ... Anno: ...	
Carbonio organico stoccato nella biomassa vegetale	
In questa sezione si riporta una breve descrizione dell'aspetto biomassa arborea epigea.	
Indicatore 1 [unità di misura] ...	Eventuali precisazioni sull'indicatore
Indicatore ... [unità di misura] ...	Eventuali precisazioni sull'indicatore
Indicatore n [unità di misura] ...	Eventuali precisazioni sull'indicatore
Fonte: ... Anno: ...	

Tabella 7.2 | Struttura della scheda di analisi ecosistemica del servizio ecosistemico di sequestro e stoccaggio di carbonio

Nella sezione finale, le informazioni individuate nell'analisi ecosistemica vengono sintetizzate nell'analisi SWOT ossia un'analisi ragionata del contesto in esame, che consente di rappresentare in maniera sintetica i risultati dell'analisi ecosistemica. In questo senso, la SWOT individua le opportunità di sviluppo al fine di valorizzare i punti di forza e di contenere i punti di debolezza, in considerazione del quadro di opportunità e rischi. Gli obiettivi ecosistemici sono formulati attraverso la concettualizzazione dell'analisi SWOT (Tabella 7.3) e dalla contestualizzazione degli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals') dell'Agenda 2030¹⁶.

16 "L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU. Essa ingloba 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals, SDGs) in un grande programma d'azione per un totale di 169 'target' o traguardi. L'avvio ufficiale degli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile ha coinciso con l'inizio del 2016, guidando il mondo sulla strada da percorrere nell'arco dei prossimi 15 anni: i Paesi, infatti, si sono impegnati a raggiungerli entro il 2030. Gli Obiettivi per lo Sviluppo danno seguito ai risultati degli Obiettivi di Sviluppo del Millennio (Millennium Development Goals) che li hanno preceduti, e rappresentano obiettivi comuni su un insieme di questioni importanti per lo sviluppo: la lotta alla povertà, l'eliminazione della fame e il contrasto al cambiamento climatico, per citarne solo alcuni. 'Obiettivi comuni' significa che essi riguardano tutti i Paesi e tutti gli individui: nessuno ne è escluso, né deve essere lasciato indietro lungo il cammino necessario per portare il mondo sulla strada della sostenibilità" <https://www.unric.org/it/agenda-2030>

Analisi SWOT	
Strengths (Punti di forza)	Weaknesses (Punti di debolezza)
Fattori endogeni con carattere di varianza rispetto allo studio in corso, fanno parte integrante del sistema in oggetto ed è possibile intervenire modificandoli. La loro influenza è positiva.	Fattori endogeni con carattere di varianza rispetto allo studio in corso, fanno parte integrante del sistema in oggetto ed è possibile intervenire modificandoli. La loro influenza è negativa.
Opportunities (Opportunità)	Threats (Rischi)
Fattori endogeni con carattere di varianza rispetto allo studio in corso, fanno parte integrante del sistema in oggetto ed è possibile intervenire modificandoli. La loro influenza è positiva.	Fattori esogeni con carattere di invarianza rispetto allo studio in corso, sono esterni al sistema in oggetto e possono condizionarlo, ma è impossibile intervenire modificandoli. La loro influenza è negativa.

Tabella 7.3| Quadro esemplificativo dell'analisi SWOT

7.3 Analisi del quadro strategico di riferimento e definizione degli obiettivi strategici

L'analisi del quadro strategico di riferimento consiste nell'individuare Piani, Strategie, Protocolli e Programmi sovraordinati ovvero definiti dal quadro programmatico internazionale, europeo e nazionale di riferimento per il PCdV. Ogni strumento del quadro programmatico di riferimento viene sottoposto ad un'analisi dalla quale si individuano: le finalità, la coerenza con il PCdV della Città di Cagliari e gli obiettivi. All'interno del primo insieme di obiettivi vengono identificate, sulla base dell'analisi dei temi maggiormente ricorrenti e di quelli che rivestono particolare importanza per il contesto di studio, un sistema di macro-tematiche. Attraverso l'aggregazione per tematiche e successiva riformulazione dell'insieme di obiettivi precedente identificati vengono definiti gli obiettivi strategici.

7.4 Definizione delle azioni strategiche

Le azioni del PCdV rappresentano l'operatività del Piano, in quanto traducono concretamente l'obiettivo strategico ovvero trattano questioni legate all'ambito territoriale di riferimento con indicazioni di dettaglio sull'organizzazione e gestione del verde urbano.

7.5 Definizione dell'articolato normativo del Piano comunale del verde urbano

L'atto conclusivo della costruzione del quadro logico consiste nella definizione dell'articolato normativo finalizzata a concretizzare la fase attuativa del QL. In particolare, un'analisi ragionata delle azioni strategiche e una contestualizzazione al territorio della Città di Cagliari del "Regolamento del verde pubblico e privato della Città di Torino"¹⁷ ha permesso di definire un articolato normativo per la proposta di PCdV della Città di Cagliari.

¹⁷ <http://www.comune.torino.it/regolamenti/317/317.htm>

8. Applicazione delle linee guida per la redazione del Piano comunale del verde urbano al caso di studio della Città di Cagliari

8.1 Analisi ecosistemica

Sequestro e stoccaggio di carbonio

Il servizio ecosistemico di Sequestro e stoccaggio di carbonio è definito come un fenomeno naturale attraverso il quale gli ecosistemi terrestri rimuovono il biossido di carbonio contenuto nell'atmosfera, prodotto dalle attività umane e o naturali, immagazzinandolo nella biomassa vegetale e nel suolo, svolgendo un ruolo importante nelle politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici. L'ecosistema suolo rappresenta la principale riserva terrestre di carbonio organico, in quanto la sua dimensione è 3,3 volte superiore a quella dell'atmosfera. Tutti i suoli esercitano contemporaneamente differenti funzioni, con la peculiarità di svolgerle in maniera diversa in relazione al suo grado di degradazione. La perdita di naturalità indotta dai processi di antropizzazione è la causa principale della degradazione del suolo e della perdita delle proprie funzioni ecosistemiche, oltre che la causa della limitata percezione del valore ecologico delle aree urbane. La frammentazione tipica delle aree urbane crea un mosaico di coperture del suolo che spazia dai suoli ricoperti da superfici impermeabili o semi-permeabili (aree residenziali, argini) ai suoli naturali o seminaturali (es. parchi urbani, ville storiche, aree protette, aree agricole). Questi ultimi sono parte essenziale dell'ecosistema urbano e contribuiscono, pur con capacità limitate rispetto agli altri ecosistemi, al sequestro di CO₂.

Qualità dell'aria

L'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della Sardegna (ARPAS) è dal 2008 il soggetto competente per la gestione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria. La rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria è costituita da 44 centraline automatiche, di cui 1 non attiva, dislocate nel territorio regionale. Nell'area di Cagliari, la rete regionale è costituita dalla stazione di traffico di Cagliari, Via Cadello (CENCA1), e dalle stazioni di fondo di Monserrato, Via Sant'Angelo (CENMO1), e Quartu S. E., Via Perdalonga (CENQU1) Figura 8.1.

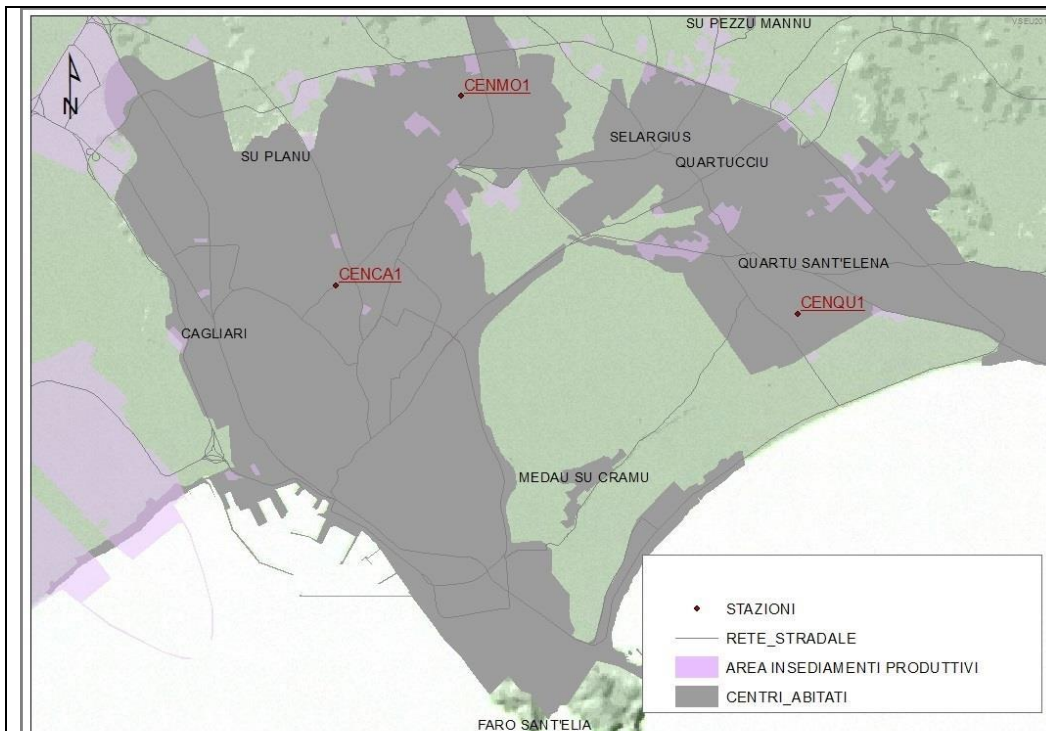


Figura 8.1|Posizione delle stazioni di misura dell’agglomerato di Cagliari
Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell’aria in Sardegna per l’anno 2017

In particolare, le centraline CENCA1 e CENMO1 sono preposte al rilevamento degli inquinanti: C6H6, CO, NO2, O3, PM10, SO2, PM2,5 mentre, la centralina CENQU1 è preposta al rilevamento degli inquinanti: C6H6, NO2, O3, PM10, SO2.

Nell’anno 2017 la strumentazione della rete di monitoraggio ha avuto un’efficienza complessiva pari al 94% ha registrato i superamenti senza eccedere i limiti consentiti dalla normativa riportati in Tabella 8.1.

	C6H6 [µg/m3]	CO [mg/m3]	H2S [µg/m3]	NO2 [µg/m3]	O3 [µg/m3]	PM10 [µg/m3]	SO2 [µg/m3]	PM2,5 [µg/m3]
CENQU 1	0,8	15,9	53,0	29,3	0,8	0,8	15,9	53,0
CENCA 1	1,7	0,3		32,2	44,2	32,7	0,8	17,2
CENMO 1	1,1	0,3	19,3	53,0	27,4	1,5	15,1	1,1

Tabella 8.1| Riepilogo delle medie annuali degli inquinanti riportati nella Relazione annuale sulla qualità dell’aria in Sardegna per l’anno 2017.

I superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute umana (PSU), senza peraltro eccedere i limiti consentiti dalla normativa, sono stati registrati per il PM10: 32 superamenti nella stazione CENCA1, 21 nella CENMO1 e 31 nella CENQU1 (50 µg/m3 sulla media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno civile).

Superfici naturali o seminaturali	
Le superfici naturali o seminaturali comprendono tutte quelle aree naturali o subnaturali con valenza ambientale.	
Superficie comunale [km2]	
86	
Superficie ricadente all'interno di Siti della Rete Natura 2000 [km2]	
44,19	
Spazi verdi nel suo tessuto consolidato [km2]	
18,47 km2	
Fonte: elaborazione dati Urban Atlas 201218 Anno: 2019	
Consumo di suolo	
Il consumo di suolo è definito come la variazione da uno stato non artificiale (suolo non consumato) a uno stato artificiale del suolo (suolo consumato) (European Environment Agency, 2013a). Il consumo di suolo deve essere inteso come un fenomeno associato alla perdita di una risorsa non rinnovabile che esplica funzioni e produce servizi ecosistemici. È un fenomeno prevalentemente dovuto all'urbanizzazione, ovvero all'occupazione di superfici agricole, naturali o seminaturali. Inoltre, come accennato pocanzi, il suolo, base vitale per gli ecosistemi terrestri, svolge un ruolo fondamentale nel ciclo globale del carbonio. Infatti, fornendo quasi tre quarti delle scorte di carbonio dei biomi terrestri, rappresenta la più grande riserva di carbonio organico. Piccole variazioni della concentrazione di carbonio nel suolo hanno un impatto rilevante sulla concentrazione di CO ₂ in atmosfera e contribuiscono all'aumento della temperatura globale.	
Suolo consumato [km2]	Il valore dell'indicatore è stato assunto come la variazione di suolo consumato dal 1990 al 2018.
5,55	
Fonte: elaborazione dati Corine Land Cover (CLC) 1990, Version 20 19 e Corine Land Cover (CLC) 2018, Version 20 20 Anno: 2019	
Verde urbano	
Gli spazi verdi intra urbani supportano la fornitura di molteplici e differenti SE, come la mitigazione della temperatura, lo stoccaggio del carbonio, la conservazione degli habitat e della biodiversità, la promozione della salute e del benessere umano e i servizi culturali, formativi e turistici. Il servizio di sequestro e stoccaggio di carbonio, basato sulla fotosintesi, consiste nella rimozione della CO ₂ dall'atmosfera e nel conseguente accumulo nella biomassa vegetale e nel suolo. Le foreste urbane stoccano circa la metà del carbonio delle foreste extraurbane, svolgendo un ruolo importante nella regolazione del ciclo del carbonio e influenzando in maniera determinante sui cambiamenti climatici. La biomassa vegetale rappresenta una notevole riserva di carbonio e la sua dimensione aumenta con la maturità degli alberi, la mancanza di misurazioni dirette del volume e della biomassa degli alberi urbani ne rende tuttavia difficoltosa la stima.	
Arbusti di latifoglie [ha]	Vegetazione con altezza <2 m
4,84	

18 <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2012>

19 <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-1990>

20 <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>

Arbusti di conifere	
338,64	
Arbusti alti di latifoglie [ha]	Vegetazione con altezza <5 m
168,42	
Arbusti alti di conifere [ha]	
291,32	
Alberi di latifoglie [ha]	Vegetazione con altezza >5 m
223,70	
Alberi di conifere [ha]	
136,96	
Erba e piante non legnose [ha]	Vegetazione con altezza <0,5 m
825,1	
Fonte: elaborazione dati Modello Digitale delle superfici (DSM), passo 1m - Vegetazione ²¹ e Modello Digitale del Terreno (DTM), passo 1m ²² Anno: 2019	
Biomassa arborea epigea	
La biomassa arborea epigea, costituita dall'insieme dei tessuti che compongono le parti aeree degli organismi vegetali viventi (fusti, rami e ceppaie, inclusa la corteccia, foglie, semi e frutti), rappresenta un'importante riserva di carbonio.	
Arbusti di latifoglie [t]	
0,97	
Arbusti di conifere	
67,73	
Arbusti alti di latifoglie [t]	
412,63	
Arbusti alti di conifere [t]	
713,73	
Alberi di latifoglie [t]	
3623,94	
Alberi di conifere [t]	
2218,75	
Erba e piante non legnose [t]	
0	
Fonte: elaborazione dati biomassa vegetale Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio ²³ Anno: 2019	

21 <http://www.sardegnaeoportale.it/index.php?xsl=2425&s=327213&v=2&c=14415&t=1&tb=14401>

22 <http://www.sardegnaeoportale.it/index.php?xsl=2425&s=327214&v=2&c=14415&t=1&tb=14401>

23 Gasparini P., Di Cosimo L., Pompei E. (a cura di) (2013), Il contenuto di carbonio delle foreste italiane. Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Metodi e risultati dell'indagine integrativa, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Trento.

Carbonio organico stoccato nella biomassa vegetale	
Il carbonio organico stoccato nella biomassa vegetale è la quantità di carbonio fissato nei tessuti che costituiscono le parti aeree degli organismi vegetali viventi. La quantità di carbonio fissato aumenta con la grandezza degli alberi.	
Arbusti di latifoglie [t]	
0,58	
Arbusti di conifere	
27,09	
Arbusti alti di latifoglie [t]	
1031,57	
Arbusti alti di conifere [t]	
785,11	
Alberi di latifoglie [t]	
17750,02	
Alberi di conifere [t]	
75740,35	
Erba e piante non legnose [t]	
247,53	
Fonte: elaborazione dati carbonio organico Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. (V. nota 20)	
Anno: 2019	

Analisi SWOT	
Strengths (Punti di forza)	Note
Limitati valori di consumo di suolo.	È stato rilevato un valore di consumo del suolo limitato rispetto agli altri tessuti consolidati e altamente urbanizzati dell'Isola. Come fattore con carattere di varianza e influenza positiva, può essere utilizzato per generare delle opportunità di sviluppo.
Rilevante presenza di aree verdi urbane.	È stata rilevata una significativa presenza di aree verdi urbane rispetto agli altri maggiori centri urbani dell'Isola. Come fattore con carattere di varianza e influenza positiva, può essere utilizzato per generare, attraverso opportune strategie, delle opportunità.
Valori degli inquinanti atmosferici al di sotto dei limiti consentiti dalla normativa.	Sono stati rilevati valori di inquinanti atmosferici al di sotto dei limiti di legge. Come fattore con carattere di invarianza e influenza positiva, può condizionare il Piano ma non può essere da questo condizionato.
Opportunities (Opportunità)	Note
Presenza di aree ricadenti all'interno di Siti Natura 2000.	Vi sono numerosi Siti Natura 2000, che garantiscono un certo grado di naturalità. Come fattore con carattere di invarianza e influenza positiva, può condizionare il Piano e non può essere da questo condizionato.
Weaknesses (Punti di debolezza)	Note
Limitata presenza di alberi.	Nonostante la rilevante presenza di aree verdi urbane, si rileva una limitata presenza di alberi con altezza superiore ai 5m. Come fattore con carattere di varianza e influenza negativa, può essere utilizzato per il superamento delle debolezze.
Limitati valori di biomassa epigea.	Sono stati rilevati limitati valori di biomassa epigea attribuibile alla carenza di alberi con altezza superiore ai 5m. Come fattore con carattere di varianza e influenza negativa, può essere utilizzato per il superamento delle debolezze.
Limitati valori di carbonio stoccato nella biomassa vegetale.	Sono stati rilevati limitati valori di carbonio stoccato nella biomassa riconducibile al punto di forza 3 e al punto di debolezza 5. Come fattore e con carattere di varianza e influenza negativa, può

	essere utilizzato per il superamento delle debolezze.
Threats (Rischi)	Note
	Dall'analisi ecosistemica non sono emerse delle condizioni di rischio. Si reputa, quindi, di non includere fattori esogeni con carattere di varianza e influenza negativa.

Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile Agenda 2030	
Target²⁴	Note
11.3 Entro il 2030, potenziare un'urbanizzazione inclusiva e sostenibile e la capacità di pianificare e gestire in tutti i paesi un insediamento umano che sia partecipativo, integrato e sostenibile.	In riferimento al PCdV di Cagliari si reputa di includere il target 11.3, in quanto, è ragionevole auspicare che, entro il 2030, si attui una pianificazione sostenibile dell'ecosistema urbano.
13.2 Integrare le misure di cambiamento climatico nelle politiche, strategie e pianificazione nazionali.	In riferimento al PCdV di Cagliari si si reputa di includere il target 13.2, nonostante siano stati riscontrati valori degli inquinanti atmosferici al disotto dei limiti consentiti dalla normativa, in quanto è ragionevole auspicare che le misure di cambiamento climatico vengano integrate negli strumenti di pianificazione e gestione del territorio.
15.1 Entro il 2020, garantire la conservazione, il ripristino e l'utilizzo sostenibile degli ecosistemi di acqua dolce terrestri e dell'entroterra nonché dei loro servizi, in modo particolare delle foreste, delle paludi, delle montagne e delle zone aride, in linea con gli obblighi derivanti dagli accordi internazionali.	In riferimento al PCdV di Cagliari si reputa di includere il target 15.1, in quanto, è ragionevole auspicare che, entro il 2030, vengano elaborate strategie e programmi per il ripristino e un utilizzo sostenibile delle aree agricole periurbane.
15.2 Entro il 2020, promuovere una gestione sostenibile di tutti i tipi di foreste, arrestare la deforestazione, ripristinare le foreste degradate e aumentare ovunque, in modo significativo, la riforestazione e il rimboschimento.	In riferimento al PCdV del verde di Cagliari si si reputa di includere il target 15.2, in quanto, è ragionevole auspicare che, entro il 2030, vengano adottate misure di riforestazione per potenziare il sistema del verde urbano e periurbano.
15.3 Entro il 2030, combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo.	In riferimento al PCdV di Cagliari si reputa di includere il target 15.3, nonostante siano stati riscontrati limitati valori di consumo di suolo, in quanto, è ragionevole auspicare che, entro il 2030, vengano adottate politiche e misure per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo.
15.5 Intraprendere azioni efficaci ed immediate per ridurre il degrado degli ambienti naturali, arrestare la distruzione della biodiversità e, entro il 2020, proteggere le specie a rischio di estinzione.	In riferimento al PCdV di Cagliari si reputa di includere il target 15.5, nonostante sia stata rilevata la presenza di Siti N2K, che garantiscono una certa naturalità, è ragionevole auspicare che, vengano elaborate strategie e programmi per la tutela e valorizzazione della biodiversità anche al di fuori di tali Siti.
17.16 Intensificare la partnership globale per lo Sviluppo Sostenibile, coadiuvata da collaborazioni plurilaterali che sviluppano e condividono la conoscenza, le competenze, le risorse tecnologiche e finanziarie, per raggiungere gli obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile in tutti i paesi, specialmente in quelli emergenti.	In riferimento al PCdV di Cagliari si si reputa di includere il target 17.16, in quanto, è ragionevole auspicare che, entro il 2030, vengano adottate misure necessarie al rafforzamento della cooperazione locale e regionale per potenziare il sistema del verde.

24 <https://www.unric.org/it/agenda-2030>

8.1.1 Obiettivi ecosistemici

La metodologia adottata prevede la definizione del primo insieme di obiettivi per la definizione dell'albero degli obiettivi ottenuti dell'analisi SWOT e dalla contestualizzazione dei Sustainable Development Goals' riferiti al SE di sequestro e stoccaggio di carbonio. Gli obiettivi così definiti sono identificati attraverso il codice "Ob_Ec_X", indicante: i Ob (Obiettivo); ii (Ec) Ecosistemico e iii (X) il numero di successione.

A seguire si riporta l'insieme degli obiettivi ecosistemici utili alla definizione della proposta di PCdV.

Codice	Obiettivo
Ob_Eco_1	Mantenere i livelli dei gas a effetto serra al di sotto dei limiti consentiti dalla normativa [13.2]
Ob_Eco_2	Conservare e valorizzare gli ambienti naturali [15.5]
Ob_Eco_3	Mantenere un tessuto urbano compatto, al fine di limitare il degrado e la frammentazione dei suoli [15.3]
Ob_Eco_4	Definire strumenti di pianificazione del verde urbano al fine di raggiungere gli obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile [11.3; 13.2;15.2; 15.3; 17.16]
Ob_Eco_5	Tutelare e migliorare le aree destinate a verde urbano [15.2]
Ob_Eco_6	Migliorare la qualità delle aree agricole periurbane [13.2; 15.1; 15.2; 15.3]

8.2 Analisi del quadro strategico di riferimento

Protocollo di Kyoto

Finalità del protocollo

Il Protocollo di Kyoto, sottoscritto nel 1997 da più di 160 paesi in occasione della Conferenza delle Parti della Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, è entrato in vigore il 16 febbraio 2005. Il Protocollo stabilisce degli obiettivi di riduzione delle emissioni per i paesi industrializzati e paesi con economie in transizione. In particolare, per tutti gli Stati Membri dell'UE, il Protocollo stabilisce una riduzione dell'8% delle emissioni di gas serra rispetto alle emissioni del 1990.

L'UE, con Decisione del Consiglio 2002/358/EC, ha ripartito, sulla base della conoscenza della struttura industriale e sulle aspettative di crescita economica di ogni paese, l'obbligo richiesto dal Protocollo tra i diversi Stati Membri. A seguito di tale ripartizione, l'Italia si è vista assegnare, per il primo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto (2008-2012) un obbligo di riduzione di emissioni di gas serra pari al 6,5% rispetto le emissioni del 1990. In Italia il Protocollo è stato ratificato con la L. n. 120 del 1 giugno 2002 recante "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997", con la quale dispone la redazione di un piano di azione nazionale per la riduzione dei livelli di emissione dei gas serra e l'aumento del loro assorbimento.

Coerenza con il Piano del verde urbano

Il Protocollo costituisce, per i suoi contenuti, un elemento di riferimento per l'elaborazione di politiche e misure di prevenzione degli effetti del cambiamento climatico. Costituisce, quindi, un importante riferimento per il PCdV.

Obiettivi del Protocollo

In riferimento al Protocollo di Kyoto tra gli obiettivi derivanti dall'analisi di coerenza, si reputa di includere i seguenti obiettivi:

- promuovere e garantire lo sviluppo sostenibile attraverso una gestione integrata delle foreste;
- elaborare politiche e misure di prevenzione degli effetti del cambiamento climatico;
- cooperare allo scambio di informazioni sull'uso delle migliori pratiche ambientali;
- promuovere la cooperazione internazionale in funzione degli impegni assunti sulle limitazioni e riduzioni delle emissioni di gas ad effetto serra;
- elaborare politiche nazionali per la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas ad effetto serra;
- promuovere la formazione e la ricerca scientifica e tecnica sugli effetti del cambiamento climatico;

- sensibilizzare e sviluppare programmi educativi e attività di formazione e pubblica istruzione sul tema del cambiamento climatico.

Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing

Finalità delle linee guida

L'obiettivo dell'azzeramento del consumo di suolo e la necessità di porre in essere buone pratiche per ridurre gli effetti negativi del consumo di suolo è stato definito a livello europeo già nel 2006. Le "Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing", emanate nel 2012, indicano le priorità di azione e le modalità per il raggiungimento, entro il 2050, di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero. L'obiettivo delle Guidelines è fornire informazioni sul livello di impermeabilizzazione del suolo nell'UE e i suoi impatti, nonché esempi di buone pratiche e garantire una migliore gestione del territorio. L'approccio indicato agli Stati Membri è la definizione di politiche e azioni finalizzate a limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo.

Coerenza con il Piano del verde urbano

Le Guidelines costituiscono, per i loro contenuti, un elemento di riferimento per l'elaborazione di politiche e misure per limitare, mitigare e compensare²⁵ il consumo di suolo in particolare nella sua forma più irreversibile: l'impermeabilizzazione. Rappresentano, pertanto, un importante riferimento per il PCdV.

Obiettivi delle Guidelines

In riferimento alle Guidelines tra gli obiettivi derivanti dall'analisi di coerenza, si reputa di includere i seguenti obiettivi:

- promuovere politiche e misure per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione dei suoli;
- sostenere o ripristinare la capacità generale dei suoli;
- promuovere e garantire una pianificazione sostenibile del territorio;
- promuovere un approccio ecosistemico alla pianificazione urbana;
- conservare e valorizzare il sistema dei parchi e delle aree verdi;
- promuovere l'integrazione della protezione del suolo, e quindi delle sue funzioni, nella pianificazione territoriale;
- conservare e valorizzare il sistema degli spazi periurbani;
- promuovere lo scambio di esperienze e buone pratiche per limitare, mitigare e compensare il consumo di suolo;
- promuovere programmi di ricerca scientifica sul problema del consumo di suolo;
- promuovere programmi di sensibilizzazione relativamente al ruolo del suolo all'interno dell'ecosistema e dell'economia e ai possibili impatti negativi dovuti all'uso del suolo;
- monitorare il consumo di suolo.

²⁵ Limitare l'impermeabilizzazione del suolo significa impedire la conversione di aree naturali o semi naturali, laddove si è verificata un'impermeabilizzazione, si devono adottare misure di mitigazione tese a mantenere alcune delle funzioni del suolo e ridurre gli effetti negativi diretti o indiretti significativi sull'ambiente e il benessere umano. Qualora le misure di mitigazione adottate in loco siano state ritenute insufficienti, si devono prendere in considerazione misure di compensazione, ricordando tuttavia che è impossibile compensare completamente gli effetti dell'impermeabilizzazione.

Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020

Finalità della strategia

Adottata dalla Commissione Europea nel maggio del 2011, la Strategia definisce il quadro d'azione dell'UE per il raggiungimento dell'obiettivo in materia di biodiversità, fissato per il 2020. La strategia si articola in sei obiettivi, incentrati sulle cause della perdita della biodiversità, e volti a ridurre le principali pressioni esercitate sugli ecosistemi e i loro servizi. Ogni obiettivo si articola in una serie di azioni e misure di accompagnamento con scadenze temporali. La Strategia sarà attuata con la partecipazione della Commissione Europea e degli Stati Membri, in partenariato con le principali parti interessate e la società civile.

Coerenza con il Piano del verde urbano

La Strategia costituisce, per i suoi contenuti, un quadro di riferimento per l'elaborazione di politiche e misure per porre fine alla perdita della biodiversità, il degrado degli ecosistemi e la perdita dei servizi ecosistemici nell'UE, per limitare, mitigare e compensare il consumo di suolo in particolare nella sua forma più irreversibile, l'impermeabilizzazione. Rappresenta, pertanto, un importante riferimento per il PCdV.

Obiettivi della strategia

In riferimento alla Strategia tra gli obiettivi derivanti dall'analisi di coerenza, si reputa di includere i seguenti obiettivi:

- elaborare politiche e misure per il ripristino e il mantenimento degli ecosistemi e dei relativi servizi;
- migliorare la conoscenza degli ecosistemi e dei relativi servizi;
- promuovere la pianificazione di infrastrutture verdi nelle zone urbane;
- conservare la biodiversità;
- promuovere la cooperazione al fine di minimizzare gli eventuali effetti negativi sulla biodiversità.

Agenda 2030

Finalità dell'Agenda

L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, sottoscritta dai governi di 193 paesi membri dell'ONU nel settembre del 2015, è un programma d'azione articolato in 17 obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals) e 169 Target, questi, rappresentano traguardi comuni da raggiungere entro il 2030 su un insieme di questioni importanti per lo sviluppo sostenibile del pianeta. L'Agenda, superando l'idea che la sostenibilità sia una questione prettamente ambientale, propone una visione integrata delle dimensioni dello sviluppo inteso come sviluppo ambientale, economico e sociale. Ogni paese, all'interno di un processo coordinato dall'ONU, si impegna a definire una propria strategia di sviluppo sostenibile che consenta di raggiungere gli obiettivi.

Coerenza con il Piano del verde urbano

L'Agenda per lo Sviluppo Sostenibile costituisce, per i suoi contenuti, un programma d'azione per l'elaborazione di politiche e misure per il raggiungimento dello sviluppo sostenibile. L'Agenda riconosce lo stretto legame tra il benessere umano e la salute dei sistemi naturali e nel farlo, individua diversi ambiti, interconnessi e fondamentali per assicurare il benessere dell'umanità e del pianeta: dalla tutela delle risorse naturali all'affermazione di modelli di produzione e consumo sostenibili. Rappresenta, pertanto, un importante riferimento per il PCdV.

Obiettivi dell'Agenda

In riferimento all'Agenda per lo Sviluppo Sostenibile tra gli obiettivi derivanti dall'analisi di coerenza, si reputa di includere i seguenti obiettivi:

- salvaguardare il patrimonio naturale;
- ridurre l'impatto ambientale negativo pro-capite delle città;
- garantire una qualità dell'aria ottimale;
- supportare i legami economici, sociali e ambientali tra aree urbane, periurbane e rurali;
- promuovere politiche e misure di adattamento ai cambiamenti climatici;
- garantire l'istruzione, la sensibilizzazione sul tema del cambiamento climatico;
- promuovere la pianificazione e la gestione di interventi inerenti al cambiamento climatico;
- promuovere una gestione sostenibile di tutti i tipi di foreste;
- promuovere il ripristino dei suoli degradati;
- promuovere un approccio ecosistemico nello sviluppo di progetti e strategie nazionali e locali;
- tutelare e valorizzare la biodiversità e gli ecosistemi.

Legge n. 10 del 14 gennaio 2013

Finalità della Legge

La Legge recante “Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani”, prevede, in ottemperanza ai principi del Protocollo di Kyoto, lo sviluppo sostenibile dei contesti urbani. La Legge colma un vuoto legislativo in materia di verde alla scala urbana e restituisce alle amministrazioni comunali e agli enti territoriali competenti importanti responsabilità in materia di gestione e pianificazione degli spazi verdi per il miglioramento della qualità della vita nelle città. Questa, riconosce l’importanza degli alberi nel controllo delle emissioni, nella protezione del suolo, nel miglioramento della qualità dell’aria e del microclima locale. Istituisce il Comitato per lo Sviluppo del Verde Pubblico con il compito di produrre annualmente una relazione sull’attuazione della Legge, detta nuove disposizioni urbanistiche per le amministrazioni locali chiamate alla creazione di cinture verdi per la delimitazione degli spazi urbani, alla creazione di aree verdi nelle aree ad alta densità abitativa. Infine, istituisce l’obbligo per i comuni di redigere il “bilancio arboreo” dando conto dello stato di consistenza e manutenzione delle aree verdi urbane di propria competenza.

Coerenza con il Piano del verde urbano

La Legge costituisce, per le sue disposizioni, un riferimento per l’elaborazione di politiche e misure per il raggiungimento dello sviluppo sostenibile dei contesti urbani. Rappresenta, pertanto, un importante riferimento per il PCdV.

Obiettivi della Legge

In riferimento alla Legge “Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani” tra gli obiettivi derivanti dall’analisi di coerenza, si reputa di includere i seguenti obiettivi:

- tutelare e valorizzare il patrimonio arboreo e boschivo;
- garantire la messa a dimora di nuovi alberi;
- promuovere la conoscenza dell’ecosistema boschivo;
- promuovere programmi di educazione civica ed ambientale;
- promuovere la pianificazione di interventi inerenti al rinverdimento urbano;
- garantire la manutenzione del verde urbano esistente;
- garantire le dotazioni territoriali standard previste nell’ambito degli strumenti urbanistici;
- promuovere le iniziative locali per lo sviluppo degli spazi verdi urbani;
- tutelare e valorizzare del verde monumentale.

Strategia Nazionale del verde urbano

Finalità della Strategia

La Strategia nazionale del verde urbano, adottata nel maggio del 2018, sostiene un nuovo modello di pianificazione e progettazione urbana più attenta alla mitigazione e all'adattamento al cambiamento climatico, alla rimozione da parte del verde urbano delle sostanze inquinanti, alla tutela della biodiversità e alla riduzione del consumo di suolo. La Strategia ritiene essenziale destinare ampi spazi al sistema forestale mediante la realizzazione di infrastrutture verdi capaci di integrare il verde presente con nuovi ed estesi spazi verdi nelle aree periferiche, passare da metri quadrati a ettari e adottare le foreste urbane come riferimento strutturale e funzionale del verde urbano. Il contenuto specifico della Strategia è rappresentato da criteri e linee guida per la promozione di foreste urbane e periurbane da attuarsi attraverso azioni di pianificazione territoriale. A tal fine, la Strategia ritiene essenziale la definizione del “Piano comunale del verde urbano” che dovrà essere parte e integrarsi con la pianificazione urbanistica generale.

Coerenza con il Piano del verde urbano

La Strategia pur non rappresentando di per sé la traccia per la redazione del “Piano del verde urbano”, segna la strada del percorso da compiere, in Italia, nei prossimi anni: una visione comune che si ispira a strategie europee e internazionali e consente di definire piani e progetti locali. Rappresenta, pertanto, un riferimento essenziale per il PCdV.

Obiettivi della Legge

In riferimento alla Legge “Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani” tra gli obiettivi derivanti dall'analisi di coerenza, si reputa di includere i seguenti obiettivi:

- tutelare la biodiversità;
- garantire la piena funzionalità degli ecosistemi e delle infrastrutture verdi²⁶;
- promuovere la pianificazione di spazi verdi;
- migliorare la qualità dell'aria ambiente.

²⁶ Le infrastrutture verdi sono rappresentate da una rete opportunamente pianificata a gestita di aree naturali e seminaturali presenti sul territorio e in grado di fornire molteplici benefici ambientali e sociali.

http://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/stato-ambiente/ambiente-urbano/3_Infrastruttureverdi.pdf

A seguire si riportano gli indirizzi del quadro strategico di riferimento utili alla definizione degli obiettivi strategici.

Strumento	Obiettivo
Protocollo di Kyoto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ promuovere e garantire lo sviluppo sostenibile attraverso una gestione integrata delle foreste; ▪ elaborare politiche e misure di prevenzione degli effetti del cambiamento climatico; ▪ cooperare allo scambio di informazioni sull'uso delle migliori pratiche ambientali; ▪ promuovere la cooperazione internazionale in funzione degli impegni assunti sulle limitazioni e riduzioni delle emissioni di gas ad effetto serra; ▪ elaborare politiche nazionali per la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas ad effetto serra; ▪ promuovere la formazione e la ricerca scientifica e tecnica sugli effetti del cambiamento climatico; ▪ sensibilizzare e sviluppare programmi educativi e attività di formazione e pubblica istruzione sul tema del cambiamento climatico.
Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing	<ul style="list-style-type: none"> ▪ promuovere politiche e misure per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione dei suoli; ▪ sostenere o ripristinare la capacità generale dei suoli; ▪ promuovere e garantire una pianificazione sostenibile del territorio; ▪ promuovere un approccio ecosistemico alla pianificazione urbana; ▪ conservare e valorizzare il sistema dei parchi e delle aree verdi; ▪ promuovere l'integrazione della protezione del suolo, e quindi delle sue funzioni, nella pianificazione territoriale; ▪ conservare e valorizzare il sistema degli spazi periurbani; ▪ promuovere lo scambio di esperienze e buone pratiche per limitare, mitigare e compensare il consumo di suolo; ▪ promuovere programmi di ricerca scientifica sul problema del consumo di suolo; ▪ promuovere programmi di sensibilizzazione relativamente al ruolo del suolo all'interno dell'ecosistema e dell'economia e ai possibili impatti negativi dovuti all'uso del suolo. ▪ monitorare il consumo di suolo.
Strategia dell'UE per la biodiversità fino al 2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ elaborare politiche e misure per il ripristino e il mantenimento degli ecosistemi e dei relativi servizi; ▪ migliorare la conoscenza degli ecosistemi e dei relativi servizi; ▪ promuovere la pianificazione di infrastrutture verdi nelle zone urbane; ▪ conservare la biodiversità;

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ promuovere la cooperazione al fine di minimizzare gli eventuali effetti negativi sulla biodiversità.
Agenda 2030	<ul style="list-style-type: none"> ▪ salvaguardare il patrimonio naturale; ▪ ridurre l'impatto ambientale negativo pro-capite delle città; ▪ garantire una qualità dell'aria ottimale; ▪ supportare i legami economici, sociali e ambientali tra aree urbane, periurbane e rurali; ▪ promuovere politiche e misure di adattamento ai cambiamenti climatici; ▪ garantire l'istruzione, la sensibilizzazione sul tema del cambiamento climatico; ▪ promuovere la pianificazione e la gestione di interventi inerenti al cambiamento climatico; ▪ promuovere una gestione sostenibile di tutti i tipi di foreste; ▪ promuovere il ripristino dei suoli degradati; ▪ promuovere un approccio ecosistemico nello sviluppo di progetti e strategie nazionali e locali; ▪ tutelare e valorizzare la biodiversità e gli ecosistemi.
Legge n. 10 del 14 gennaio 2013	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tutelare e valorizzare il patrimonio arboreo e boschivo; ▪ garantire la messa a dimora di nuovi alberi; ▪ promuovere la conoscenza dell'ecosistema boschivo; ▪ promuovere programmi di educazione civica ed ambientale; ▪ promuovere la pianificazione di interventi inerenti al rinverdimento urbano; ▪ garantire la manutenzione del verde urbano esistente; ▪ garantire le dotazioni territoriali standard previste nell'ambito degli strumenti urbanistici; ▪ promuovere le iniziative locali per lo sviluppo degli spazi verdi urbani; ▪ tutelare e valorizzare del verde monumentale.
Strategia Nazionale del verde urbano	<ul style="list-style-type: none"> ▪ tutelare la biodiversità; ▪ garantire la piena funzionalità degli ecosistemi e delle infrastrutture verdi; ▪ promuovere la pianificazione di spazi verdi; ▪ migliorare la qualità dell'aria ambiente.

8.2.1 Definizione degli obiettivi strategici

La metodologia adottata prevede, ai fini della definizione dell'albero degli obiettivi, la definizione di un secondo insieme di obiettivi ottenuti dall'analisi del quadro programmatico internazionale, europeo e nazionale di riferimento per il PCdV. Gli obiettivi riproposti sono identificati attraverso il codice "Ob_St_X", indicante: (Ob) l'obiettivo, ii. (St) strategico e iii. (X) il numero di successione.

Nella Tabella che segue si riporta l'insieme degli obiettivi strategici utili alla definizione della proposta di PCdV.

Codice	Obiettivo
Ob_St_1	Conservare e valorizzare il sistema di parchi e aree verdi
Ob_St_2	Conservare e valorizzare il sistema di spazi periurbani
Ob_St_3	Elaborare politiche per la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas ad effetto serra
Ob_St_4	Garantire la manutenzione del verde urbano esistente
Ob_St_5	Promuovere e garantire una pianificazione sostenibile del territorio
Ob_St_6	Promuovere la pianificazione di infrastrutture verdi nelle zone urbane
Ob_St_7	Promuovere la pianificazione di interventi inerenti al rinverdimento urbano
Ob_St_8	Promuovere la pianificazione e la gestione di interventi inerenti al cambiamento climatico
Ob_St_9	Promuovere il ripristino dei suoli degradati.
Ob_St_10	Promuovere politiche e misure per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo
Ob_St_11	Salvaguardare il patrimonio naturale
Ob_St_12	Sostenere o ripristinare la capacità generale dei suoli
Ob_St_13	Tutelare e valorizzare la biodiversità, gli ecosistemi e i relativi servizi

8.3 Relazione tra obiettivi ecosistemici e obiettivi strategici

Obiettivi ecosistemici	Obiettivi strategici	Relazione
Ob_Eco_1 Mantenere i livelli dei gas a effetto serra al di sotto dei limiti consentiti dalla normativa [13.2]	Ob_St_3 Elaborare politiche per la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas ad effetto serra	In relazione al perseguimento dell'Ob_Eco_1 si ritiene che la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas a effetto serra (Ob_St_3) e l'elaborazione di un quadro programmatico e pianificatorio orientato a far fronte ai cambiamenti climatici (Ob_St_8) contribuiscano a mantenere limitati i valori degli inquinanti atmosferici e, quindi, al di sotto dei limiti consentiti dalla normativa.
	Ob_St_8 Promuovere la pianificazione e la gestione di interventi inerenti al cambiamento climatico	
Ob_Eco_2 Conservare e valorizzare gli ambienti naturali [15.5]	Ob_St_1 Conservare e valorizzare il sistema di parchi e aree verdi	In relazione al perseguimento dell'Ob_Eco_2 si ritiene che la manutenzione e valorizzare il sistema di parchi e aree verdi (Ob_St_4) e (Ob_St_1), la tutela e valorizzare la biodiversità, degli ecosistemi e dei relativi servizi (Ob_St_13) e del patrimonio naturale in generale (Ob_St_11) contribuiscano a conservare e valorizzare gli ambienti naturali.
	Ob_St_4 Garantire la manutenzione del verde urbano esistente	
	Ob_St_11 Salvaguardare il patrimonio naturale	
	Ob_St_13 Tutelare e valorizzare la biodiversità, gli ecosistemi e i relativi servizi	
Ob_Eco_3 Mantenere un tessuto urbano compatto, al fine di limitare il degrado del suolo [15.3]	Ob_St_1 Conservare e valorizzare il sistema di spazi periurbani	In relazione al perseguimento dell'Ob_Eco_3 si ritiene che promuovere politiche e misure per limitare, mitigare, compensare l'impermeabilizzazione del suolo (Ob_St_10) ripristinare i suoli degradati (Ob_St_9) e conservare e valorizzare il sistema di spazi periurbani (Ob_St_1) contribuiscano a mantenere un tessuto urbano compatto e, quindi, limitare il degrado del suolo.
	Ob_St_9 Promuovere il ripristino dei suoli degradati.	
	Ob_St_10 Promuovere politiche e misure per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo	
Ob_Eco_4 Definire strumenti di pianificazione del verde urbano al fine di raggiungere gli obiettivi per lo Sviluppo sostenibile [11.3; 13.2;15.2; 15.3; 17.16]	Ob_St_5 Promuovere e garantire una pianificazione sostenibile del territorio	In relazione al perseguimento dell'Ob_Eco_4 si ritiene che una pianificazione sostenibile del territorio (Ob_St_5) e di interventi di rinverdimento urbano (Ob_St_7) contribuiscano al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile.
	Ob_St_7 Promuovere la pianificazione di interventi inerenti al rinverdimento urbano	

Ob_Eco_5 Tutelare e migliorare le aree destinate a verde urbano [15.2]	Ob_St_7 Promuovere la pianificazione di interventi inerenti al rinverdimento urbano	In relazione al perseguimento dell'Ob_Eco_5 si ritiene che sostenere o ripristinare la capacità generale dei suoli (Ob_St_12) e pianificare interventi di rinverdimento urbano (Ob_St_7) contribuisca a tutelare e migliorare le aree destinate a verde urbano
	Ob_St_12 Sostenere o ripristinare la capacità generale dei suoli	
Ob_Eco_6 Migliorare la qualità delle aree agricole periurbane [13.2; 15.1; 15.2; 15.3]	Ob_St_2 Conservare e valorizzare il sistema di spazi periurbani	In relazione al perseguimento dell'Ob_Eco_6 si ritiene che la pianificazione di infrastrutture verdi nelle zone urbane (Ob_St_6) e conservare e valorizzare il sistema di spazi periurbani (Ob_St_2) contribuiscano a migliorare la qualità delle aree agricole periurbane
	Ob_St_6 Promuovere la pianificazione di infrastrutture verdi nelle zone urbane	

8.4 Definizione delle azioni strategiche

La metodologia adottata prevede infine, ai fini della definizione dell'albero degli obiettivi, la definizione di un insieme di azioni riconducibili agli obiettivi strategici. Le azioni sono identificate attraverso il codice "Az_St_X", indicante: i Az (Azione); ii (St) Strategica e iii (X) il numero di successione.

Nella Tabella che segue si riporta l'insieme delle azioni strategiche utili alla definizione della proposta di PCdV.

Codice	Obiettivo
Az_St_1	Adottare misure necessarie al rafforzamento della cooperazione locale e regionale
Az_St_2	Adottare misure per preservare il verde storico
Az_St_3	Avviare attività di promozione e valorizzazione del verde urbano
Az_St_4	Avviare campagne di monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi
Az_St_5	Avviare misure volte a ripristinare il patrimonio arboreo
Az_St_6	Avviare programmi e attività di educazione ambientale.
Az_St_7	Avviare programmi per la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas ad effetto serra
Az_St_8	Disciplinare la gestione degli ammassi di fogli e infiorescenze
Az_St_9	Disciplinare le attività di potatura
Az_St_10	Disciplinare le diverse attività consentite nelle aree verdi urbane
Az_St_11	Elaborare strategie e programmi per un utilizzo sostenibile delle aree libere da edificazione e delle aree agricole periurbane
Az_St_12	Individuazione e messa in sicurezza delle alberature al fine di evitare cedimenti improvvisi
Az_St_13	Organizzare il sistema dei servizi per la fruizione delle aree verdi

8.5 Quadro logico

Obiettivi ecosistemici	Obiettivi strategici	Azioni strategiche	Proposta di Piano del verde urbano
Ob_Eco_1 Mantenere i livelli dei gas a effetto serra al di sotto dei limiti consentiti dalla normativa [13.2]	Ob_St_8 Promuovere la pianificazione e la gestione di interventi inerenti al cambiamento climatico	Az_St_3 Avviare attività di promozione e valorizzazione del verde urbano	Art. 8 Sensibilizzazione e promozione della cultura del verde 1. Le aree verdi pubbliche e private di qualsiasi forma e dimensione sono sede privilegiata di iniziative volte alla sensibilizzazione ambientale e alla promozione della cultura del verde. Art. 7 Coinvolgimento delle comunità locali 1. I cittadini, facendosi portatori dei contenuti del Piano, sono chiamati a difendere il verde da qualsiasi azione che vada contro i principi di tutela ecologico-ambientale, biologico-paesaggistica, urbanistica ed estetica. 2. L'Amministrazione comunale promuove tutte le forme di partecipazione della cittadinanza, direttamente o tramite la formazione di associazioni finalizzate alla tutela e valorizzazione del verde.
		Az_St_1 Adottare misure necessarie al rafforzamento della cooperazione locale e regionale	Art. 6 Coordinamento interistituzionale 1. Il Servizio parchi, verde e gestione faunistica adotta misure volte al rafforzamento della cooperazione metropolitana e regionale dalle quali scaturiscano azioni coordinate di promozione, cooperazione, partenariato, mobilità e accessibilità sostenibili.
	Ob_St_3 Elaborare politiche per la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas ad effetto serra	Az_St_7 Avviare programmi per la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas ad effetto serra	Art. 8 Sensibilizzazione e promozione della cultura del verde 3. L'Amministrazione comunale avvia, anche con il supporto di università e centri di ricerca, programmi per la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas ad effetto serra.
Ob_Eco_2 Conservare e valorizzare gli ambienti naturali [15.5]	Ob_St_13 Tutelare e valorizzare la biodiversità, gli ecosistemi e i relativi servizi	Az_St_2 Adottare misure per preservare il verde storico	Art. 11 Lavori culturali di manutenzione ordinaria e straordinaria 1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito alla gestione delle aree verdi ad uso pubblico è il mantenimento del patrimonio arboreo ed arbustivo, delle aiuole, delle aree a prato e di ogni spazio verde cittadino nelle migliori condizioni, garantendone la pulizia e la sicurezza. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore. 2. Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sul verde pubblico, così come le potature e gli abbattimenti o le nuove piantagioni e semine, effettuati sul territorio gestito dall'Amministrazione Comunale, sono eseguiti nel rispetto dei principi fissati dal presente Piano, dal Regolamento Comunale per la tutela dall'Inquinamento acustico, dalle vigenti norme sulla sicurezza, dalla normativa ambientale e dalle norme di lotta obbligatoria in campo fitosanitario. 3. Gli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica effettuano la manutenzione ordinaria e straordinaria delle aree in custodia con

			<p>personale proprio o mediante affidamento dei servizi e lavori.</p> <p>4. Nel caso di mancati adempimenti di obblighi di manutenzione, come da convenzione o concessione in corso, il Servizio parchi, verde e gestione faunistica e i suoi uffici proporranno al Settore di competenza la revoca dell'affidamento al soggetto inadempiente.</p> <p>5. Nel corso di qualunque servizio, intervento od opera pubblica che interessi aree verdi ed alberate, il Direttore dei Lavori, per conto dell'Amministrazione Comunale, garantisce in merito alla corretta esecuzione degli interventi e, nel caso di mancata osservanza del presente Piano, provvede ad inviare la segnalazione al Servizio parchi, verde e gestione faunistica.</p>
		<p>Az_St_3 Avviare attività di promozione e valorizzazione del verde urbano</p>	<p>Art. 8 Sensibilizzazione e promozione della cultura del verde</p> <p>1. Le aree verdi pubbliche e private di qualsiasi forma e dimensione sono sede privilegiata di iniziative volte alla sensibilizzazione ambientale e alla promozione della cultura del verde.</p> <p>Art. 7 Coinvolgimento delle comunità locali</p> <p>1. I cittadini, facendosi portatori dei contenuti del Piano, sono chiamati a difendere il verde da qualsiasi azione che vada contro i principi di tutela ecologico-ambientale, biologico-paesaggistica, urbanistica ed estetica.</p> <p>2. L'Amministrazione Comunale promuove tutte le forme di partecipazione della cittadinanza, direttamente o tramite la formazione di associazioni finalizzate alla tutela e valorizzazione del verde.</p>
		<p>Az_St_5 Avviare misure volte a ripristinare il patrimonio arboreo</p>	<p>Art.10 Sostituzioni a seguito di abbattimenti</p> <p>1. Salvo casi particolari in caso di abbattimento per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, piante della stessa specie.</p> <p>2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ecologico-ambientale dei soggetti rimossi.</p> <p>3. Qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata, quest'ultima potrà essere effettuata in luoghi adiacenti.</p> <p>4. L'Amministrazione Comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ecologiche e ambientali.</p>

		<p>Az_St_6 Avviare programmi e attività di educazione ambientale</p>	<p>Art. 8 Sensibilizzazione e promozione della cultura del verde 2. L'Amministrazione Comunale promuove iniziative volte alla sensibilizzazione ambientale, alla promozione della cultura del verde e alla diffusione delle conoscenze sulle molteplici funzioni da esso svolte.</p>
	<p>Ob_St_11 Salvaguardare il patrimonio naturale</p>	<p>Az_St_2 Adottare misure per preservare il verde storico</p>	<p>Art. 11 Lavori culturali di manutenzione ordinaria e straordinaria 1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito alla gestione delle aree verdi ad uso pubblico è il mantenimento del patrimonio arboreo ed arbustivo, delle aiuole, delle aree a prato e di ogni spazio verde cittadino nelle migliori condizioni, garantendone la pulizia e la sicurezza. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore. 2. Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sul verde pubblico, così come le potature e gli abbattimenti o le nuove piantagioni e semine, effettuati sul territorio gestito dall'Amministrazione Comunale, sono eseguiti nel rispetto dei principi fissati dal presente Piano, dal Regolamento Comunale per la tutela dall'Inquinamento acustico, dalle vigenti norme sulla sicurezza, dalla normativa ambientale e dalle norme di lotta obbligatoria in campo fitosanitario. 3. Gli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica effettuano la manutenzione ordinaria e straordinaria delle aree in custodia con personale proprio o mediante affidamento dei servizi e lavori. 4. Nel caso di mancati adempimenti di obblighi di manutenzione, come da convenzione o concessione in corso, il Servizio parchi, verde e gestione faunistica e i suoi uffici proporranno al Settore di competenza la revoca dell'affidamento al soggetto inadempiente. 5. Nel corso di qualunque servizio, intervento od opera pubblica che interessi aree verdi ed alberate, il Direttore dei Lavori, per conto dell'Amministrazione Comunale, garantisce in merito alla corretta esecuzione degli interventi e, nel caso di mancata osservanza del presente Piano, provvede ad inviare la segnalazione al Servizio parchi, verde e gestione faunistica.</p>

		<p>Art.10 Sostituzioni a seguito di abbattimenti</p> <p>1. Salvo casi particolari in caso di abbattimento per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, piante della stessa specie.</p> <p>2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ecologico-ambientale dei soggetti rimossi.</p> <p>3. Qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata, quest'ultima potrà essere effettuata in luoghi adiacenti.</p> <p>4. L'Amministrazione Comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ecologiche e ambientali.</p> <p>Art.15 Viali alberati</p> <p>1. Nel caso della realizzazione di nuove strade dovrà essere prevista una qualificata dotazione di verde, essenzialmente mediante la costituzione di filari arborei.</p> <p>Art.16 Scelta delle specie</p> <p>1. Nella scelta delle specie da impiantare nelle aree verdi debbono essere privilegiate:</p> <p>a. le specie autoctone;</p> <p>b. le piante rispetto agli arbusti.</p> <p>2. La dimensione degli alberi di nuovo impianto non potrà essere inferiore a cm 20-25 di circonferenza con altezza di metri 5,5-6 per le specie di prima grandezza, di metri 4-4,50 per quelle di seconda grandezza e di metri 3-3,50 per quelle di terza grandezza.</p> <p>3. I principali elementi di cui tenere conto nella scelta delle specie per la realizzazione di nuovi impianti sono: - l'adattabilità alle condizioni ed alle caratteristiche pedoclimatiche; - la resistenza a parassiti di qualsiasi genere; - la presenza di caratteri specifici indesiderati come frutti pesanti, velenosi, maleodoranti e fortemente imbrattanti, infiorescenze fortemente imbrattanti, foglie caduche, spine, elevata capacità pollonifera, radici pollonifere o forte tendenza a sviluppare radici superficiali, assenza di frutti eduli che attirino stagionalmente gli uccelli, con conseguenti fastidiose deiezioni; - scarsa attitudine alle infestazioni da afidi, agenti di ricadute vischiose e imbrattanti (melate); - la presenza di limitazioni per il futuro sviluppo della pianta con particolare riferimento alla chioma ed alle radici, quali ad esempio la presenza di linee aeree o di impianti sotterranei, la vicinanza di edifici, ecc.. elementi tecnici che compongono gli impianti di drenaggio e di irrigazione.</p> <p>4. Dovrà essere prevista una pavimentazione permeabile, intorno ad ogni albero.</p>
--	--	--

Az_St_5
 Avviare misure
 volte a ripristinare
 il patrimonio
 arboreo

		<p>Az_St_4 Avviare campagne di monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi</p>	<p>Art. 9 Monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi e censimento delle specie arboree 1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito allo stato del proprio patrimonio arboreo è il censimento delle condizioni fitosanitarie di alberi e arbusti, di ogni spazio verde cittadino, a garanzia della sicurezza pubblica. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore.</p>
		<p>Az_St_12 Individuazione e messa in sicurezza delle alberature al fine di evitare cedimenti improvvisi</p>	<p>Art. 9 Monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi e censimento delle specie arboree 1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito allo stato del proprio patrimonio arboreo è il censimento delle condizioni fitosanitarie di alberi e arbusti, di ogni spazio verde cittadino, a garanzia della sicurezza pubblica. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore.</p> <p>Art. 13 Potatura 2. Tuttavia, nelle aree urbane la potatura risulta necessaria ed assume carattere ordinario o straordinario per rimuovere quelle porzioni di chioma che rappresentano un ostacolo per la circolazione stradale, che sono eccessivamente ravvicinate a edifici e infrastrutture o che interferiscono con gli impianti elettrici e semaforici già esistenti e con la cartellonistica stradale, così come previsto dalle vigenti normative relative alla circolazione stradale, nonché con tutte le reti tecnologiche presenti in prossimità degli alberi, oltre che per riequilibrare e porre in sicurezza esemplari che hanno subito danneggiamenti all'apparato radicale e che presentano danni alla struttura epigea determinati da agenti patogeni.</p>
		<p>Az_St_10 Disciplinare le diverse attività consentite nelle aree verdi urbane</p>	<p>Art. 17 Disciplina per l'installazione di attività commerciali nei parchi e aree verdi 1. Per quanto riguarda l'installazione di attività commerciali, quali chioschi e dehors, collocate all'interno di parchi, giardini e aree verdi essi devono essere autorizzati dagli uffici comunali competenti previo parere vincolante Servizio parchi, verde e gestione faunistica. 2. Essi non devono comportare in alcun modo danni o nocuenti ad aree verdi, siepi e alberature.</p> <p>Art. 18 Disciplina delle biciclette e velocipedi 1. Nei parchi e giardini è consentito il libero accesso con biciclette ai soli bambini, come indicato con apposita cartellonistica, condotti a velocità moderata, su viali e percorsi pedonali con l'obbligo di dare precedenza ai pedoni. 2. Al di fuori della viabilità principale e di eventuali percorsi specificamente indicati per lo scopo con apposita cartellonistica, è vietato il transito per evitare danni alla vegetazione, al suolo ed agli arredi e pericoli per gli utenti.</p> <p>Art. 19 Giochi e attività sportive 1. Il gioco è consentito purché non arrechi disturbo o pericolo per sé o per gli altri ovvero causi danni alla vegetazione, alle infrastrutture</p>

		<p>ed agli immobili inseriti all'interno delle aree verdi.</p> <p>2. Il libero uso da parte dei bambini delle attrezzature e dei giochi è posto sotto la sorveglianza e responsabilità delle persone che ne hanno la custodia, nel rispetto delle prescrizioni stabilite da adeguata cartellonistica esistente.</p> <p>3. Le attrezzature per il gioco possono essere utilizzate solo dai bambini di età non superiore a quella indicata sulle stesse. Le attrezzature devono essere usate in modo conforme alla funzione per cui sono state predisposte.</p> <p>4. È dovere oltre che diritto del cittadino segnalare all'Amministrazione Comunale la presenza di attrezzature o giochi in cattivo stato di conservazione al fine di attivare la conseguente manutenzione e o sostituzione.</p> <p>5. L'attività sportiva in forma organizzata e di gruppo è consentita nei parchi di maggiore estensione purché non arrechi pericolo per sé o per gli altri ovvero causi danni alla vegetazione, alle infrastrutture ed agli immobili inseriti all'interno delle aree verdi.</p> <p>Art. 20 Aree destinate ai cani</p> <p>1. Con apposita segnaletica sono indicate le aree in cui i cani possono essere lasciati liberi nonché le aree nelle quali è fatto loro divieto di accesso.</p> <p>2. In tutte le aree i cani possono correre liberamente senza guinzaglio e museruola, purché in presenza e sotto la vigilanza dei loro custodi o possessori. I possessori o gli accompagnatori dei cani devono comunque essere muniti di guinzaglio e trattenere i cani ogni qualvolta se ne presenti la necessità o l'opportunità, a tutela dell'incolumità delle persone e degli animali.</p> <p>3. In tutte le aree cani è obbligatorio raccogliere gli escrementi, secondo le modalità previste dal Regolamento per la gestione dei rifiuti urbani</p> <p>4. Gli addetti alla vigilanza possono, qualora ravvisino pericolo per la pubblica incolumità, disporre l'immediato allontanamento ovvero ordinare ai proprietari l'uso congiunto della museruola e del guinzaglio.</p> <p>Art. 21 Divieti</p> <p>1. Le regole inerenti alla fruizione del verde pubblico, oltre che ad essere previste dal presente Piano sono esposte nelle principali aree verdi pubbliche, mediante apposita cartellonistica.</p> <p>2. Fatte salve le prescrizioni riportate nell'apposita cartellonistica collocata nell'area è vietato utilizzare le aree verdi pubbliche per scopi non conformi alla loro destinazione d'uso ed è vietato altresì compromettere in qualsiasi modo la vitalità del suolo, del soprasuolo e del sottosuolo.</p> <p>3. Al fine di salvaguardare al meglio il patrimonio verde ed impedirne il degrado, a titolo indicativo e non esclusivo, nelle aree verdi pubbliche sono vietati:</p>
--	--	--

			<ul style="list-style-type: none"> a. il disturbo in qualsiasi modo della quiete delle persone che intendono beneficiare delle condizioni circostanti b. il deposito o lo scarico di materiali di qualsiasi natura o consistenza se non specificatamente autorizzato; c. utilizzare impropriamente o danneggiare le strutture e le attrezzature installate per scopi ludici, ricreativi o di servizio. d. bagnarsi nelle fontane e nei laghetti e. l'abbandono dei rifiuti al di fuori dei contenitori di raccolta; f. l'impermeabilizzazione del suolo; g. gli scavi non autorizzati; h. l'eliminazione, la distruzione, il danneggiamento, il taglio e qualsiasi azione che possa in altro modo minacciare l'esistenza di alberi e arbusti o parte di essi; i. danneggiare e imbrattare la segnaletica, i giochi o gli elementi di arredo; raccogliere e asportare fiori, bulbi, radici, semi, frutti, terriccio, muschio, erbacee annuali e perenni, e strato superficiale di terreno j. raccogliere ed asportare fossili, minerali e reperti archeologici; k. calpestare le aiuole fiorite o il manto erboso ove sia espressamente vietato con l'apposizione di apposita cartellonistica che indichi tale divieto; l. catturare, molestare o ferire intenzionalmente animali, nonché sottrarre uova e nidi; m. scavalcare transenne, ripari, steccati posti a protezione di strutture, piantagioni, prati, aiuole fiorite; n. transitare e sostare nel parco con qualsiasi mezzo motorizzato, fatti salvi i mezzi autorizzati i quali, dovranno fruire dei luoghi a loro specificatamente destinati; o. occupare, anche solo temporaneamente, con attrezzature sportive, chioschi, tende da campeggio, sedie o panchine ed altro, senza la preventiva concessione; p. salire sugli alberi, scuoterli, inciderli o danneggiarli in qualsiasi modo, strappare o rovinare il manto erboso; q. affiggere sui tronchi degli alberi e degli arbusti materiale di qualsiasi genere ad esclusione delle targhe di riconoscimento botanico o numerico autorizzate; r. mettere a dimora piante senza l'assenso degli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica; s. introdurre nuovi animali selvatici, senza l'assenso degli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica; t. svolgere qualsiasi attività commerciale o di pubblico intrattenimento senza specifica autorizzazione dagli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica; u. manifestare senza specifica autorizzazione degli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica; v. sostare sotto gli alberi isolati o gruppi di piante in caso di bufere di vento, temporali a causa della possibilità di caduta di rami o di fulmini.
--	--	--	--

			<p>Art. 22 Vigilanza</p> <p>1. La vigilanza sull'osservanza delle norme del presente Piano nonché delle ordinanze attuative e l'accertamento delle relative violazioni è affidato, in via generale, agli agenti del Corpo di Polizia Municipale, nonché, in via speciale e limitatamente alle materie di specifica competenza, ad altri funzionari comunali, Enti ed Aziende erogatori di pubblici servizi.</p>
	<p>Ob_St_1 Conservare e valorizzare il sistema di parchi e aree verdi</p>	<p>Az_St_2 Adottare misure per preservare il verde storico</p>	<p>Art. 11 Lavori colturali di manutenzione ordinaria e straordinaria</p> <p>1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito alla gestione delle aree verdi ad uso pubblico è il mantenimento del patrimonio arboreo ed arbustivo, delle aiuole, delle aree a prato e di ogni spazio verde cittadino nelle migliori condizioni, garantendone la pulizia e la sicurezza. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore.</p> <p>dei servizi e lavori.</p> <p>4. Nel caso di mancati adempimenti di obblighi di manutenzione, come da convenzione o concessione in corso, il Servizio parchi, verde e gestione faunistica e i suoi uffici proporranno al Settore di competenza la revoca dell'affidamento al soggetto inadempiente.</p> <p>5. Nel corso di qualunque servizio, intervento od opera pubblica che interessi aree verdi ed alberate, il Direttore dei Lavori, per conto dell'Amministrazione Comunale, garantisce in merito alla corretta esecuzione degli interventi e, nel caso di mancata osservanza del presente Piano, provvede ad inviare la segnalazione al Servizio parchi, verde e gestione faunistica.</p>

		<p>Az_St_5 Avviare misure volte a ripristinare il patrimonio arboreo</p>	<p>Art. 10 Sostituzioni a seguito di abbattimenti</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Salvo casi particolari in caso di abbattimento per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, piante della stessa specie. 2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ecologico-ambientale dei soggetti rimossi. 3. Qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata, quest'ultima potrà essere effettuata in luoghi adiacenti. 4. L'Amministrazione Comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ecologiche e ambientali. <p>Art. 15 Viali alberati</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nel caso della realizzazione di nuove strade dovrà essere prevista una qualificata dotazione di verde, essenzialmente mediante la costituzione di filari arborei. <p>Art. 16 Scelta delle specie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nella scelta delle specie da impiantare nelle aree verdi debbono essere privilegiate: <ol style="list-style-type: none"> c. le specie autoctone; d. le piante rispetto agli arbusti. 2. La dimensione degli alberi di nuovo impianto non potrà essere inferiore a cm 20-25 di circonferenza con altezza di metri 5,5-6 per le specie di prima grandezza, di metri 4-4,50 per quelle di seconda grandezza e di metri 3-3,50 per quelle di terza grandezza. 3. I principali elementi di cui tenere conto nella scelta delle specie per la realizzazione di nuovi impianti sono: - l'adattabilità alle condizioni ed alle caratteristiche pedoclimatiche; - la resistenza a parassiti di qualsiasi genere; la presenza di caratteri specifici indesiderati come frutti pesanti, velenosi, maleodoranti e fortemente imbrattanti, infiorescenze e fogliame caduco, spine, elevata capacità pollonifera, radici pollonifere o forte tendenza a sviluppare radici superficiali, assenza di frutti eduli che attirino stagionalmente gli uccelli, con conseguenti fastidiose deiezioni; - scarsa attitudine alle infestazioni da afidi, agenti di ricadute vischiose e imbrattanti (melate); - la presenza di limitazioni per il futuro sviluppo della pianta con particolare riferimento alla chioma ed alle radici, quali ad esempio la presenza di linee aeree o di impianti sotterranei, la vicinanza di edifici, ecc.. elementi tecnici che compongono gli impianti di drenaggio e di irrigazione. 4. Dovrà essere prevista una pavimentazione permeabile, intorno ad ogni albero.
--	--	---	---

	<p>Az_St_4 Avviare campagne di monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi</p>	<p>Art. 9 Monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi e censimento delle specie arboree 1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito allo stato del proprio patrimonio arboreo è il censimento delle condizioni fitosanitarie di alberi e arbusti, di ogni spazio verde cittadino, a garanzia della sicurezza pubblica. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore.</p>
	<p>Az_St_12 Individuazione e messa in sicurezza delle alberature al fine di evitare cedimenti improvvisi</p>	<p>Art. 9 Monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi e censimento delle specie arboree 1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito allo stato del proprio patrimonio arboreo è il censimento delle condizioni fitosanitarie di alberi e arbusti, di ogni spazio verde cittadino, a garanzia della sicurezza pubblica. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore.</p> <p>Art. 13 Potatura 2. Tuttavia, nelle aree urbane la potatura risulta necessaria ed assume carattere ordinario o straordinario per rimuovere quelle porzioni di chioma che rappresentano un ostacolo per la circolazione stradale, che sono eccessivamente ravvicinate a edifici e infrastrutture o che interferiscono con gli impianti elettrici e semaforici già esistenti e con la cartellonistica stradale, così come previsto dalle vigenti normative relative alla circolazione stradale, nonché con tutte le reti tecnologiche presenti in prossimità degli alberi, oltre che per riequilibrare e porre in sicurezza esemplari che hanno subito danneggiamenti all'apparato radicale e che presentano danni alla struttura epigea determinati da agenti patogeni.</p>

		<p>Az_St_13 Organizzare il sistema dei servizi per la fruizione delle aree verdi</p>	<p>Art. 1 Oggetto e finalità</p> <p>1. Il Piano del verde urbano, d'ora innanzi Piano, rappresenta uno strumento strategico e di indirizzo in materia di verde pubblico, in linea con gli indirizzi internazionali, europei e nazionali in materia di sviluppo sostenibile, mitigazione degli effetti del cambiamento climatico, protezione del suolo e della biodiversità.</p> <p>2. Le disposizioni del presente Piano stabiliscono la disciplina di organizzazione del verde nella Città di Cagliari, nonché la normativa di dettaglio e le condizioni di esercizio delle attività consentite all'interno delle aree verdi pubbliche, le attività di recupero e riqualificazione nel rispetto della disciplina generale di cui al Piano urbanistico comunale.</p> <p>3. Il presente Piano disciplina l'attività diretta alla salvaguardia e alla corretta gestione del verde urbano della Città ed in particolare la tutela, la manutenzione e la fruizione del patrimonio arboreo presente nel suo territorio.</p> <p>4. Le finalità del Piano sono le seguenti:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. tutelare e promuovere il verde urbano come fattore di miglioramento della qualità della vita; b. favorire un uso e gestione razionale delle aree verdi compatibilmente con le risorse naturali presenti; c. incentivare la partecipazione della cittadinanza sulle questioni relative la gestione del verde urbano; d. diffondere la cultura del rispetto e della conoscenza del patrimonio naturale presente in città; e. indicare le modalità di gestione più consone al mantenimento e allo sviluppo del sistema di aree verde e alla realizzazione di reti ecologiche urbane. <p>5. Le disposizioni del presente Piano hanno, quindi, l'obiettivo di definire una razionale gestione del patrimonio verde mediante la tutela dei soggetti arborei, la loro cura, difesa ed efficacia ecologico-ambientale.</p>
--	--	---	--

	<p>Ob_St_4 Garantire la manutenzione del verde urbano esistente</p>	<p>Az_St_5 Avviare misure volte a ripristinare il patrimonio arboreo</p>	<p>Art. 10 Sostituzioni a seguito di abbattimenti 1. Salvo casi particolari in caso di abbattimento per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, piante della stessa specie. 2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ecologico-ambientale dei soggetti rimossi. 3. Qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata, quest'ultima potrà essere effettuata in luoghi adiacenti. 4. L'Amministrazione Comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ecologiche e ambientali.</p> <p>Art. 15 Viali alberati 1. Nel caso della realizzazione di nuove strade dovrà essere prevista una qualificata dotazione di verde, essenzialmente mediante la costituzione di filari arborei.</p> <p>Art. 16 Scelta delle specie 1. Nella scelta delle specie da impiantare nelle aree verdi debbono essere privilegiate:</p> <p>e. le specie autoctone; f. le piante rispetto agli arbusti.</p> <p>2. La dimensione degli alberi di nuovo impianto non potrà essere inferiore a cm 20-25 di circonferenza con altezza di metri 5,5-6 per le specie di prima grandezza, di metri 4-4,50 per quelle di seconda grandezza e di metri 3-3,50 per quelle di terza grandezza.</p> <p>3. I principali elementi di cui tenere conto nella scelta delle specie per la realizzazione di nuovi impianti sono: - l'adattabilità alle condizioni ed alle caratteristiche pedoclimatiche; - la resistenza a parassiti di qualsiasi genere; - la presenza di caratteri specifici indesiderati come frutti pesanti, velenosi, maleodoranti e fortemente imbrattanti, infiorescenze fortemente imbrattanti, fogliame caduco, spine, elevata capacità pollonifera, radici pollonifere o forte tendenza a sviluppare radici superficiali, assenza di frutti eduli che attirino stagionalmente gli uccelli, con conseguenti fastidiose deiezioni; - scarsa attitudine alle infestazioni da afidi, agenti di ricadute vischiose e imbrattanti (melate); - la presenza di limitazioni per il futuro sviluppo della pianta con particolare riferimento alla chioma ed alle radici, quali ad esempio la presenza di linee aeree o di impianti sotterranei, la vicinanza di edifici, ecc.. elementi tecnici che compongono gli impianti di drenaggio e di irrigazione.</p> <p>4. Dovrà essere prevista una pavimentazione permeabile, intorno ad ogni albero.</p>
--	--	---	---

		<p>Az_St_4 Avviare campagne di monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi</p>	<p>Art. 9 Monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi e censimento delle specie arboree 1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito allo stato del proprio patrimonio arboreo è il censimento delle condizioni fitosanitarie di alberi e arbusti, di ogni spazio verde cittadino, a garanzia della sicurezza pubblica. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore.</p>
		<p>Az_St_9 Disciplinare le attività di potatura</p>	<p>Art. 13 Potatura 1. La potatura deve essere limitata alla sola rimozione delle porzioni di chioma secche, o di quelle lesionate o alterate da attacchi parassitari e da danni meccanici o meteorici, che possono pregiudicare la salute della pianta e o la sua stabilità ovvero a quelle strettamente necessarie; essendo l'obiettivo fondamentale della potatura quello di mantenere piante sane, piacevoli alla vista e soprattutto con il massimo sviluppo della chioma compatibile con l'ambiente circostante in modo da fruire appieno degli effetti ambientali benefici della stessa. 2. Tuttavia, nelle aree urbane la potatura risulta necessaria ed assume carattere ordinario o straordinario per rimuovere quelle porzioni di chioma che rappresentano un ostacolo per la circolazione stradale, che sono eccessivamente ravvicinate a edifici e infrastrutture o che interferiscono con gli impianti elettrici e semaforici già esistenti e con la cartellonistica stradale, così come previsto dalle vigenti normative relative alla circolazione stradale, nonché con tutte le reti tecnologiche presenti in prossimità degli alberi, oltre che per riequilibrare e porre in sicurezza esemplari che hanno subito danneggiamenti all'apparato radicale e che presentano danni alla struttura epigea determinati da agenti patogeni.</p>
		<p>Az_St_8 Disciplinare la gestione degli ammassi di fogli e infiorescenze</p>	<p>Art. 14 Disciplina della gestione degli ammassi di foglie e infiorescenze 1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito alla gestione delle aree verdi ad uso pubblico il mantenimento del patrimonio arboreo ed arbustivo garantendone la pulizia e la sicurezza anche attraverso la gestione degli ammassi di foglie e infiorescenze.</p>
<p>Ob_Eco_3 Mantenere un tessuto urbano compatto, al fine di limitare il degrado del suolo [15.3]</p>	<p>Ob_St_10 Promuovere politiche e misure per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo</p>	<p>Az_St_1 Adottare misure necessarie al rafforzamento della cooperazione locale e regionale</p>	<p>Art. 6 Coordinamento interistituzionale 1. Il Servizio parchi, verde e gestione faunistica adotta misure volte al rafforzamento della cooperazione metropolitana e regionale dalle quali scaturiscano azioni coordinate di promozione, cooperazione, partenariato, mobilità e accessibilità sostenibili.</p>

		<p>Art. 10 Sostituzioni a seguito di abbattimenti</p> <p>1. Salvo casi particolari in caso di abbattimento per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, piante della stessa specie.</p> <p>2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ecologico-ambientale dei soggetti rimossi.</p> <p>3. Qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata, quest'ultima potrà essere effettuata in luoghi adiacenti.</p> <p>4. L'Amministrazione comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ecologiche e ambientali.</p> <p>Art. 15 Viali alberati</p> <p>1. Nel caso della realizzazione di nuove strade dovrà essere prevista una qualificata dotazione di verde, essenzialmente mediante la costituzione di filari arborei.</p> <p>Art.16 Scelta delle specie</p> <p>1. Nella scelta delle specie da impiantare nelle aree verdi debbono essere privilegiate:</p> <p>a. le specie autoctone; b. le piante rispetto agli arbusti.</p> <p>2. La dimensione degli alberi di nuovo impianto non potrà essere inferiore a cm 20-25 di circonferenza con altezza di metri 5,5-6 per le specie di prima grandezza, di metri 4-4,50 per quelle di seconda grandezza e di metri 3-3,50 per quelle di terza grandezza.</p> <p>3. I principali elementi di cui tenere conto nella scelta delle specie per la realizzazione di nuovi impianti sono: l'adattabilità alle condizioni ed alle caratteristiche pedoclimatiche; la resistenza a parassiti di qualsiasi genere; la presenza di caratteri specifici indesiderati come frutti pesanti, velenosi, maleodoranti e fortemente imbrattanti, infiorescenze e fogliame caduco, spine, elevata capacità pollonifera, radici pollonifere o forte tendenza a sviluppare radici superficiali, assenza di frutti eduli che attirino stagionalmente gli uccelli, con conseguenti fastidiose deiezioni; scarsa attitudine alle infestazioni da afidi, agenti di ricadute vischiose e imbrattanti (melate); la presenza di limitazioni per il futuro sviluppo della pianta con particolare riferimento alla chioma ed alle radici, quali ad esempio la presenza di linee aeree o di impianti sotterranei, la vicinanza di edifici, ecc.. elementi tecnici che compongono gli impianti di drenaggio e di irrigazione.</p> <p>4. Dovrà essere prevista una pavimentazione permeabile, intorno ad ogni albero.</p>
--	--	--

Az_St_5
Avviare misure volte a ripristinare il patrimonio arboreo

			<p>Art. 12 Norme di tutela per le aree a conduzione agraria</p> <p>1. In tutte le aree ove sussistono conduzioni agrarie, gli interventi dovranno rispettare il presente Piano, preferibilmente attraverso la stipula di specifiche convenzioni tra l'Amministrazione Comunale ed i conduttori, singoli o associati, mirate a piani di gestione e manutenzione del territorio.</p> <p>2. In particolare tali interventi dovranno:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. salvaguardare le siepi e le macchie arbustive, per la loro funzione ecologica anche ai fini della vita dell'avifauna, e garantire la rigenerazione in caso di taglio motivato; b. favorire la ricostituzione di vegetazione autoctona lungo i percorsi delle vie d'acqua per migliorarne la funzionalità ecologica e l'habitat della fauna; c. salvaguardare, ove esistenti, le zone umide, i canneti, evitandone il tombamento e l'impermeabilizzazione. <p>3. In tutte le aree a conduzione agraria è comunque vietato il deposito dei rifiuti, anche temporaneo, con esclusione degli scarti derivanti dalle coltivazioni in esse praticate.</p>
	<p>Ob_St_9 Promuovere il ripristino dei suoli degradati.</p>	<p>Az_St_11 Elaborare strategie e programmi per un utilizzo sostenibile delle aree libere da edificazione e delle aree agricole periurbane</p> <p>Az_St_5 Avviare misure volte a ripristinare il patrimonio arboreo</p>	<p>Art. 10 Sostituzioni a seguito di abbattimenti</p> <p>1. Salvo casi particolari in caso di abbattimento per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, piante della stessa specie.</p> <p>2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ecologico-ambientale dei soggetti rimossi.</p> <p>3. Qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata, quest'ultima potrà essere effettuata in luoghi adiacenti.</p> <p>4. L'Amministrazione Comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ecologiche e ambientali.</p> <p>Art. 15 Viali alberati</p> <p>1. Nel caso della realizzazione di nuove strade dovrà essere prevista una qualificata dotazione di verde, essenzialmente mediante la costituzione di filari arborei.</p> <p>Art. 16 Scelta delle specie</p> <p>1. Nella scelta delle specie da impiantare nelle aree verdi debbono essere privilegiate:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. le specie autoctone; b. le piante rispetto agli arbusti. <p>2. La dimensione degli alberi di nuovo impianto non potrà essere inferiore a cm 20-25 di circonferenza con altezza di metri 5,5-6 per le specie di prima grandezza, di metri 4-4,50 per</p>

			<p>quelle di seconda grandezza e di metri 3-3,50 per quelle di terza grandezza.</p> <p>3. I principali elementi di cui tenere conto nella scelta delle specie per la realizzazione di nuovi impianti sono: - l'adattabilità alle condizioni ed alle caratteristiche pedoclimatiche; la resistenza a parassiti di qualsiasi genere; la presenza di caratteri specifici indesiderati come frutti pesanti, velenosi, maleodoranti e fortemente imbrattanti, infiorescenze e fogliame caduco, spine, elevata capacità pollonifera, radici pollonifere o forte tendenza a sviluppare radici superficiali, assenza di frutti eduli che attirino stagionalmente gli uccelli, con conseguenti fastidiose deiezioni; - scarsa attitudine alle infestazioni da afidi, agenti di ricadute vischiose e imbrattanti (melate); la presenza di limitazioni per il futuro sviluppo della pianta con particolare riferimento alla chioma ed alle radici, quali ad esempio la presenza di linee aeree o di impianti sotterranei, la vicinanza di edifici, ecc.. elementi tecnici che compongono gli impianti di drenaggio e di irrigazione.</p> <p>4. Dovrà essere prevista una pavimentazione permeabile, intorno ad ogni albero.</p>
	<p>Ob_St_2 Conservare e valorizzare il sistema di spazi periurbani</p>	<p>Az_St_11 Elaborare strategie e programmi per un utilizzo sostenibile delle aree libere da edificazione e delle aree agricole periurbane</p>	<p>Art. 12 Norme di tutela per le aree a conduzione agraria</p> <p>1. In tutte le aree ove sussistono conduzioni agrarie, gli interventi dovranno rispettare il presente Piano, preferibilmente attraverso la stipula di specifiche convenzioni tra l'Amministrazione Comunale ed i conduttori, singoli o associati, mirate a piani di gestione e manutenzione del territorio.</p> <p>2. In particolare tali interventi dovranno:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. salvaguardare le siepi e le macchie arbustive, per la loro funzione ecologica anche ai fini della vita dell'avifauna, e garantire la rigenerazione in caso di taglio motivato; b. favorire la ricostituzione di vegetazione autoctona lungo i percorsi delle vie d'acqua per migliorarne la funzionalità ecologica e l'habitat della fauna; c. salvaguardare, ove esistenti, le zone umide, i canneti, evitandone il tombamento e l'impermeabilizzazione. <p>3. In tutte le aree a conduzione agraria è comunque vietato il deposito dei rifiuti, anche temporaneo, con esclusione degli scarti derivanti dalle coltivazioni in esse praticate.</p>

<p>Ob_Eco_4 Definire strumenti di pianificazione del verde urbano al fine di raggiungere gli obiettivi per lo Sviluppo sostenibile [11.3; 13.2;15.2; 15.3; 17.16]</p>	<p>Ob_St_5 Promuovere e garantire una pianificazione sostenibile del territorio</p>	<p>Az_St_11 Elaborare strategie e programmi per un utilizzo sostenibile delle aree libere da edificazione e delle aree agricole periurbane</p>	<p>Art. 12 Norme di tutela per le aree a conduzione agraria</p> <p>1. In tutte le aree ove sussistono conduzioni agrarie, gli interventi dovranno rispettare il presente Piano, preferibilmente attraverso la stipula di specifiche convenzioni tra l'Amministrazione Comunale ed i conduttori, singoli o associati, mirate a piani di gestione e manutenzione del territorio.</p> <p>2. In particolare tali interventi dovranno:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. salvaguardare le siepi e le macchie arbustive, per la loro funzione ecologica anche ai fini della vita dell'avifauna, e garantire la rigenerazione in caso di taglio motivato; b. favorire la ricostituzione di vegetazione autoctona lungo i percorsi delle vie d'acqua per migliorarne la funzionalità ecologica e l'habitat della fauna; c. salvaguardare, ove esistenti, le zone umide, i canneti, evitandone il tombamento e l'impermeabilizzazione. <p>3. In tutte le aree a conduzione agraria è comunque vietato il deposito dei rifiuti, anche temporaneo, con esclusione degli scarti derivanti dalle coltivazioni in esse praticate.</p>
	<p>Ob_St_7 Promuovere la pianificazione di interventi inerenti al rinverdimento urbano</p>	<p>Az_St_1 Adottare misure necessarie al rafforzamento della cooperazione locale e regionale</p>	<p>Art. 6 Coordinamento interistituzionale</p> <p>1. Il Servizio parchi, verde e gestione faunistica adotta misure volte al rafforzamento della cooperazione metropolitana e regionale dalle quali scaturiscano azioni coordinate di promozione, cooperazione, partenariato, mobilità e accessibilità sostenibili.</p>

<p>Ob_Eco_5 Tutelare e migliorare le aree destinate a verde urbano [15.2]</p>	<p>Ob_St_12 Sostenere o ripristinare la capacità generale dei suoli</p>	<p>Az_St_5 Avviare misure volte a ripristinare il patrimonio arboreo</p>	<p>Art. 10 Sostituzioni a seguito di abbattimenti 1. Salvo casi particolari in caso di abbattimento per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, piante della stessa specie. 2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ecologico-ambientale dei soggetti rimossi. 3. Qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata, quest'ultima potrà essere effettuata in luoghi adiacenti. 4. L'Amministrazione Comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ecologiche e ambientali.</p>
		<p>Az_St_11 Elaborare strategie e programmi per un utilizzo sostenibile delle aree libere da edificazione e delle aree agricole periurbane</p>	<p>Art. 12 Norme di tutela per le aree a conduzione agraria 1. In tutte le aree ove sussistono conduzioni agrarie, gli interventi dovranno rispettare il presente Piano, preferibilmente attraverso la stipula di specifiche convenzioni tra l'Amministrazione Comunale ed i conduttori, singoli o associati, mirate a piani di gestione e manutenzione del territorio. 2. In particolare tali interventi dovranno:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. salvaguardare le siepi e le macchie arbustive, per la loro funzione ecologica anche ai fini della vita dell'avifauna, e garantire la rigenerazione in caso di taglio motivato; b. favorire la ricostituzione di vegetazione autoctona lungo i percorsi delle vie d'acqua per migliorarne la funzionalità ecologica e l'habitat della fauna; c. salvaguardare, ove esistenti, le zone umide, i canneti, evitandone il tombamento e l'impermeabilizzazione. <p>3. In tutte le aree a conduzione agraria è comunque vietato il deposito dei rifiuti, anche temporaneo, con esclusione degli scarti derivanti dalle coltivazioni in esse praticate.</p>
	<p>Ob_St_7 Promuovere la pianificazione di interventi inerenti al rinverdimento urbano</p>	<p>Az_St_5 Avviare misure volte a ripristinare il patrimonio arboreo</p>	<p>Art. 10 Sostituzioni a seguito di abbattimenti 1. Salvo casi particolari in caso di abbattimento per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, piante della stessa specie. 2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ecologico-ambientale dei soggetti rimossi. 3. Qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata, quest'ultima potrà essere effettuata in luoghi adiacenti. 4. L'Amministrazione Comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto</p>

			<p>qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ecologiche e ambientali.</p> <p>Art. 15 Viali alberati</p> <p>1. Nel caso della realizzazione di nuove strade dovrà essere prevista una qualificata dotazione di verde, essenzialmente mediante la costituzione di filari arborei.</p> <p>Art.16 Scelta delle specie</p> <p>1. Nella scelta delle specie da impiantare nelle aree verdi debbono essere privilegiate:</p> <p>a. le specie autoctone;</p> <p>b. le piante rispetto agli arbusti.</p> <p>2. La dimensione degli alberi di nuovo impianto non potrà essere inferiore a cm 20-25 di circonferenza con altezza di metri 5,5-6 per le specie di prima grandezza, di metri 4-4,50 per quelle di seconda grandezza e di metri 3-3,50 per quelle di terza grandezza.</p> <p>3. I principali elementi di cui tenere conto nella scelta delle specie per la realizzazione di nuovi impianti sono: - l'adattabilità alle condizioni ed alle caratteristiche pedoclimatiche; - la resistenza a parassiti di qualsiasi genere; la presenza di caratteri specifici indesiderati come frutti pesanti, velenosi, maleodoranti e fortemente imbrattanti, infiorescenze e fogliame caduco, spine, elevata capacità pollonifera, radici pollonifere o forte tendenza a sviluppare radici superficiali, assenza di frutti eduli che attirino stagionalmente gli uccelli, con conseguenti fastidiose deiezioni; scarsa attitudine alle infestazioni da afidi, agenti di ricadute vischiose e imbrattanti (melate); la presenza di limitazioni per il futuro sviluppo della pianta con particolare riferimento alla chioma ed alle radici, quali ad esempio la presenza di linee aeree o di impianti sotterranei, la vicinanza di edifici, ecc.. elementi tecnici che compongono gli impianti di drenaggio e di irrigazione.</p> <p>4. Dovrà essere prevista una pavimentazione permeabile, intorno ad ogni albero.</p>
		Az_St_1 Adottare misure necessarie al rafforzamento della cooperazione locale e regionale	Art. 6 Coordinamento interistituzionale 1. Il Servizio parchi, verde e gestione faunistica adotta misure volte al rafforzamento della cooperazione metropolitana e regionale dalle quali scaturiscano azioni coordinate di promozione, cooperazione, partenariato, mobilità e accessibilità sostenibili.
Ob_Eco_6 Migliorare la qualità delle aree agricole periurbane [13.2; 15.1; 15.2; 15.3]	Ob_St_6 Promuovere la pianificazione di infrastrutture verdi nelle zone urbane	Az_St_1 Adottare misure necessarie al rafforzamento della cooperazione locale e regionale	Art. 6 Coordinamento interistituzionale 1. Il Servizio parchi, verde e gestione faunistica adotta misure volte al rafforzamento della cooperazione metropolitana e regionale dalle quali scaturiscano azioni coordinate di promozione, cooperazione, partenariato, mobilità e accessibilità sostenibili.
	Ob_St_2 Conservare e valorizzare il sistema di spazi periurbani	Az_St_11 Elaborare strategie e programmi per un utilizzo sostenibile delle	Art. 12 Norme di tutela per le aree a conduzione agraria 1. In tutte le aree ove sussistono conduzioni agrarie, gli interventi dovranno rispettare il presente Piano, preferibilmente attraverso la stipula di specifiche convenzioni tra

		<p>aree libere da edificazione e delle aree agricole periurbane</p>	<p>l'Amministrazione Comunale ed i conduttori, singoli o associati, mirate a piani di gestione e manutenzione del territorio.</p> <p>2. In particolare tali interventi dovranno:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. salvaguardare le siepi e le macchie arbustive, per la loro funzione ecologica anche ai fini della vita dell'avifauna, e garantirne la rigenerazione in caso di taglio motivato; b. favorire la ricostituzione di vegetazione autoctona lungo i percorsi delle vie d'acqua per migliorarne la funzionalità ecologica e l'habitat della fauna; c. salvaguardare, ove esistenti, le zone umide, i canneti, evitandone il tombamento e l'impermeabilizzazione. <p>3. In tutte le aree a conduzione agraria è comunque vietato il deposito dei rifiuti, anche temporaneo, con esclusione degli scarti derivanti dalle coltivazioni in esse praticate.</p>
--	--	---	--

Apendice

Proposta di Piano Comunale del verde urbano della città Cagliari

DISPOSIZIONI INTRODUTTIVE

L'infrastruttura naturale della Città di Cagliari comprende un patrimonio ambientale estremamente diversificato e complesso, composto da ampie aree umide, giardini pubblici e privati, parchi storici, parchi naturalistico-archeologici, viali alberati e zone agricole. Questo sistema, testimonianza di una specificità ecologico-ambientale, rappresenta una componente di primaria importanza dell'ambiente urbano per le molteplici funzioni che svolge: estetico-ornamentali, climatico-ecologiche, urbanistico-sociali, di educazione ambientale e di miglioramento della qualità urbana. Ragionare sul Piano Comunale del verde urbano, per la Città di Cagliari, significa pensare ad uno strumento di indirizzo e di governo del patrimonio naturale, al fine di rafforzare il sistema di aree naturali e naturalistico-archeologiche, favorendo la creazione di un sistema continuo di parchi e polmoni verdi, a cui saranno chiamati ad aderire anche i comuni della Città Metropolitana, nell'ottica di un sistema metropolitano di fruizione del verde.

TITOLO I

DISPOSIZIONI GENERALI

Art.1 Oggetto e finalità

1. Il Piano Comunale del verde urbano rappresenta uno strumento strategico per il verde pubblico, in linea con gli indirizzi internazionali, europei e nazionali in materia di sviluppo sostenibile, mitigazione degli effetti del cambiamento climatico, protezione del suolo e della biodiversità.
2. Le disposizioni del presente Piano stabiliscono la disciplina di organizzazione del verde pubblico nella Città di Cagliari, nonché la normativa di dettaglio e le condizioni di esercizio delle attività consentite all'interno delle aree verdi pubbliche, le attività di recupero e riqualificazione nel rispetto della disciplina generale di cui al Piano urbanistico comunale.
3. Il presente Piano disciplina l'attività diretta alla salvaguardia e alla corretta gestione del verde urbano della Città ed in particolare la tutela, la manutenzione e la fruizione del patrimonio arboreo presente nel suo territorio.
4. Le finalità del Piano sono le seguenti:

- a. tutelare e promuovere il verde urbano come fattore di miglioramento della qualità della vita;
 - b. favorire un uso e gestione razionale delle aree verdi compatibilmente con le risorse naturali presenti;
 - c. incentivare la partecipazione della cittadinanza sulle questioni relative la gestione del verde urbano;
 - d. diffondere la cultura del rispetto e della conoscenza del patrimonio naturale presente in città;
 - e. indicare le modalità di gestione più consone al mantenimento e allo sviluppo del sistema di aree verde e alla realizzazione di reti ecologiche urbane.
5. Le disposizioni del presente Piano hanno, quindi, l'obiettivo di definire una razionale gestione del patrimonio verde mediante la tutela dei soggetti arborei, la loro cura, difesa ed efficacia ecologico-ambientale.

Art.2 Funzioni del verde urbano

Le funzioni ambientali espletate dal verde urbano per il controllo ambientale e riconosciute dalla letteratura scientifica sono:

1.funzione ecologico-ambientali:

- a. mitigazione degli impatti prodotti dalle attività antropiche;
- b. regolazione del microclima;
- c. sostegno della biodiversità e dei servizi ecosistemici

2.funzione igienico-sanitarie:

- a. depurazione dell'aria;
- b. riduzione dei rumori;
- c. produzione di ossigeno;
- d. miglioramento della qualità della vita

3. funzione protettiva:

- a. protezione e di tutela del suolo;
- b. riduzione della superficie impermeabilizzata;
- c. depurazione idrica

4. funzione sociale, ricreativa e sportiva:

- a. miglioramento della socialità

5. funzione culturale e didattica:

- a. conoscenza e rispetto dell'ambiente;
- b. didattica naturalistica e storico-naturalistica

6. funzione estetico-architettonica:

- a. miglioramento del paesaggio urbano

Art.3 Tipologie di verde urbano

1. Le tipologie di verde urbano individuate nella Città di Cagliari, e disciplinate dal presente Piano sono distinte in:

- a. grandi aree umide e riserve naturali;
- b. giardini pubblici o di quartiere;
- c. verde cimiteriale;
- d. verde sportivo;
- e. ville e giardini storici;
- f. parchi pubblici;
- g. aree archeologiche;
- h. verde e alberature a completamento delle infrastrutture viarie;
- i. vegetazione dunale presente lungo la costa.

TITOLO II:

ORGANIZZAZIONE DEL VERDE URBANO

Art. 4 Responsabile del verde urbano

1. Il Responsabile del verde urbano è individuato nella figura del Dirigente del Servizio parchi, verde e gestione faunistica.
2. L'Amministrazione Comunale si avvarrà, per gli aspetti operativi relativi all'applicazione del Piano, dei propri organi tecnici e amministrativi facenti capo agli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica.

Art. 5 Gestione del verde urbano attrezzato

1. La gestione delle aree a verde urbano attrezzato è affidata all'Appaltatore aggiudicatario del contratto, nei termini e nelle condizioni previste dallo stesso.
2. Il Dirigente del Servizio parchi, verde e gestione faunistica, previa messa in mora dell'Appaltatore, può revocare, con proprio provvedimento, l'affidamento in gestione in caso di comprovata inadempienza, inosservanza, irregolarità rispetto a quanto stabilito dal contratto di appalto.

Art. 6 Coordinamento interistituzionale

Il Servizio parchi, verde e gestione faunistica adotta misure volte al rafforzamento della cooperazione metropolitana e regionale dalle quali scaturiscano azioni coordinate di promozione, cooperazione, partenariato, mobilità e accessibilità sostenibili.

TITOLO III

COINVOLGIMENTO DELLE COMUNITA' LOCALI:

SENSIBILIZZAZIONE E PROMOZIONE DELLA CULTURA DEL VERDE

Art. 7 Coinvolgimento delle comunità locali

1. I cittadini, facendosi portatori dei contenuti del Piano, sono chiamati a difendere il verde da qualsiasi azione che vada contro i principi di tutela ecologico-ambientale, biologico-paesaggistica, urbanistica ed estetica.
2. L'Amministrazione Comunale promuove tutte le forme di partecipazione della cittadinanza, direttamente o tramite la formazione di associazioni finalizzate alla tutela e valorizzazione del verde.

Art. 8 Sensibilizzazione e promozione della cultura del verde

1. Le aree verdi pubbliche e private di qualsiasi forma e dimensione sono sede privilegiata di iniziative volte alla sensibilizzazione ambientale e alla promozione della cultura del verde.
2. L'Amministrazione Comunale promuove iniziative volte alla sensibilizzazione ambientale, alla promozione della cultura del verde e alla diffusione delle conoscenze sulle molteplici funzioni da esso svolte.
3. L'Amministrazione Comunale avvia, anche con il supporto di università e centri di ricerca, programmi per la stima delle emissioni e dell'assorbimento di gas ad effetto serra.

TITOLO IV

SALVAGUARDIA E MANUTENZIONE DELLE AREE VERDI

Art. 9 Monitoraggio dello stato fitosanitario degli alberi e censimento delle specie arboree

Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito allo stato del proprio patrimonio arboreo è il censimento delle condizioni fitosanitarie di alberi e arbusti, di ogni spazio verde cittadino, a garanzia della sicurezza pubblica. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore.

Art. 10 Sostituzioni a seguito di abbattimenti

1. Salvo casi particolari in caso di abbattimento per ogni albero dovranno essere poste a dimora, in sostituzione, piante della stessa specie.

2. Gli alberi abbattuti dovranno essere sostituiti seguendo il criterio della compensazione ambientale, ripiantando cioè un numero di nuovi esemplari tale da parificare il valore ecologico-ambientale dei soggetti rimossi.
3. Qualora non sia possibile effettuare la compensazione all'interno dell'area interessata, quest'ultima potrà essere effettuata in luoghi adiacenti.
4. L'Amministrazione Comunale si riserva la possibilità di indicare il luogo d'impianto qualora sussistano ragioni di conservazione delle caratteristiche storiche, paesaggistiche, ecologiche e ambientali.

Art. 11 Lavori colturali di manutenzione ordinaria e straordinaria

1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito alla gestione delle aree verdi ad uso pubblico è il mantenimento del patrimonio arboreo ed arbustivo, delle aiuole, delle aree a prato e di ogni spazio verde cittadino nelle migliori condizioni, garantendone la pulizia e la sicurezza. Analogo obbligo vige a carico dell'Appaltatore.
2. Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sul verde pubblico, così come le potature e gli abbattimenti o le nuove piantagioni e semine, effettuati sul territorio gestito dall'Amministrazione Comunale, sono eseguiti nel rispetto dei principi fissati dal presente Piano, dal Regolamento Comunale per la tutela dall'Inquinamento acustico, dalle vigenti norme sulla sicurezza, dalla normativa ambientale e dalle norme di lotta obbligatoria in campo fitosanitario.
3. Gli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica effettuano la manutenzione ordinaria e straordinaria delle aree in custodia con personale proprio o mediante affidamento dei servizi e lavori.
4. Nel caso di mancati adempimenti di obblighi di manutenzione, come da convenzione o concessione in corso, il Servizio parchi, verde e gestione faunistica e i suoi uffici proporranno al Settore di competenza la revoca dell'affidamento al soggetto inadempiente.
5. Nel corso di qualunque servizio, intervento od opera pubblica che interessi aree verdi ed alberate, il Direttore dei Lavori, per conto dell'Amministrazione Comunale, garantisce in merito alla corretta esecuzione degli interventi e, nel caso di mancata osservanza del presente Piano, provvede ad inviare la segnalazione al Servizio parchi, verde e gestione faunistica.

Art. 12 Norme di tutela per le aree a conduzione agraria

1. In tutte le aree ove sussistono conduzioni agrarie, gli interventi dovranno rispettare il presente Piano, preferibilmente attraverso la stipula di specifiche convenzioni tra

l'Amministrazione Comunale ed i conduttori, singoli o associati, mirate a piani di gestione e manutenzione del territorio.

2. In particolare tali interventi dovranno:

- a. salvaguardare le siepi e le macchie arbustive, per la loro funzione ecologica anche ai fini della vita dell'avifauna, e garantirne la rigenerazione in caso di taglio motivato;
- b. favorire la ricostituzione di vegetazione autoctona lungo i percorsi delle vie d'acqua per migliorarne la funzionalità ecologica e l'habitat della fauna;
- c. salvaguardare, ove esistenti, le zone umide, i canneti, evitandone il tombamento e l'impermeabilizzazione.

3. In tutte le aree a conduzione agraria è comunque vietato il deposito dei rifiuti, anche temporaneo, con esclusione degli scarti derivanti dalle coltivazioni in esse praticate.

Art. 13 Potatura

1. La potatura deve essere limitata alla sola rimozione delle porzioni di chioma secche, o di quelle lesionate o alterate da attacchi parassitari e da danni meccanici o meteorici, che possono pregiudicare la salute della pianta e o la sua stabilità ovvero a quelle strettamente necessarie; essendo l'obiettivo fondamentale della potatura quello di mantenere piante sane, piacevoli alla vista e soprattutto con il massimo sviluppo della chioma compatibile con l'ambiente circostante in modo da fruire appieno degli effetti ambientali benefici della stessa.

2. Tuttavia, nelle aree urbane la potatura risulta necessaria ed assume carattere ordinario o straordinario per rimuovere quelle porzioni di chioma che rappresentano un ostacolo per la circolazione stradale, che sono eccessivamente ravvicinate a edifici e infrastrutture o che interferiscono con gli impianti elettrici e semaforici già esistenti e con la cartellonistica stradale, così come previsto dalle vigenti normative relative alla circolazione stradale, nonché con tutte le reti tecnologiche presenti in prossimità degli alberi, oltre che per riequilibrare e porre in sicurezza esemplari che hanno subito danneggiamenti all'apparato radicale e che presentano danni alla struttura epigea determinati da agenti patogeni.

Art. 14 Disciplina della gestione degli ammassi di foglie e infiorescenze

1. Compito del Servizio parchi, verde e gestione faunistica e dei suoi uffici competenti in merito alla gestione delle aree verdi ad uso pubblico il mantenimento del patrimonio arboreo ed arbustivo garantendone la pulizia e la sicurezza anche attraverso la gestione degli ammassi di foglie e infiorescenze.

Art. 15 Viali alberati

1. Nel caso della realizzazione di nuove strade dovrà essere prevista una qualificata dotazione di verde, essenzialmente mediante la costituzione di filari arborei.

Art. 16 Scelta delle specie

1. Nella scelta delle specie da impiantare nelle aree verdi debbono essere privilegiate:

- a. le specie autoctone;
- b. le piante rispetto agli arbusti

2. La dimensione degli alberi di nuovo impianto non potrà essere inferiore a cm 20 - 25 di circonferenza con altezza di metri 5,5 - 6 per le specie di prima grandezza, di metri 4 - 4,50 per quelle di seconda grandezza e di metri 3 - 3,50 per quelle di terza grandezza.

3. I principali elementi di cui tenere conto nella scelta delle specie per la realizzazione di nuovi impianti sono:

- a. l'adattabilità alle condizioni ed alle caratteristiche pedoclimatiche;
- b. la resistenza a parassiti di qualsiasi genere;
- c. la presenza di caratteri specifici indesiderati come frutti pesanti, velenosi, maleodoranti e fortemente imbrattanti, infiorescenze e fogliame caduco, spine, elevata capacità pollonifera, radici pollonifere o forte tendenza a sviluppare radici superficiali, assenza di frutti eduli che attirino stagionalmente gli uccelli, con conseguenti fastidiose deiezioni;
- d. scarsa attitudine alle infestazioni da afidi, agenti di ricadute vischiose e imbrattanti (melate);
- e. la presenza di limitazioni per il futuro sviluppo della pianta con particolare riferimento alla chioma ed alle radici, quali ad esempio la presenza di linee aeree o di impianti sotterranei, la vicinanza di edifici, elementi tecnici che compongono gli impianti di drenaggio e di irrigazione.

TITOLO VI:

DISCIPLINA DI DETTAGLIO DELLE CONDIZIONI DI ESERCIZIO DELLE ATTIVITÀ CONSENTITE E DIVIETI

Art. 17 Disciplina per l'installazione di attività commerciali nei parchi e aree verdi

1. Per quanto riguarda l'installazione di attività commerciali, quali chioschi e dehors, collocate all'interno di parchi, giardini e aree verdi essi devono essere autorizzati dagli uffici comunali competenti previo parere vincolante Servizio parchi, verde e gestione faunistica.

2. Essi non devono comportare in alcun modo danni o nocimenti ad aree verdi, siepi e alberature.

Art. 18 Disciplina delle biciclette e velocipedi

1. Nei parchi e giardini è consentito il libero accesso con biciclette ai soli bambini, come indicato con apposita cartellonistica, condotti a velocità moderata, su viali e percorsi pedonali con l'obbligo di dare precedenza ai pedoni.

2. Al di fuori della viabilità principale e di eventuali percorsi specificamente indicati per lo scopo con apposita cartellonistica, è vietato il transito per evitare danni alla vegetazione, al suolo ed agli arredi e pericoli per gli utenti.

Art. 19 Giochi e attività sportive

1. Il gioco è consentito purché non arrechi disturbo o pericolo per sé o per gli altri ovvero causi danni alla vegetazione, alle infrastrutture ed agli immobili inseriti all'interno delle aree verdi.

2. Il libero uso da parte dei bambini delle attrezzature e dei giochi è posto sotto la sorveglianza e responsabilità delle persone che ne hanno la custodia, nel rispetto delle prescrizioni stabilite da adeguata cartellonistica esistente.

3. Le attrezzature per il gioco possono essere utilizzate solo dai bambini di età non superiore a quella indicata sulle stesse. Le attrezzature devono essere usate in modo conforme alla funzione per cui sono state predisposte.

4. È dovere oltre che diritto del cittadino segnalare all'Amministrazione Comunale la presenza di attrezzature o giochi in cattivo stato di conservazione al fine di attivare la conseguente manutenzione e o sostituzione.

5. L'attività sportiva in forma organizzata e di gruppo è consentita nei parchi di maggiore estensione purché non arrechi pericolo per sé o per gli altri ovvero causi danni alla vegetazione, alle infrastrutture ed agli immobili inseriti all'interno delle aree verdi.

Art. 20 Aree destinate ai cani

1. Con apposita segnaletica sono indicate le aree in cui i cani possono essere lasciati liberi nonché le aree nelle quali è fatto loro divieto di accesso.

2. In tutte le aree i cani possono correre liberamente senza guinzaglio e museruola, purché in presenza e sotto la vigilanza dei loro custodi o possessori. I possessori o gli accompagnatori dei cani devono comunque essere muniti di guinzaglio e trattenere i cani ogni qualvolta se ne presenti la necessità o l'opportunità, a tutela dell'incolumità delle persone e degli animali.

3. In tutte le aree cani è obbligatorio raccogliere gli escrementi, secondo le modalità previste dal Regolamento per la gestione dei rifiuti urbani
4. Gli addetti alla vigilanza possono, qualora ravvisino pericolo per la pubblica incolumità, disporre l'immediato allontanamento ovvero ordinare ai proprietari l'uso congiunto della museruola e del guinzaglio.

Art. 21 Divieti

1. Le regole inerenti alla fruizione del verde pubblico, oltre che ad essere previste dal presente Piano sono espone nelle principali aree verdi pubbliche, mediante apposita cartellonistica.
2. Fatte salve le prescrizioni riportate nell'apposita cartellonistica collocata nell'area è vietato utilizzare le aree verdi pubbliche per scopi non conformi alla loro destinazione d'uso ed è vietato altresì compromettere in qualsiasi modo la vitalità del suolo, del soprasuolo e del sottosuolo.
3. Al fine di salvaguardare al meglio il patrimonio verde ed impedirne il degrado, a titolo indicativo e non esclusivo, nelle aree verdi pubbliche sono vietati:
 - a. il disturbo in qualsiasi modo della quiete delle persone che intendono beneficiare delle condizioni circostanti
 - b. il deposito o lo scarico di materiali di qualsiasi natura o consistenza se non specificatamente autorizzato;
 - c. utilizzare impropriamente o danneggiare le strutture e le attrezzature installate per scopi ludici, ricreativi o di servizio.
 - d. bagnarsi nelle fontane e nei laghetti
 - e. l'abbandono dei rifiuti al di fuori dei contenitori di raccolta;
 - f. l'impermeabilizzazione del suolo;
 - g. gli scavi non autorizzati;
 - h. l'eliminazione, la distruzione, il danneggiamento, il taglio e qualsiasi azione che possa in altro modo minacciare l'esistenza di alberi e arbusti o parte di essi;
 - i. danneggiare e imbrattare la segnaletica, i giochi o gli elementi di arredo; raccogliere e asportare fiori, bulbi, radici, semi, frutti, terriccio, muschio, erbacee annuali e perenni, e strato superficiale di terreno
 - j. raccogliere ed asportare fossili, minerali e reperti archeologici;
 - k. calpestare le aiuole fiorite o il manto erboso ove sia espressamente vietato con l'apposizione di apposita cartellonistica che indichi tale divieto;
 - l. catturare, molestare o ferire intenzionalmente animali, nonché sottrarre uova e nidi;

- m. scavalcare transenne, ripari, steccati posti a protezione di strutture, piantagioni, prati, aiuole fiorite;
- n. transitare e sostare nel parco con qualsiasi mezzo motorizzato, fatti salvi i mezzi autorizzati i quali, dovranno fruire dei luoghi a loro specificatamente destinati;
- o. occupare, anche solo temporaneamente, con attrezzature sportive, chioschi, tende da campeggio, sedie o panchine ed altro, senza la preventiva concessione;
- p. salire sugli alberi, scuoterli, inciderli o danneggiarli in qualsiasi modo, strappare o rovinare il manto erboso;
- q. affiggere sui tronchi degli alberi e degli arbusti materiale di qualsiasi genere ad esclusione delle targhe di riconoscimento botanico o numerico autorizzate;
- r. mettere a dimora piante senza l'assenso degli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica;
- s. introdurre nuovi animali selvatici, senza l'assenso degli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica;
- t. svolgere qualsiasi attività commerciale o di pubblico intrattenimento senza specifica autorizzazione dagli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica;
- u. manifestare senza specifica autorizzazione degli uffici del Servizio parchi, verde e gestione faunistica;
- v. sostare sotto alberi isolati o gruppi di piante in caso di bufere di vento, temporali a causa della possibilità di caduta di rami o di fulmini.

Art. 22 Vigilanza

1. La vigilanza sull'osservanza delle norme del presente Piano nonché delle ordinanze attuative e l'accertamento delle relative violazioni è affidato, in via generale, agli agenti del Corpo di Polizia Municipale, nonché, in via speciale e limitatamente alle materie di specifica competenza, ad altri funzionari comunali, Enti ed Aziende erogatori di pubblici servizi.

Carta degli indirizzi di Piano



Conclusioni

Questo lavoro di tesi sintetizza il percorso culturale, metodologico e applicativo su cui si è fondato progetto di ricerca del programma di Dottorato di Ricerca in Ingegneria civile e Architettura dell'Università degli Studi di Cagliari. Tale trattazione, orientata alla pianificazione del territorio come complesso sistema di beni e servizi, costituisce un contributo al dibattito sulla tutela dell'ambiente quale risorsa per la definizione di nuove tassonomie territoriali. Il metodo rigoroso e multidisciplinare, richiama continuamente, sia nella parte analitica che applicativa all'integrazione e all'interdipendenza dei diversi e differenti saperi coinvolti. Quest'idea regolativa di multidisciplinarietà trova conferma nel periodo di ricerca teorico-applicativo presso Environment and Sustainability Institute - University of Exeter nel Regno Unito.

Sulla base di quanto emerso nella ricerca, si può affermare che i SE consentono una lettura sistemica e innovativa del territorio e tale potenzialità, finora ipotizzata ma inespressa, può rappresentare un riferimento importante rispetto all'attuale prassi di governance delle città. La città rappresenta, infatti, "il tipo più complesso e più dinamico di sistema di relazioni umane che l'Uomo è riuscito a costruire nella sua storia, un sistema complesso e affascinante" (Zoppi, 1993). In particolare, la città come ecosistema complesso, dinamico e in continuo cambiamento, si configura, nel caso applicativo della Città di Cagliari, come banco di lavoro di tesi.

Lo studio della teoria e governance dei SE consente importanti considerazioni sul livello di trasferimento del concetto di SE dalla teoria alla pratica pianificatoria. In primo luogo, le analisi condotte sui principali strumenti di programmazione evidenziano una riflessione teorica ampiamente consolidata. D'altra parte, l'analisi condotta sugli strumenti di pianificazione evidenzia un riferimento indiretto ai SE attribuibile ai soli strumenti di salvaguardia e tutela dell'ambiente o del paesaggio. Va da sé, quindi, che il quadro che si viene delineando è quello di due sistemi isolati e incapaci di dialogare, in cui i principi della programmazione non trovano nessun riferimento nella pratica pianificatoria. Il superamento di questo nodo avviene, per quanto riguarda la Sardegna attraverso un approfondimento valutativo, del SE di sequestro e stoccaggio di carbonio, reso possibile da una discesa di scala. Questa impostazione top-down, in grado di identificare, con l'utilizzo di nuovi strati informativi, le specificità del SE presente nei microambiti territoriali e o urbani, recepisce e riconosce l'importanza di un approccio multidisciplinare. A questo punto, pur non essendo la base informativa sufficientemente verosimile, a causa della carenza di studi in ambito urbano, lo sforzo è quello di mettere in pratica quanto dichiarato nell'obiettivo della tesi, dapprima con una rassegna dei riferimenti storici al sistema del verde urbano della Città di Cagliari e successivamente attraverso una trattazione degli

indirizzi procedurali per l'inclusione del SE di sequestro e stoccaggio di carbonio nel processo di costruzione del PCdV della Città Cagliari.

Il quadro culturale, delineato qui sopra consente di definire l'ambiente, naturale o urbanizzato, come un sistema aperto, in equilibrio dinamico, caratterizzato da interrelazioni e reciprocità, e nel quale sono inclusi elementi abiotici ed elementi biotici. Quando l'ambiente entra nei processi di governo del territorio, alla pianificazione viene assegnato il compito di definire limiti comportamentali nell'uso delle risorse e azioni di prevenzione e di adattamento, prioritarie rispetto agli interventi di mitigazione, ai fini della tutela delle risorse naturali e degli effettivi benefici del loro buono stato sulla qualità della vita umana e animale. Un quadro fermo su capisaldi quali la tutela della qualità dell'aria e dell'acqua, la conservazione delle risorse e della biodiversità, il miglioramento prestazionale complessivo nell'uso dei suolo, la gestione delle aree boscate anche al fine di garantire effetti positivi sul bilancio delle emissioni di CO₂ in termini di riassorbimento, manutenzione incremento delle aree protette, delle riserve e dei parchi, l'incremento degli spazi vegetati nei tessuti urbani, il contenimento del consumo di suolo. Un quadro che porta, oggi, a strategie complesse e articolate di adattamento degli ambienti urbani alle caratteristiche specifiche del proprio contesto ambientale e che ci riporta all'ecologia, assunto il presupposto che ogni ambiente urbano è specifico e che occorre conoscerne le caratteristiche e individuarne i progetti correttivi adeguati. La riduzione delle risorse naturali non riproducibili e il miglioramento delle modalità con le quali vengono utilizzate è utile per proporre paradigmi diversi nelle relazioni fra il soddisfacimento dei bisogni individuali e il mantenimento di un livello accettabile dei valori collettivi. In definitiva, migliorare l'ambiente urbano diventa un progetto di riconfigurazione dei tessuti urbani metodologie proprie dell'ecologia e della pianificazione, comprendendo la conoscenza interdisciplinare, che permette, attraverso la ricerca di nuove tassonomie basate sul paradigma dei SE, di rappresentare i rapporti tra gli esseri viventi e l'ambiente fisico in cui vivono.

Per questo progetto di ricerca, a cavallo tra riflessione teorica e pratica, appare, inoltre, interessante capire il potenziale ruolo del SE di sequestro e stoccaggio di carbonio e dei SE in genere, nei processi di pianificazione sovracomunale e regionale.

In coerenza con i principi di cui all'art. 51 del D.Lgs. n. 112 del 31 marzo 1998, "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della L. n. 59 del 15 marzo 1997, " la Regione Sardegna acquisisce compiti amministrativi in tema di "territorio e urbanistica", "protezione della natura e dell'ambiente, tutela dell'ambiente dagli inquinamenti e gestione dei rifiuti", "risorse idriche e difesa del suolo". In questo senso, la Regione potrebbe promuovere

l'attivazione di procedure per mettere in atto, anche attraverso l'aggiornamento dei propri strumenti di governo e gestione del territorio, l'attivazione di processi di integrazione efficace dei SE nel processo di pianificazione e governance di livello sovracomunale e regionale.

Riferimenti bibliografici

- Abbate C. (2007), *Il verde urbano: note metodologiche*, in IV Rapporto APAT Qualità dell'ambiente urbano Focus La natura in città, pp. 11–13
- Andrade da Rocha N., Hansov IV, H.W.A., Kumble P., Hussein, J., Mourão Moura A.C. (2018), *The relationship between green areas and slope: Case study the city of Prague*, DISEGNARECON, 11 (20), pp. 14
- Arrhenius, S. (1896), *On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground*, Philosophical Magazine and Journal of Science, 41 (Series 5), pp. 237–276
- Assennato F., De Toni A., Di Leginio M., Fumanti F., Munafò M., Sallustio L., Strollo A., (2015), *Azione B1—I servizi ecosistemici del suolo—Review*. <http://www.sam4cp.eu/>
- Braat L.C., de Groot R., (2012), *The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy*, Ecosystem Services, 1, pp. 4–15
- Bera, A.K., Byron, R.P. (1983), *Linearised estimation of nonlinear single equation functions*, International Economic Review, 24, pp. 237–248
- Borri D., Concilio G., Conte E., (1998), *A fuzzy approach for modelling knowledge, environmental systems evaluation*, Computers, Environment and Urban Systems 22, pp. 299–313.
- Campbell, A., Miles. L., Lysenko, I., Hughes, A., Gibbs, H. (2008), *Carbon storage in protected areas: Technical report*, UNEP World Conservation Monitoring Centre
- Carpenter S.R., Chisholm S.W., Krebs C.J., Schindler D.W., Wright R.F., (1995), *Ecosystem experiments*, Science 269, pp. 324–327
- Cortinovis. C, Geneletti D., (2017), *Ecosystem services in urban plans: What is there, and what is still needed for better decisions*, Land Use Policy, 70, pp. 298–312
- Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R.S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., *et al.*, (1997), *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, Nature, 387, pp. 253–260
- Chaudhary S., McGregor A., Houston D., Chettri N., (2014), *The evolution of ecosystem services: A time series and discourse-centered analysis*, Environmental Science & Policy 54, pp.25–34
- Cheshire, P., Sheppard, S. (1995), *On the price of land and the value of amenities*, Economica, 62, pp. 247–267
- Churkina G. (2008), *Modeling the carbon cycle of urban systems*, Ecological Modelling, 216, pp.107–113
- Cowell, R., Lennon, M. (2014), *The utilisation of environmental knowledge in landuse planning: Drawing lessons for an ecosystem services approach*, Environment and Planning C: Government and Policy, 32(2), pp. 263–282.

- Daily, G., (1997), *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press: Washington, DC, USA
- Daily G.C., Matson P.A., (2008), *Ecosystem services: from theory to implementation*, PNAS, 105, pp. 9455–9456
- Davies Z.G., Edmondson J.L., Heinemeyer A., Leake J.R., Gaston K.J., (2011), *Mapping an urban ecosystem service: quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale*, Journal of Applied Ecology, 48, pp. 1125–1134
- Del Panta Antonello, (1983), *Un architetto e la sua città l'opera di Gaetano Cima nelle carte dell'Archivio comunale di Cagliari*, Edizioni Della Torre, Cagliari
- Diamantini C., Geneletti D., (2005), *Un quadro conoscitivo a supporto di decisioni territoriali: il sistema informativo della sensibilità ambientale in Terre d'Europa e fronti Mediterranei. Il ruolo della pianificazione tra conservazione e trasformazione per il miglioramento della qualità della vita*, Milano, Atti X Conferenza Nazionale della Società Italiana degli Urbanisti (SIU), p. 120–128
- Edmondson J.L., Davies Z.G., McCormack S.A., Gaston K.J., Leake J.R., (2014), *Land-cover effects on soil organic carbon stocks in a European city*, Science of the Total Environment, 472, pp. 444–452
- Ehrlich P.A., Ehrlich A., Holdren J., (1977), *Ecoscience: Population, Resources, Environment*, W.H. Freeman, San Francisco, United States
- European Environment Agency, (2013a), *Land take*, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/land-take-2/>
- European Environment Agency, (2013b), *CORINE Land Cover*, <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>
- European Commission (2012), *Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing*, Brussels
- European Environment Agency (2012), *Climate Change Impacts and Vulnerability in Europe 2012*, Luxembourg: Publications Office of the European Union
- European Union, (2013 a), *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020*
- European Union, (2013 b), *The Economic benefits of the Natura 2000 Network*
- Ficorilli, (2008), *Il Paesaggio nella Convenzione Europea e nel Codice dei Beni culturali e del Paesaggio: tra compatibilità e divergenze*, Riconquistare il paesaggio. La Convenzione Europea del Paesaggio, Riconquistare il paesaggio, MIUR, Italia ONG ONLUS, Ministero dell'Istruzione, dell'università e della Ricerca, Roma, pp. 84–92
- Frantzeskaki, N., Kabisch, N., McPhearson, T., (2016), *Advancing urban environmental governance: understanding theories, practices and processes shaping urban sustainability and resilience*, Environmental Science & Policy, 62, pp. 1–6

- Fischer, J., Brosi, B., Daily, G.C., Ehrlich, P.R., Goldman, R., Goldstein, J., et al., (2008) *Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming?* *Frontiers in Ecology and the Environment* n. 6, pp. 380–385
- Fisher, B., Turner, K. R., Morling, P. (2009), *Defining and classifying ecosystem services for decision making*, *Ecological Economics*, 68(3), 643–653
- Fuller R.A., Gaston K.J., (2009), *The scaling of green space coverage in European cities*, *Biology Letters*, 5(3), pp.352–355
- Gasparini P., Di Cosimo L., Pompei E. (a cura di) (2013), *Il contenuto di carbonio delle foreste italiane. Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Metodi e risultati dell'indagine integrativa*, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Trento
- Geneletti D., (2003), *Ecological Evaluation for Environmental Impact Assessment*, *Environmental Impact Assessment Review*, 23, p. 137–138.
- Geschke A, James S., Bennett A.F. , Nimmo D. G., (2018), *Compact cities or sprawling suburbs? Optimising the distribution of people in cities to maximise species diversity*, *Journal of Applied Ecology* Volume,55, pp. 2320–2331
- Gómez-Baggethun E., de Groot R., Lomas P.L., Montes C., (2010), *The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes*, *Ecological Economics*, 69, pp. 1209–1218
- Gómez-Baggethun, E., e Barton, D. N., (2013), *Classifying and valuing ecosystem services for urban planning*, *Ecological Economics*, 86, pp. 235–245
- Graci G., Pileri P., Sedazzari M., (2008), *GIS e ambiente. Guida all'uso di ArcGIS per l'analisi del territorio e la valutazione ambientale*, Dario Flaccovio Editore
- Grubler A., Bai X., Buettner T., Dhakal S., Fisk D., Ichinose T., Keirstead J., Sammer G., Satterthwaite D., Schulz N., Shah N., Steinberger J., Weisz H. (2012), *Urban energy systems*, in GEA Writing Team (Ed.), *Global energy assessment: Toward a sustainable future*, Cambridge University Press, Cambridge, UK , pp.1307–1400
- Haines-Yong R, Potschin M, (2013), *CICES V4.3 – Revised report prepared following consultation on CICES Version 4*, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003
- Hazeu G.W., Múcher C.A., Swetnam R., Gerard F., Luque S., Pino J, Halada L. (2009), *Historic land cover changes at Natura 2000 sites and their associated landscapes across Europe*, D. Maktav (ed.), *Remote Sensing for a Changing Europe - Proceedings of the 28th Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories*, Istanbul, Turkey, 2-5 June 2008, Derya Maktav, Istanbul, pp. 226–231
- ISPRA (2016), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici* - Edizione 2016. Rapporti 248/2016, pp. 87–89

- Jansson A., Nohrstedt P., (2001), *Carbon sinks and human freshwater dependence in Stockholm County*, *Ecological Economics*, 39, pp. 361–370
- Jo H.K. (2002), *Impacts of urban greenspace on offsetting carbon emissions for middle Korea*, *Journal of Environmental Management*, 64, pp.115–126
- Jobbagy E.G., Jackson R.B. (2000), *The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation*, *Ecological Applications*, 10, pp. 423–436
- Karathodorou, N., Graham, D.J., Noland, R.B. (2010), *Estimating the effect of urban density on fuel demand*. *Energy Economics* 32, pp.86-92
- Kovács E., Kelemen K., Kalóczkai A., Margóczy K., Pataki G., Gébert J., Málovics G., Balázs B., Roboz A., Krasznai Kovács E., Mihók B. (2015), *Understanding the links between ecosystem service trade-offs and conflicts in protected areas*, *Ecosystem Services*, 12, pp.117–127
- Kremer, P., Hamstead, Z.A., (2016), *The value of urban ecosystem services in New York City: a spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios*, *Environmental Science & Policy*, 62, pp.57–68
- Lakerveld R., (2012), *Applying Political Ecology to Ecosystem Services*, *Environment System Analysis*, Wageningen University, Wageningen
- Lal R., (2004), *Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security*, *Science*, 304, pp. 1623–1627
- Lal R. (2008), *Carbon sequestration*, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, pp. 815–830
- Las Casas G., Murgante B., (2004), *The use of fuzzy evaluation in a G.I.S. approach to the land suitability*, *Seventh Agile International Conference on Geographical Information Science*, Toppen F., Prastacos P.(eds.), Crete University Press
- Lebel L., Garden P., Banaticla M.R.N., Lasco D., Contreras A., Mitra A.P., Sharma C., Nguyen H.T., Ooi G.L., Sari A. (2007), *Integrating carbon management into the development strategies of urbanizing regions in Asia: implications of urban function, form and role*, *Journal of Industrial Ecology*, 11, 2, pp. 61–81
- Lee J.H., Ko Y., McPherson E.G. (2016), *The feasibility of remotely sensed data to estimate urban tree dimensions and biomass*, *Urban Forestry & Urban Greening*, 16, pp. 208–220
- Leone F., Zoppi C. (2016), *Conservation measures and loss of ecosystem services: A study concerning the Sardinian Natura 2000 Network*, *Sustainability*, 8, 15 pp
- Lin, B.B., Fuller R.A., (2013), *Sharing or sparing? How should we grow the world's cities?* *Journal of Applied Ecology* n 50 pp.1161–68
- Maciocco (2006) in Zoppi C., *Attori locali e pianificazione del territorio, Metodologie e pratiche nel quadro concettuale della Valutazione Ambientale Strategica*, Gangemi editore
- Magnaghi R., (2010), *Il progetto locale*, Bollati Boringhieri Editore s.r.l., Torino

- Marcotullio P. J., Sarzynski A., Albrecht J., Schulz N., Garcia J. (2013), *The geography of global urban greenhouse gas emissions: An exploratory analysis*, Climatic Change, 121, pp. 621–634
- Martínez-Fernández J.M., Ruiz-Benito P., Zavala M.A. (2015), *Recent land cover changes in Spain across biogeographical regions and protection levels: Implications for conservation policies*, Land Use Policy, 44, pp. 62–75
- McHale M.R., McPherson E.G., Burke I.C., (2007), *The potential of urban tree plantings to be cost effective in carbon credit markets*, Urban For Urban Green 6, pp. 49–60
- McHale M.R., Burke I.C., Lefsky M.A., Peper P.J., McPherson E.G. (2009), *Urban forest biomass estimates: is it important to use allometric relationships developed specifically for urban trees?*, Urban Ecosystems, 12, pp. 95–113
- Mette T., Hajnsek I., Papathanassiou K. (2003), *Height-biomass allometry in temperate forests: Performance accuracy of height-biomass allometry*, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 1942–1944
- Millennium Ecosystem Assessment (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*, Washington, DC: Island Press
- Millennium Ecosystem Assessment, (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2010), *Strategia Nazionale per la Biodiversità*
- Mirabile M. (2005), *La natura in città: il verde urbano e la biodiversità*, II Rapporto APAT 'Qualità dell'ambiente urbano edizione 2005, pp.507–533.
- Mirabile M., Bianco P.M., Silli V., Brini S., Chiesura A., Vitullo M., Ciccacese L., De Lauretis R., Gaudioso D., (2015), *InVEST User Guide*, Natural Capital Project
- Mooney H.A., Ehrlich P., (1997), *Ecosystem services: a fragmented history*, Daily, G.C. (Ed.), Nature Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems, Island Press
- Muñoz-Rojas M., Jordán A., Zavala L.M., González-Peñaloza F.A., De la Rosa D., Pino-Mejias R., Anaya-Romero, M. (2013), *Modelling soil organic carbon stocks in global change scenarios: A CarboSOIL application*, Biogeosciences, 10, pp. 8253–8268
- Nowak D.J., Crane D.E. (2002), *Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA*, Environmental Pollution, 116, pp. 381–389
- Phalan, B., Onial, M., Balmford, A., Green, R.E. (2011), *Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared*, Science, 333, pp. 1289–1291
- Pileri P. (2007), *Compensazione ecologica preventiva. Principi strumenti e casi*, Carocci editore
- Potschin, M., Haines-Young, R., Fish, R. (2011), *Embedding an Ecosystems Approach in Decision Making: Measuring the Added Value*, pp.1–53

- Posner, S. M., McKenzie, E., Ricketts, T. H. (2016), *Policy impacts of ecosystem services knowledge*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 113, pp. 1760–1765
- Raciti S.M., Hutyra L.R., Newell J.D. (2014), *Mapping carbon storage in urban trees with multi-source remote sensing data: Relationships between biomass, land use, and demographics in Boston neighbor-hoods*, Science of the Total Environment, 500-501, pp.72–83
- Rao P., Hutyra L.R., Raciti S.M., Finzi A.C. (2013), *Field and remotely sensed measures of soil and vegetation carbon and nitrogen across an urbanization gradient in the Boston metropolitan area*, Urban Ecosystems, 16, pp. 593–616
- Ruckelshaus, M., McKenzie, E., Tallis, H., Guerry, A. D., Daily, G. C., Kareiva, P., Bernhardt, J. (2015), *Notes from the field: Lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions*, Ecological Economics, 115, pp.11–21
- Sanesi G. (2002), *Stato dell'arte della regolamentazione del verde urbano in Italia*, in Genio Rurale, 7-8, pp. 3–9
- Santolini, (2008), *Paesaggio e sostenibilità: i servizi ecosistemici come nuova chiave di lettura della qualità del sistema d'area vasta*, in Riconquistare il paesaggio. La Convenzione Europea del Paesaggio in Riconquistare il paesaggio. MIUR, Italia ONG ONLUS, Ministero dell'Istruzione, dell'università e della Ricerca, Roma, pp. 232–244
- Santolini R., (2010), *Servizi ecosistemici e sostenibilità*, Ecoscienza, 3 pp. 20–23
- Saporiti G., Scudo G., Echave C., (2012), *Strumenti di valutazione della resilienza urbana. Assessment tools of urban resilience*, TEMA Journal of Land Use, Mobility and Environment, pp.117–130
- Scolozzi R., Morri E., Santolini R. (2012), *Territori sostenibili e resilienti: la prospettiva dei servizi ecosistemici*, Territorio, 60, pp.167–175, FrancoAngeli
- Sklenicka, P., Molnarova, K., Pixova, K.C., Salek, M.E. (2013), *Factors affecting farmlands in the Czech Republic*, Land Use Policy, 30, 130–136
- Soga, M., Yamaura Y., Koike, S., Gaston, K.J. (2014). Land sharing vs. land sparing: does the compact city reconcile urban development and biodiversity conservation? *Journal of Applied Ecology*, 51, 1378–1386
- Stewart, P.A. e Libby, L.W. (1998), *Determinants of farmland value: The case of DeKalb County, Illinois*, Review of Agricultural Economics, 20, 80–95
- Sun Y., Xie S., Zhao, S. (2019), *Valuing urban green spaces in mitigating climate change: A city-wide estimate of aboveground carbon stored in urban green spaces of China's Capital*, Global Change Biology, 00, pp. 1–16
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (2010), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, Pushpam Kumar, Earthscan, London and Washington
- Tucker C.J. (1979), *Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*, Remote Sensing of Environment, 8, pp.127–150

- United Nations (2018), *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division., Online Edition
- Westman W.E., (1977), *How much are nature's services worth*, *Science* 197, pp. 960-964
- Wolman, A.L., Couper, E. (2003). *Potential consequences of linear approximation in economics*, *Federal Reserve Bank Economic Quarterly*, 11, 17 pp.
- Woodruff, S.C., BenDor, T.K., (2016) *Ecosystem services in urban planning: comparative paradigms and guidelines for high quality plans*, *Landscape Urban Plan*, 152 pp.90–100
- Xiaoling, Z., Huan, L., (2018) *Urban resilience and urban sustainability: What we know and what do not know?*, *Cities*, 72, pp.141–148
- Yigini Y., Panagos, P. (2016), *Assessment of soil organic carbon stocks under future climate and land cover changes*, *Science of The Total Environment*, 557-558, pp. 838–850
- Unione Europea (2011), *The UE Biodiversity Strategy to 2020*, Luxembourg
- Zoppi (1993), *Aree protette marine e costiere. Questioni di pianificazione del territorio*, Gangemi editore
- Zoppi C., Lai S. (2010), *Assessment of the Regional Landscape Plan of Sardinia (Italy): A participatory-action-research case study type*, *Land Use Policy*, 27, pp. 690–705
- Zoppi C., Lai S. (2014), *Land-taking processes: An interpretive study concerning an Italian region*, *Land Use Policy*, 36, pp. 369–380
- Zoppi C., Lai S. (2015), *Determinants of land take at the regional scale: A study concerning Sardinia (Italy)*, *Environmental Impact Assessment Review*, 55, pp. 1–10
- Zoppi, C., Argiolas, M., Lai, S. (2015), *Factors influencing the value of houses: Estimates for the city of Cagliari, Italy*, *Land Use Policy*, 42, 367–380
- Zullo, F., Marucci, A., Fiorini, L., Ciabò, S., Romano, B. (2016), *New techniques for land surveying, monitoring and environmental diagnosis: a comparative analysis*. In: *Proceedings XIV International Forum World Heritage and Degradation*
- Zullo F., (2016), *I Sistemi Informativi Territoriali per la diagnosi ambientale e la pianificazione Territoriale*, Cogecstre edizioni

Elenco delle pubblicazioni

- Maddalena Floris, *I servizi ecosistemici per la definizione di un nuovo urban spatial framework: il caso di studio della Città di Cagliari*, accettato in attesa di pubblicazione in *Planum. The Journal of Urbanism*, n.39, vol.II/2019
- Maddalena Floris, Corrado Zoppi, *Land take and carbon capture and storage. An assessment related to Sardinia, Italy*, in attesa di pubblicazione in *Archivio di studi urbani e regionali*
- Maddalena Floris, Vittorio Gazale, Federica Isola, Francesca Leccis, Salvatore Pinna, Cheti Pira, *The contribution of Ecosystem Services in developing effective and sustainable management practices in Marine Protected Areas. The case study of "Isola dell'Asinara"*, *Sustainability* 12, 1108
- Maddalena Floris, Federica Isola, Cheti Pira, *Una metodologia sperimentale per la governance della fascia costiera*, in attesa di pubblicazione in *Planum Publisher*, atti XXII Conferenza Nazionale SIU L'urbanistica italiana di fronte all'Agenda 2030
- Maddalena Floris, Corrado Zoppi, (2019) *Carbon sequestration and land-taking processes. A study concerning Sardinia (Italy)*, *Planning, nature and ecosystem services/ editors Carmela Gargiulo, Corrado Zoppi - Napoli: FedOAPress. 2019 - (Smart City, Urban Planning for a Sustainable Future. 5)*, pp.66–79
- Maddalena Floris, Federica Isola, Cheti Pira, (2019) *An experimental methodology for the management of marine protected areas*, *Planning, nature and ecosystem services/ editors Carmela Gargiulo, Corrado Zoppi - Napoli: FedOAPress. 2019 - (Smart City, Urban Planning for a Sustainable Future. 5)*, pp.165–175
- Maddalena Floris, Federica Isola, (2019), *Pianificazione e governance delle aree naturali protette: lineamenti di una ricerca in corso*, *Atti del convegno Ricerca in vetrina 2018*, in *ricerca è democrazia. Il ruolo dell'attività scientifica nella costruzione di un futuro equo e sostenibile*, Franco Angeli, Milano, pp. 116–123
- Maddalena Floris, Federica Isola, (2019), *La pianificazione integrata delle aree protette: un progetto di governance*, *Planum Publisher, Roma-Milano*, atti XXI Conferenza Nazionale SIU Confini, movimenti, luoghi politiche e progetti per città e territori in transizione, pp. 396–407
- Maddalena Floris, Federica Isola, (2018), *Strumenti e strategie per la tutela integrata della fascia costiera*, *Seventh International Symposium: monitoring of Mediterranean Coastal Areas: Problems and Measurement Techniques: Livorno (Italy) June 19-20- 21, 2018/ edited by Fabrizio Benincasa. – Firenze: Firenze University Press, 2018*, pp. 382–390
- Maddalena Floris, Federica Isola, Cheti Pira (2018), *Aree marine protette: politiche, tutela e regolamentazioni*, *Urbanistica Informazioni Special Issue XI Giornata Studio INU Interruzioni, intersezioni, condivisioni, sovrapposizioni. Nuove prospettive per il territorio*, n. 0392-5005, Anno XXXXV Marzo - Aprile 2018, Edizioni INU
- Maddalena Floris (2017), *Il contributo potenziale dell'ecosistema urbano per la cattura e lo stoccaggio del biossido di carbonio*, *Atti XX Conferenza Nazionale Società Italiana degli Urbanisti Urbanistica è/è azione pubblica. La responsabilità della proposta, Workshop 6 Urbanistica e/è azione pubblica per il ri-ciclo e la valorizzazione energetica dell'ambiente e del paesaggio*, *Planum Publisher, Roma-Milano 2017*, pp. 1134–1139

Maddalena Floris, Daniela Ruggeri (2017), *Planning with Ecosystem Services in the Natura 2000. Network of the Metropolitan City of Cagliari*, Gervasi O. et al. (Eds.): ICCSA 2017, Part VI, Lecture Notes in Computer Science, vol. 10409, pp. 401–415

Maddalena Floris, Daniela Ruggeri (2017), *Green Infrastructure and regulating ecosystem services. A case study concerning the Metropolitan City of Cagliari and the Natura 2000 network*, Book of abstracts Orvieto, 4-7 aprile 2017, Green Infrastructure: Nature Based Solutions for Sustainable and Resilient Cities, pp. 222

Maddalena Floris, Daniela Ruggeri (2017), *Il ruolo dei servizi ecosistemici di regolazione in un contesto regionale*, Urbanistica Informazioni 272 Special Issue X Giornata Studio INU, Crisi e rinascita delle città, n. 0392-5005, Anno XXXIV, INU Edizioni, pp. 823–828

Maddalena Floris (2016), *La geomatica a supporto dell'integrazione dei servizi ecosistemici nelle scelte di piano. Il caso studio di Tertenia*, Atti #Asiata 2016, Cagliari, pp. 787–294

Elenco dei riconoscimenti

20 settembre 2019, Venezia Itali, UPhD Green 2019

Contributo selezionato ai fini della pubblicazione: *I servizi ecosistemici per la definizione di un nuovo urban spatial framework: il caso di studio della Città di Cagliari*

12-14 giugno 2017, Roma, Italia, XX Conferenza Nazionale SIU

Premio per miglior paper del workshop “urbanistica e/è azione pubblica per il ri-ciclo e la valorizzazione energetica dell'ambiente e del paesaggio”: *Il contributo potenziale dell'ecosistema urbano per la cattura e lo stoccaggio del biossido di carbonio*

3-6 giugno 2017, Trieste Italia, The17th International Conference on Computational Science and Applications (ICCSA 2017)

Premio miglior paper: *Planning with Ecosystem Services in the Natura 2000. Network of the Metropolitan City of Cagliari* (saggio preparato in collaborazione con Daniela Ruggeri)

Ringraziamenti

Desidero ringraziare le persone che, a vario titolo, sono state per me importanti, affinché potessi completare questo percorso di ricerca.

Innanzitutto, ringrazio il Professor Corrado Zoppi che, in questi anni, mi ha seguito con pazienza e competenza; il suo ruolo è stato determinante.

Grazie al Professor Kevin Gaston per avermi accolta con grande entusiasmo all'interno del suo gruppo di ricerca, presso l'Environment and Sustainability Institute dell'University of Exeter.

Ringrazio le mie colleghe/amiche, con le quali ho condiviso viaggi, conferenze e tanti caffè, per avermi supportata umanamente e scientificamente, soprattutto nei miei momenti di maggiore crisi d'identità.

Ringrazio tutte le persone, anche le ultime arrivate, che in questi tre anni mi hanno supportata e sopportata.

Infine, un ringraziamento speciale va ai miei genitori e mia sorella per avermi sostenuta da vicino e da lontano, ricordandomi di non perdere mai la determinazione.