

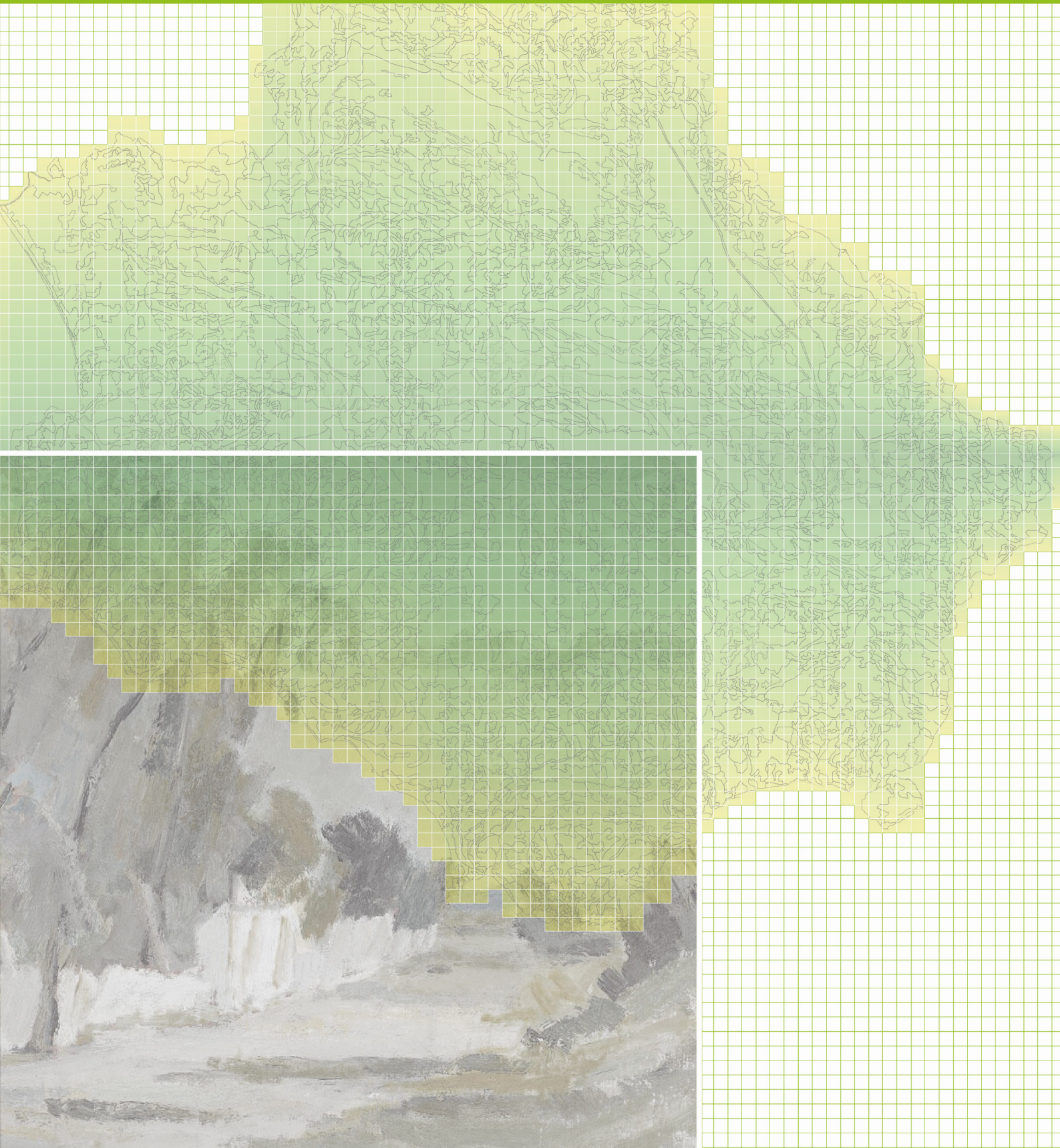
A Hybrid Evaluation framework for Multifunctional Landscapes (HEMuL)

Theoretical approaches and operative tools for sustainability science

Dottorando: Giuliano Poli

Tutor: prof. arch. Maria Cerreta, Università degli Studi di Napoli Federico II

Co-tutors: prof. arch. Pasquale De Toro, Università degli Studi di Napoli Federico II · prof. Cristian Ioja, Università di Bucharest



Università degli Studi di Napoli Federico II – Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Dipartimento di Architettura (DIARC)
Dottorato in Architettura XXX ciclo
Area tematica: Urbanistica e Valutazione
Coordinatore: prof. arch. Michelangelo Russo

Titolo della tesi: A Hybrid Evaluation framework for Multifunctional Landscapes (HEMuL). Theoretical approaches and operative tools for sustainability science.

Dottorando: Giuliano Poli

Tutor: prof. arch. Maria Cerreta, Università degli Studi di Napoli Federico II

Co-tutors: prof. arch. Pasquale De Toro, Università degli Studi di Napoli Federico II
prof. Cristian Ioja, Università di Bucharest

In copertina: Henri H. Catargi, *Summer Landscape* (1966)

Indice

Table of contents

Indice delle figure

List of figures

Indice delle tabelle

List of tables

Sommario

Abstract

1 Introduzione

1 Introduction

1.1 Il concetto di paesaggio nell'epoca dell'"Antropocene"

1.1 The landscape concept in the "Anthropocene" epoch

1.1.1 Definizioni di "Paesaggio" e "Paesaggio Multifunzionale"

1.1.1 Definitions of "Landscape" and "Multifunctional Landscape"

1.1.2 Normativa in materia di Paesaggio

1.1.2 Landscape regulation

1.1.3 Paesaggio e valutazioni

1.1.3 Landscape and evaluations

1.2 Questioni aperte

1.2 Open questions

1.3 Obiettivi di ricerca

1.3 Research goals

1.4 Articolazione della tesi

1.4 Overview of the thesis

2 Paesaggi Multifunzionali: Una prospettiva di ricerca

2 Multifunctional Landscapes: a research perspective

2.1 Un paradigma scientifico per la conoscenza dei Paesaggi Multifunzionali

2.1 A scientific paradigm for the Multifunctional Landscape knowledge

2.2 La multifunzionalità nei modelli di valutazione del paesaggio

2.2 The multifunctionality of the landscape evaluation models

2.3 Classificazioni dei "servizi ecosistemici" (ES) e dei "servizi di paesaggio" (LS)

2.3 Categorisation of "ecosystem services" (ES) and "landscape services" (LS)

2.4 Le categorie di valori

2.4 The categories of values

3 Approcci e metodi di valutazione per i processi decisionali

3 Approaches and methods of evaluation for the Decision-Making

3.1 Modelli di valutazione "del" paesaggio e "per" il paesaggio

3.1 Evaluation models "of" the landscape and "for" the landscape

3.2 Approcci integrati per le valutazioni dei Paesaggi Multifunzionali
3.2 Integrated approaches for the Multifunctional Landscape evaluations

3.3 I metodi multi-criteri
3.3 The multi-criteria methods

3.3.1 Il metodo della "Combinazione Lineare Pesata" (WLC)
3.3.1 The method of the "Weighted Linear Combination" (WLC)

3.3.2 Il metodo entropico di attribuzione dei pesi
3.3.2 The entropy-based weighting method

3.3.3 Il metodo del "Processo Analitico Gerarchico" (AHP)
3.3.3 The method of the "Analytic Hierarchy Process" (AHP)

3.3.4 Il metodo del "Processo Analitico a Rete" (ANP)
3.3.4 The method of the "Analytic Network Process" (ANP)

3.4 Recenti sviluppi degli approcci valutativi dei Landscape Services
3.4 Recent developments of the evaluation approaches of the Landscape Services

4 Strumenti di supporto alle valutazioni dei Paesaggi Multifunzionali **4 Support tools for the Multifunctional Landscapes evaluations**

4.1 Sistemi Spaziali di Supporto alla Decisione
4.1 Spatial Decision-Making Support Systems

4.2 Indicatori Spaziali dei Landscape Services
4.2 Spatial Indicators of the Landscape Services

4.3 Strumenti di analisi spaziale per la costruzione di indicatori spaziali
4.3 Spatial analysis tools for the design of spatial indicators

4.4 La scelta dell'unità minima di mappatura: un approccio Grid-Based
4.4 Choosing the minimum mapping unit: a Grid-Based approach

5 Casi di studio **5 Case studies**

5.1 Introduzione ai casi studio: tre metodologie a confronto
5.1 Case studies introduction: a comparison of three methodologies

5.2 Caso n°1 - "Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni": Paesaggio Smart
5.2 Case n°1 - "Cilento, Vallo di Diano e Alburni National Park": Smart Landscape

5.2.1 Area di indagine
5.2.1 Study area

5.2.2 Materiali e metodi
5.2.2 Materials and methods

5.2.3 Risultati
5.2.3 Outcomes

5.3 Caso n°2 - "Parco Regionale del Partenio": Paesaggio Produttivo
5.3 Case n°2 - "Partenio Regional Park": Productive Landscape

5.3.1 Area di indagine
5.3.1 Study area

5.3.2 Materiali e metodi
5.3.2 Materials and methods

5.3.3 Risultati
5.3.3 Outcomes

5.4 Caso n°3 - Le "Larger Urban Zones" della città di Napoli: Paesaggio Resiliente
5.4 Case n°3 - The "Larger Urban Zones" of the Naples city: Resilient Landscape

5.4.1 Area di indagine

5.4.1 Study area

5.4.2 Materiali e metodi

5.4.2 Materials and methods

5.4.3 Risultati

5.4.3 Outcomes

6 Proposta metodologica

6 Methodological proposal

6.1 Un approccio di Valutazione Ibrido per Paesaggi Multifunzionali (HEMuL)

6.1 A Hybrid Evaluation framework for Multifunctional Landscapes (HEMuL)

6.2 Potenzialità e criticità dell'approccio nei contesti istituzionali

6.2 Potential and critical aspects of the approach in the institutional contexts

7 Conclusioni e sviluppi futuri

7 Conclusions and further developments

8 Mappe degli indicatori spaziali dei Paesaggi Multifunzionali

8 Maps of the spatial indicators of the Multifunctional Landscapes

Bibliografia

Bibliography

Allegati

Annexes

Parti di questa tesi sono state pubblicate come articoli scientifici soggetti a peer-review. Il testo degli articoli pubblicati o dei manoscritti in corso di pubblicazione è stato integralmente adottato o in parte cambiato per ragioni di uniformità.

Parts of this thesis have been published as peer-reviewed scientific articles. The text of published articles or manuscripts to be submitted has been integrally adopted or partially changed for uniformity reasons.

Indice delle figure

List of figures

Figure 1 – The function of the SDSS within the European Landscape Convention statements.....	11
Figure 2 – The circular process of knowledge/evaluation for understanding of LS/ES.....	12
Figure 3 – The four steps of the Value-focused Thinking (Keeney, 1996).....	13
Figure 4 – The workflow of the thesis.....	18
Figure 5 – Relations between Multif. Lands. and Sustainability (revisited from Abson et al. 2014).....	22
Figure 6 – The Landscape multifunctionality in Soini (2001) and Tress & Tress (2001).....	24
Figure 7 – Shapes, functions and meaning of the Landscape in Terkenli (2001).....	25
Figure 8 – The ES classification and its relationships with Well-being dimensions according to MEA (2005).....	29
Figure 9 – Structure/Function/Value chains (revisited from Termoshuizen & Opdam 2009).....	34
Figure 10 – The methods for the multifunctional landscape evaluation, revisited from Englund et al. (2017).....	36
Figure 11 – Number of Articles on multi-criteria analysis by year and country of origin (Pereira et al. 2017).....	41
Figure 12 – Multi-Criteria Analysis and GIS in the Spatial Decision Making Support Systems.....	52
Figure 13 – The Multifunctional Landscape scales (revisited from EKLIPSE Expert Working Group 2017).....	58
Figure 14 – The focus area: The National Park of "Cilento, Vallo di Diano and Alburni" (CNP).....	64
Figure 15 – Population growth rate related to the years 2001-2011.....	65
Figure 16 – The methodological framework for the multifunctional landscape evaluation for the CNP.....	68
Figure 17 – Provisioning Services Index of the CNP.....	73
Figure 18 – Regulating Services Index of the CNP.....	74
Figure 19 – Cultural Services Index of the CNP.....	75
Figure 20 – The focus area: "Partenio Regional Park" (PRP) and 27 municipalities.....	77
Figure 21 – Population growth rate related to the 27 municipalities in the years 2001-2011.....	78
Figure 22 – The methodological framework of the SDSS for the PRP.....	81
Figure 23 – Data selection and categorisation according to four categories of Landscape functions.....	82
Figure 24 – The Analytic Network Process (ANP) method: procedures and results.....	83
Figure 25 – The multifunctionality map for the PRP.....	86
Figure 26 – The focus area: The LUZ of Naples city and 21 satellite municipalities.....	88
Figure 27 – The methodological framework of the MC-SDSS for the LUZ of Naples.....	91
Figure 28 – Carrier Services Index.....	95
Figure 29 – Information Services Index.....	96
Figure 30 – Regulation Services Index.....	96
Figure 31 – Overall map of composite indicators of LS and geographical levels of GI.....	97
Figure 32 – The Hybrid Evaluation Framework for Multi-functional Landscapes (HEMuL).....	109
Figure 33 – Provisioning Services Index revisited from Burkhard et al., 2012.....	120
Figure 34 – Percentage of farmland.....	121
Figure 35 – Density index of the local products firms in 1 km.....	122

Figure 36 – Ecological Integrity Index revisited from Burkhard et al. 2012	123
Figure 37 – Regulation Services Index revisited from Burkhard et al. 2012.....	124
Figure 38 – Surface of natural reservoir	125
Figure 39 – Surface of Important Bird Areas (IBA)	126
Figure 40 – Density index of accessibility to panoramic points in 1 km	127
Figure 41 – Density index of accessibility to scenic road in 1 km	128
Figure 42 – Density index of accessibility to naturalistic pathways in 1 km	129
Figure 43 – Density index of accessibility to geo-sites in 5 km	130
Figure 44 – Density index of accessibility to historical built assets in 5 Km	131
Figure 45 – Percentage of archaeological sites.....	132
Figure 46 – Cultural Services Index	133
Figure 47 – Density of accommodations in 5Km.....	135
Figure 48 – Density of food services in 5Km.....	136
Figure 49 – Uninhabited housing Index	137
Figure 50 – Housing density	138
Figure 51 – Index of accessibility.....	139
Figure 52 – Ecological integrity index	140
Figure 53 – Environmental protection index	141
Figure 54 – Density of cultural sites in 5 Km.....	142
Figure 55 – Index of cultural events	143
Figure 56 – Density of most photographed places.....	144
Figure 57 – Mean value of agricultural soils.....	145
Figure 58 – Surface of environmental protection areas.....	147
Figure 59 – Surface of water bodies	148
Figure 60 – Surface of forests.....	149
Figure 61 – Surfaces of land without use.....	150
Figure 62 – Drinking water points	151
Figure 63 – Length of waterways.....	152
Figure 64 – Length of Railways	153
Figure 65 – Length of Roads	154
Figure 66 – Surface of Airport.....	155
Figure 67 – Surface of Port areas	156
Figure 68 – Bus-metro stops	157
Figure 69 – Surface of mineral extraction sites.....	158
Figure 70 – Surface of Habitation density.....	159
Figure 71 – Surface of solid waste disposals	160
Figure 72 – Number of touristic accommodation.....	161
Figure 73 – Number of cultural sites	162
Figure 74 – Number of places of worship.....	163
Figure 75 – Surface of sport and leisure	164
Figure 76 – Surface of green urban areas.....	165
Figure 77 – Number of attraction places.....	166
Figure 78 – Attractive landscape features.....	167

Indice delle tabelle

List of tables

Table 1 – The spatial indicators of the landscape services (LS) and the entropy-based weights	66
Table 2 – The statistical parameters of the raw data and the standardised values.....	71
Table 3 – The relationships among classes of services and well-being dimensions at landscape scale.	72
Table 4 – The spatial indicators of Landscape Services for the PRP	79
Table 5 – The categorisation of the spatial indicators of LS for the LUZ of Naples.....	89
Table 6 – The capacity matrix of the LULC classes in relation to their LS/ES	93
Table 7 – The comparison among the three case studies’ methods.	100

Sommario

Abstract

Since the time of the Industrial Revolution, substantial environmental pressures have affected the landscape, with many of these pressures resulting from human activities and the deep transformations of the Social-Ecological System (SES). These factors characterise the contemporary epoch and have led some authors to define the period as the "Anthropocene Age": a new human-dominated geological epoch (Waters et al. 2014; Lewis & Maslin 2015).

The Anthropocene Model considers the landscape as a complex system and identifies five transforming phases (Steffen et al. 2011; Vince 2011; Wu 2013). Firstly, technological innovations, anthropological discoveries and strengthened power systems activate the processes of change of the SES by generating gradual but ongoing modifications in the landscape structure. These phenomena characterise the trigger phase of the Anthropocene (i.e., Industrialization). Moreover, the second macro-shift (The Great Acceleration) involves the transformation phase, which is affected by an increasing complexity and great pressures on the social and natural environment. Finally, the Chaos phase involves critical changes in social values, ethics and culture, thus leading to a bifurcation point by which the landscape system follows two likely scenarios: the breakdown or the breakthrough. While the breakdown generates conflicts or an irreversible loss of resources/values, the breakthrough fosters relationships between the human being and the ecosystem of the urban, rural, semi-natural and natural landscapes, according to a total sustainability perspective (Laszlo 2008; Naveh 2009).

Consequently, it is clear that an understanding of the drivers affecting the meaningful changes to the landscape SES is one of the critical challenges which must be managed when tackling sustainability issues (Ostrom 2009).

The Landscape Sustainability Science (LSS) is an interesting attempt to outline a pathway whereby the various and sometimes conflicting thinking about the landscape sustainability can converge and cooperate. The LSS aims at depicting a time history about the sustainability concept and models by offering a new trans-disciplinary and multidimensional framework including the Landscape Ecology (Forman & Godron 1986).

When faced with landscapes as complex systems changing and evolving dynamically, the problem solving process has to be as much as possible broad and exploratory (Gallopín et al. 2001). According to Antrop (2006), the target of the sustainability refers to types, values and practices which affect divergent landscapes, e.g. natural or cultural, traditional or

contemporary, spectacular or ordinary landscapes (Antrop 2006). A holistic approach, that consider multifunctional landscapes in the Total Human Ecosystem perspective (Naveh 2001), both material-physical and immaterial-symbolic realities (Antrop 2006), and culture-nature interactions (Naveh 1995), is the ground of the landscape definition stated by the European Countries with the European Landscape Convention (Council of Europe 2000).

For this reason, an integrative and cross-scale approach to the landscape sustainability science has to be investigated in order to address the multidimensional issues toward a more specific framework and by operationalizing the ELC recommendations.

As one of the most recent theory, the LSS provides the advantage of integrating the concept of sustainability, resilience and well-being into a wider framework in order to enhance a place-based and trans-disciplinary research about the landscape, at broader and finer scale together, through spatially explicit methods (Wu 2013). Conversely, the downside of this holistic theory likely concerns the extreme complexity of a practical application inside the decision-making processes due to the different languages of the disciplines involved and, mostly, the multi-sectorial issues which exponentially increase the number of variables to be considered. Concurrently, landscape sustainability is a very general concept that is not easily implemented in practice. In order to avoid these drawbacks, a more defined area of interest about the landscape research has to be highlighted and the efforts aiming at producing of a shared language have to be investigated.

In conclusion, the gradual integration of the Landscape Ecology into a new scientific paradigm, based on ecosystem goods/services and characterized by an anthropocentric focus, is a way of meeting among disciplines facing the sustainability debate (Potschin & Haines-Young 2006).

The Multifunctional Landscape concept encompasses the total range of landscape elements and the services they provide to the human well-being (Hobbs et al. 2014). The sustainability concept joins with the capacity of landscape to provide goods and services for the future generations by evaluating the quality of those services in monetary and non-monetary terms (Potschin & Haines-Young 2006).

Considering the Landscape and Ecosystem Services through their functions and goods is a useful approach to identify and quantify the benefits for the human being, and the full cost of their loss, in order to engage the stakeholders and local communities in a constructive dialogue (De Groot 2006).

Termorshuizen and Opdam (2009) recommended the Landscape Services (LS) concept as a ground for a trans-disciplinary research that is able to link together Landscape Ecology and Sustainability. According to the authors, the LS can be seen as a specification of the Ecosystem Services (ES) concept and the landscape multifunctionality can be understood by investigating the spatial configuration of benefits and services for the humans at the landscape scale.

Moreover, the LS, as a multidimensional approach of the Ecological Economics including ES, allow the evaluation of the structure/function/value chains of the landscape (Termorshuizen & Opdam 2009; Wu 2013).

Therefore, a holistic approach is recommended since complex and variable patches, which deliver multiple combinations of services and show various opportunities of management and planning, increasingly shape the contemporary landscapes (Hobbs et al., 2014).

According to Vallès-Planells et al. (2014), moreover, the concept of LS involves the social dimension of the landscape and the spatial pattern resulting from both natural and human processes in the provision of benefits for human well-being (Vallès-Planells et al. 2014). Thus, the knowledge of the landscape dynamics has to intercept the values linked to the planning of new landscape pattern and functional changes.

Within this theoretical framework, the research proposal intends to investigate the different LS evaluation approaches with a peculiar focus on the integrated evaluation methods. The main interest of the thesis concerns the exploration of an adaptive evaluation framework for the Multifunctional Landscape through spatial multi-criteria/multi-group approaches at broader scale and deliberative approaches at finer scale (Kenter et al. 2014; Kenter et al. 2016). Since the landscape should be investigated at different levels and scales, each scale needs specific tools and approaches in order to understand the relevant topics. Therefore, the main objective is twofold:

- Developing a methodological framework for an integrated and cross-scale evaluation of the Multifunctional Landscape by testing the effectiveness of different methods for the various landscape typologies, e.g. natural, peri-urban and urban landscapes;
- Testing the operative tools for the identification, the measurement and the evaluation of the LS through the subjective and objective indicators, the Hybrid Multi-criteria techniques and the spatial analysis tools.

The workflow is incremental: each of the exploration scales and landscape typologies establish complex and multidimensional issues. Nevertheless, two wide questions define the drivers of the research:

- Why the landscape has to be evaluated?
- How the landscape can be evaluated?

About the reason for setting an evaluation process of the LS, the research proposal try to generate a theory-driven model (Steinitz 1990) whereby the critical issues of the LSS can be addressed in an operative way. Through a literature review about the concept of Multifunctional Landscape and GIS-MCDA for the spatial Decision Making, a methodology for the evaluation of the landscape multifunctionality will be proposed.

The second question focus on the spatial methods and tools for the evaluation of the landscape and its services. The GIScience, as theoretical foundations of Geographic

Information System (GIS) and Information Technologies (IT), allows a deeply understanding of the spatial configurations and dynamics of the landscape through the GIS capability of data storage, manipulation, analysis and appraisal in problem solving environment (Sugumaran & Degroote 2010). However, the GIScience opens some critical questions related to spatial relationships, scaling and data availability. Some of these questions, e.g. spatial autocorrelation, Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) and data availability, will be shortly addressed in the thesis within the landscape-modelling phase. Every results of the spatial analysis, indeed, is strongly connected with the spatial pattern, process and scale of investigation; as far as possible much attention will be aimed at the choice of the evaluation units by considering as basic parameter the landscape pattern, the meaning of information according to its distribution/size and the data resolution. Moreover, the deliberative approaches aiming at the identification of the landscape values have to be explored at a finer scale. These current directions of the landscape evaluations aim at eliciting values through storytelling, surveys, psychometric approaches and subjective indicators and they open new investigation field within the trans-disciplinary research (Kenter et al. 2016). Three main steps define the workflow:

Theory. In this step, the theoretical approaches about the concept of landscape sustainability and the GIScience will be investigated in order to review a specific literature for the Integrated Assessment of the Landscape (IAL). Specifically, the theory about the SDSS as operative tools and the concept of Well-being linked to the landscape sustainability will be explored. Moreover, the problem of the LS/ES classification will be addressed by comparing the main European frameworks of the MEA, CICES and UK-NEA with the specific literature focused on the LS.

Operationalization. A descriptive model for the LS evaluation will be designed and tested on three case studies which represent different types of Landscapes (Urban, Peri-Urban and Natural) at broader scale. A landscape representation/evaluation model will be performed by choosing a uniform grid-square-sampling method and by setting a homogeneous statistical surface with a Minimum Mapping Unit (MMU) specific for each study case. The Landscape Services Indicators (LSI) are the parameters representing the complex issues of the analysed landscapes. Multi-Criteria methods will be implemented in order to aggregate the LS indicators into a Spatial Decision Support System (SDSS).

Output. Different Multi-Criteria techniques and aggregation rules for LSI will be used in order to produce maps for the classification and the quantification of the LS. The landscape complexity maps will show the spatial distribution of benefits and services according to the preference directions of the indicators representing them.

The comparison of three case studies aids the knowledge of the different decisional contexts and the identification of the spatial indicators before their classification in specific categories of services. Each case is addressed by following several methodological steps and

by using different spatial evaluation methods. The main questions elicited from the comparison concern: how do we represent the multidimensional topics of the complex landscapes through geographical models and how do we choose the advisable spatial evaluation method for the different decisional contexts?

These are only the fundamentals, but each exploration open more specific questions that will be addressed ongoing.

The three case studies are localized in Italy, and have a focus area that aggregate municipalities with economic, social and environmental similarities. Different weighting approaches for Multi-Criteria Analysis were tested at a broader scale. Following the cases and their evaluation methods:

Case 1 • The evaluation of the LS of the "Cilento National Park" for the activation of a Living Lab, through an entropy-based weighting method and WLC;

Case 2 • The evaluation of the LS aiming at the tourism development strategy for 27 municipalities across the "Partenio Regional Park" (Avellino, Italy), through ANP and WLC with a focus group of experts;

Case 3 • The evaluation of the LS within the "Larger Urban Zones" (LUZ) of the metropolitan city of Naples, through spatial AHP with distance-based rules and expert-lead weighting.

The achieved results concern the selection of LS indicators for the three case studies. Furthermore, several mathematical and statistical approaches were implemented in order to produce spatial indicators and landscape metrics. Moreover, the services categorisation allows understanding the spatial distribution of the benefits in order to set tailored strategies by considering the spatial-temporal dynamics, the landscape features and the ecosystems quality.

The main contribution of this research will aims at finding an adaptive methodology for the LS evaluation whereby practitioners and researchers can tackle multidimensional issues through a place-based approach. In summary, two kinds of results were reached:

Methodological results aiming at generating a framework to support the evaluation of the LS, by comparing the various methodologies using hybrid multi-criteria and deliberative approaches. Two general questions aids the process: Why is useful including the LS in the planning and landscape management? Which are the implications regarding the institutional assessment tools (e.g. SEA and VIA)? Is it feasible an integration of the LS approach in these assessment tools?

Operative results aiming at selecting spatial indicators and landscape metrics, performing some combinatorial rules and hybrid multi-criteria methods, mapping the spatial distribution of the services of the examined landscapes, testing the methodology at a cross-level of analysis.

1 Introduzione

1 Introduction

1.1 Il concetto di paesaggio nell'epoca dell'Antropocene

1.1 The landscape concept in the Anthropocene epoch

Il Millennium Ecosystem Assessment (MEA) stima che: «più di tre miliardi di persone e la quadruplicazione dell'economia mondiale entro il 2050 comporteranno un aumento esponenziale della domanda e del consumo di risorse biologiche e fisiche, nonché un incremento degli impatti sugli ecosistemi e sui servizi che essi forniscono» (traduzione dell'autore) (MEA 2005). Per questo motivo, implementare la conoscenza e la valutazione dello stato di conservazione dei servizi ecosistemici (ES) e di paesaggio (LS) da parte delle comunità locali e dei *Decision-Makers* (DM) diventa una questione fondamentale da affrontare se si vuole garantire un uso più sostenibile di tali risorse ed incrementare la resilienza del sistema socio-ecologico del paesaggio (Ostrom 2009).

I significativi impatti ambientali generati dalle attività umane sul paesaggio fin dall'avvento della rivoluzione industriale, e le conseguenti profonde trasformazioni del sistema socio-ecologico, caratterizzano l'attuale epoca storica, definita da alcuni studiosi come Antropocene (Steffen et al. 2011; Vince 2011; Wu 2013; Waters et al. 2014). Il modello antropocenico individua cinque macro-trasformazioni cui un sistema in perturbazione può essere soggetto; le fasi che le caratterizzano sono: l'inesco, la trasformazione, il caos, la rottura e la ripresa. La fase di innesco è determinata dai processi messi in atto dalle innovazioni tecnologiche, dalle scoperte antropologiche o dai sistemi di potere che si consolidano, generando cambiamenti progressivi nella struttura sociale e fisica del paesaggio. La seconda fase, invece, implica i cambiamenti, positivi o negativi, che accrescono il grado di complessità del sistema e aumentano le pressioni sulla società e sull'ambiente. Come in tutti i sistemi in trasformazione, ad una fase di caos caratterizzata da mutamenti nella scala di valori, nell'etica e nella cultura di una società segue un punto di biforcazione in cui il sistema evolve fondamentalmente in due scenari possibili: la rottura, che genera conflitti e perdita irreversibile di risorse e valori, o la ripresa, che integra l'uomo nell'ecosistema dei paesaggi urbani, rurali, semi-naturali e naturali secondo una visione di sostenibilità totale (Laszlo 2008; Naveh 2009). Il modello dell'Antropocene consente inoltre di comprendere la crescita/decrecita di sistemi socio-ecologici nidificati, nei quali le interazioni fra uomo e ambiente non sono intese esclusivamente

come bi-direzionali, ma vengono indagate soprattutto per le implicazioni che possono determinare su vaste scale spazio-temporali (Biermann et al. 2016).

Prima di descrivere i driver e le questioni aperte in letteratura che motivano questo lavoro di ricerca, è utile: introdurre il concetto di paesaggio nelle sue accezioni più significative per definire il campo di indagine; descrivere un quadro normativo sintetico di riferimento in materia di paesaggio; indagare sul ruolo delle valutazioni nei processi di *decision-making* orientati alla trasformazione del paesaggio.

1.1.1 Definizioni di "Paesaggio" e "Paesaggio Multifunzionale"

1.1.1 Definitions of "Landscape" and "Multifunctional Landscape"

Il tema del paesaggio è stato sviluppato nelle sue possibili declinazioni in molteplici ambiti disciplinari della ricerca scientifica, tanto che si dispone di numerose definizioni e approcci metodologici, e di diversi strumenti di osservazione e di valutazione, nonché di punti di vista in conflitto e divergenti (Wu & Hobbs 2002; Jones et al. 2008).

Alle fasi di esplorazione e di sperimentazione, diventa quindi propedeutica una fase conoscitiva in grado di riconoscere al termine paesaggio un valore semantico che sia coerente con gli obiettivi di questa ricerca.

La difficoltà di integrare in un'unica prospettiva teorico-metodologica gli indirizzi settoriali delle varie discipline che analizzano il paesaggio nelle sue componenti multidimensionali è ampiamente riconosciuta in letteratura e rappresenta un campo di indagine attualmente aperto (Wu & Hobbs 2002; Stephenson 2008; Luesink 2013; Wu 2013)

I tentativi storici di ricostruire il concetto di paesaggio possono essere sintetizzati nella più ampia definizione di paesaggio come «a portion of land which the eye can comprehend at a glance», che lega la percezione del paesaggio, quale ambiente umanizzato, agli aspetti cognitivi, visuali e sensoriali di chi lo percepisce (Terkenli 2001). Tale definizione può essere considerata alla base dell'interpretazione olistica della *landscape ecology*, che scompone il paesaggio in un pattern di elementi spaziali, i quali nel loro insieme compongono un mosaico, le cui tessere variano dinamicamente nel tempo ad opera delle trasformazioni antropiche e naturali, andando a definire un gradiente di caratteri, specifici e riconoscibili, che denotano l'identità dei luoghi (Forman & Godron 1986; Van Eetvelde & Antrop 2009; Ferrari & Pezzi 2013). L'indirizzo suggerito dalla *landscape ecology* è alla base della visione espressa nella Convenzione Europea del Paesaggio (Council of Europe 2000), che ha contribuito a cambiare radicalmente il modo di intendere il paesaggio, esprimendo una serie di concetti che rientrano in una visione sistemica, in cui «il tutto è più della somma delle singole parti», e distaccandosi, in tal senso, dal pensiero riduzionistico che tende a sopravvalutare l'importanza delle parti a discapito dell'unità di un sistema (Capra 1996).

Riferendosi ad un'accezione olistica, il paesaggio diventa quindi un sistema dinamico complesso, caratterizzato, secondo Bartel (2000), da: struttura, intesa come espressione di un "pattern", o come composizione e configurazione; "funzione", in relazione ai processi di informazione e di regolazione; "cambiamento", generato da flussi di materia e di energia, e dalle specie che portano trasformazioni fisiche, morfologiche e sociali in un sistema. A tal proposito, il concetto di paesaggio come sistema, sottolinea la necessità di prendere in considerazione fattori molteplici, quali: le risorse disponibili, i sistemi socio-politici, le capacità tecnologiche, le forze economiche, le tradizioni locali, gli eventi storici, le religioni ecc. (Bartel 2000).

Un contributo indirizzato alla ricerca di un linguaggio semiotico condiviso è inoltre fornito dal paradigma del paesaggio cognitivo, inteso come la risultante di tutte le possibili configurazioni spaziali generate dalle funzioni vitali degli organismi viventi. Attraverso tre configurazioni principali, costituite dal paesaggio neutro (Neutral-based landscape, NbL), dal paesaggio individuale (Individually-based landscape, IbL) e dal paesaggio osservato (Observer-based Landscape, ObL), si giunge al concetto di ECO-field in cui tutti gli organismi viventi, incluso l'uomo, sono posti al centro di un sistema complesso di interconnessioni (Farina & Belgrano 2004), e in cui ogni azione si ripercuote sul sistema generando nuove connessioni, biforcazioni o punti di rottura (Capra 1984).

Vari autori hanno cercato di posizionarsi in base alle diverse tipologie di approccio finalizzate alla definizione e alla valutazione del concetto di paesaggio (Porteous 1982; Zube et al. 1982; Daniel & Vining 1983; Dakin 2003) e, come evidenziato da Zube (1986) e Dakin (2003), ogni modello teorico ha contribuito a sviluppare approcci diversi in un continuum in cui il concetto di paesaggio e l'importanza attribuita al punto di vista degli individui sono riconducibili a tre principali categorie: approcci esperti, approcci sperimentali e approcci esperienziali. Mentre gli approcci esperti considerano essenzialmente il giudizio di un esperto e gli attributi visivi del paesaggio, gli approcci sperimentali si basano sulla valutazione da parte del pubblico delle componenti fisiche e cognitive del paesaggio (Daniel & Vining 1983; Dakin 2003). Queste due categorie di approcci hanno in comune una valutazione della qualità del paesaggio basata essenzialmente sulle informazioni di tipo visivo. In modo diverso, gli approcci esperienziali, pur non escludendo gli attributi visivi, si basano sulle emozioni e sulle aspettative degli individui rispetto al paesaggio (Bruns & Green 2001; Dakin 2003).

In sintesi, il termine *paesaggio* cui si fa riferimento in questa tesi concerne la definizione introdotta dalla Convenzione Europea del Paesaggio, secondo cui viene definito 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» (Council of Europe 2000).

Lo studio del paesaggio come sistema dinamico complesso (Bartel 2000) comporta la considerazione di quelle caratteristiche multifunzionali che in letteratura vengono espresse nel concetto di Multifunctional Landscape e che, a loro volta, si esplicitano nell'individuazione dei

tipi di servizi (ecosistemici, culturali, sociali, ecc.) che il paesaggio è in grado di fornire all'uomo (De Groot 1992; Turner & Pearce 1992; Costanza et al. 1997).

In sintesi, il concetto di paesaggio multifunzionale include la dimensione sociale e il pattern spaziale risultante dai processi naturali e antropici che si esplicitano nella fornitura di quei benefici che determinano una condizione di benessere per l'uomo (Vallés-Planells et al. 2014). Per questo motivo, la comprensione delle dinamiche del paesaggio deve necessariamente intercettare i valori alla base dei processi di formazione e di pianificazione dei nuovi pattern e dei cambiamenti funzionali.

L'inclusione dei Landscape Services (LS) e degli Ecosystem Services (ES) nei processi decisionali rende possibile, in tal senso, la comprensione delle dinamiche alla base della riduzione del capitale naturale, attraverso la considerazione dei benefici pubblici e privati che gli ecosistemi forniscono all'essere umano (Costanza et al. 1997; Daily et al. 2009).

In conclusione, quando ci si confronta con la complessità sistemica dei paesaggi in trasformazione, i processi decisionali devono essere quanto più è possibile ampi, inclusivi ed esplorativi (Gallopín et al. 2001). Secondo Antrop, infatti, gli obiettivi della sostenibilità devono riferirsi a tipologie, valori e pratiche che caratterizzano i differenti tipi di paesaggio: dai naturali ai culturali, dai tradizionali ai contemporanei, dagli spettacolari agli ordinari (Antrop 2006). Un approccio olistico, che considera la multifunzionalità dei paesaggi secondo la prospettiva di un Ecosistema Totale Umano (Total Human Ecosystem), è auspicabile per comprendere le realtà fisico-materiali, simbolico-immateriali, e le relazioni natura-cultura, insite nella definizione di paesaggio proposta dalla Convenzione Europea (Naveh 1995; Costanza et al. 1997; Naveh 2001; Farina & Belgrano 2004).

1.1.2 Normativa in materia di Paesaggio

1.1.2 Landscape regulation

Il contesto normativo internazionale in materia di paesaggio è vasto e ricco di concetti che afferiscono ai differenti *background* culturali dei vari Paesi. Di seguito, si riportano sinteticamente alcuni riferimenti normativi particolarmente significativi per lo sviluppo della presente ricerca.

In ambito italiano, le prime norme a porre l'accento sulla tematica della protezione delle bellezze naturali e della tutela delle cose di interesse storico-artistico sono contenute nella legge 1497/39, in cui, tuttavia, il termine paesaggio ancora non viene menzionato. Una successiva specificazione normativa si avrà con la cosiddetta legge Galasso, n.431 del 1985, che imporrà un regime vincolistico per le aree di particolare interesse ambientale, definendone una classificazione e affidando alle Regioni il compito di redigere i piani paesistici e territoriali.

Nel panorama europeo, il riferimento più significativo, che segna il passaggio da un'accezione vincolistica ad un concetto più ampio ed inclusivo, resta la Convenzione Europea

del Paesaggio (CEP), in cui il termine paesaggio viene declinato come sopra riportato (cfr. 1.1). La CEP è stata promossa su iniziativa del Consiglio d'Europa (CdE), nell'ambito del Congresso delle Autorità Locali e Regionali d'Europa (CLRAE) ed è stata sottoscritta dagli Stati Membri nel 2000 a Firenze. La Convenzione può essere considerata un documento sui diritti fondamentali dei cittadini europei, in quanto accentua il diritto delle popolazioni di identificarsi con il proprio paesaggio, riconoscendo alle risorse paesaggistiche un valore sociale ed economico (Bernetti 2007).

LA CEP suggerisce nuove modalità di comprendere e conservare il sistema socio-ecologico del paesaggio, secondo cui le popolazioni diventano un elemento chiave a causa della stretta interdipendenza fra la loro necessità di preservare/conservare le risorse ecologiche, tramite processi di trasformazione sostenibili, e la capacità dei paesaggi di produrre beni e servizi (Antrop 2001).

Uno degli obiettivi fondamentali della Convenzione è, infatti, relativo al raggiungimento della qualità dei paesaggi; una qualità intesa come l'insieme delle aspirazioni delle popolazioni rispetto ai caratteri identitari del proprio ambiente di vita. In tal senso, l'uomo viene posto al centro di questa visione e ne viene stimolata la capacità di individuare il proprio paesaggio, analizzarne le caratteristiche e seguirne le trasformazioni. Inoltre, all'identificazione delle caratteristiche multidimensionali dei paesaggi consegue la loro valutazione attraverso l'individuazione dei valori che le popolazioni vi attribuiscono.

Secondo questa prospettiva, uno dei ruoli fondamentali dei Sistemi Spaziali di Supporto alle Decisioni (SDSS) è insito nella loro capacità di analizzare le caratteristiche, i determinanti e le pressioni che attivano i processi di trasformazione dei paesaggi, tenendo in conto i valori identitari che le comunità locali e i decisori attribuiscono a questi paesaggi (Figure 1).

E' auspicabile, quindi, la considerazione di un approccio multi-disciplinare al fine di analizzare i cambiamenti, le dinamiche di trasformazione e i valori, tenendo in conto una visione di paesaggio più ampia e multidimensionale. Il codice dei Beni Culturali e del Paesaggio del 2004 recepisce gli intenti e la definizione di paesaggio della CEP, armonizzandoli al contesto normativo italiano. La definizione presente nel codice, infatti, declina il paesaggio come «una parte omogenea di territorio i cui caratteri derivano dalla natura, dalla storia umana o dalle reciproche interrelazioni» (Codice dei beni culturali e del paesaggio 2004). Per quanto riguarda i principi generali, il Codice include il concetto di conservazione in quelli di tutela delle risorse paesaggistiche e di valorizzazione dei caratteri identitari riconosciuti ai paesaggi dalle popolazioni locali.

Nel 2005, la Convenzione di Faro (Council of Europe 2005), inerente alla formulazione di principi generali che rendono esplicito il contributo dell'eredità culturale alla società e allo sviluppo umano, pone l'accento sull'utilizzo di approcci multi-disciplinari e integrati per la promozione di politiche attente alla diversità culturale, biologica e geologica dei paesaggi, ed

indirizzate ad accrescerne lo sviluppo economico, sociale e culturale. Gli strumenti operativi cui si accenna in questa Convenzione si riferiscono alle valutazioni d'impatto delle trasformazioni d'uso dei territori sull'eredità culturale e alle strategie di mitigazione del danno che tali trasformazioni generano sul patrimonio materiale e immateriale dell'umanità. In questo contesto, vengono esaltati i caratteri intangibili dei paesaggi culturali, invitando i cittadini dell'Unione a: «rafforzare la coesione sociale e a promuovere il senso di responsabilità condivisa nei confronti dei luoghi di vita delle popolazioni» (Art. 8c).

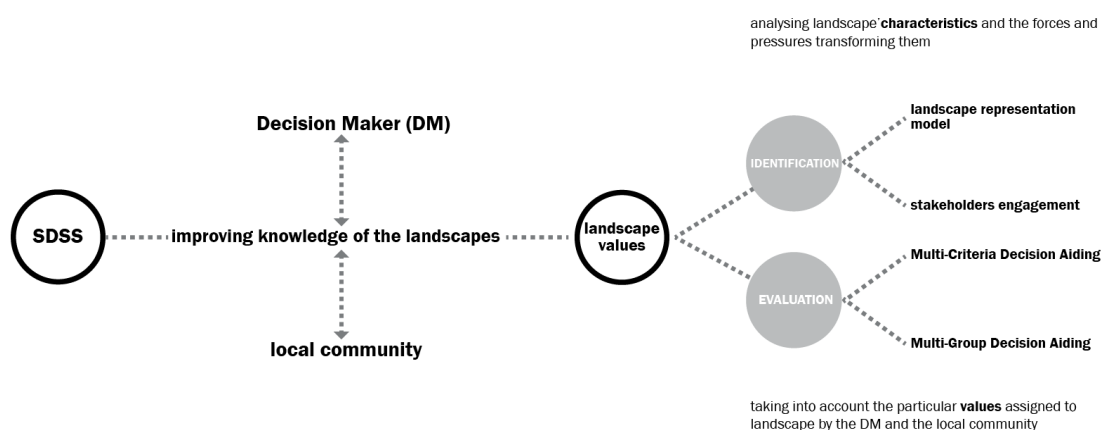


Figure 1 – The function of the SDSS within the European Landscape Convention statements

Per concludere, secondo la Sentenza della Corte Costituzionale n.22 dell'11 febbraio 2016, che perora l'art.9 della Costituzione Italiana, il paesaggio diventa un valore primario assoluto e non disponibile e, per questo, soggetto a tutela da parte dello Stato in modo prioritario rispetto agli altri interessi pubblici in materia di governo e valorizzazione del territorio.

La normativa europea pone infine l'accento sulla necessità di elaborare indicatori utili a mappare e modellare le caratteristiche dei paesaggi multifunzionali ed, in particolare, degli ES. Il target 2 (Azione 5) di *EU Biodiversity Strategy for 2020* delibera, infatti, che gli Stati Membri mappino e valutino lo stato degli ES a livello nazionale, seguendo le direttive della Commissione Europea (CE).

L'inclusione degli ES nella legislazione sulla conservazione dei paesaggi europei segna un passaggio significativo anche per l'implementazione delle politiche a supporto del suddetto target.

Gli Stati Membri, tuttavia, hanno recepito la normativa in modo discontinuo e disomogeneo; tantoché, ai considerevoli avanzamenti in tale direzione, raggiunti essenzialmente dal Regno Unito (attualmente non più stato membro), fa seguito una mancanza di progressi in altri Stati, fra cui l'Italia, dovuta prevalentemente ad una scarsità di dati e di esperti di settore, oppure alla poca flessibilità delle normative locali accompagnata dall'estrema rigidità delle procedure burocratiche ai vari livelli di pianificazione e gestione (Maes et al. 2012; Maes et al. 2013).

1.1.3 Paesaggio e valutazioni

1.1.3 Landscape and evaluations

Gli indirizzi e le linee guida tracciate dalla CEP mirano a far sperimentare metodi di valutazione oggettivi, che siano in grado di quantificare i valori multidimensionali dei paesaggi. Questo si pone come uno dei campi di ricerca aperti che può offrire spunti interessanti al dibattito scientifico.

A tal proposito, uno degli obiettivi di questa tesi riguarda l'investigazione di approcci integrati e multi-scalari per la valutazione dei paesaggi multifunzionali all'interno di un *framework* che sia in grado di rendere operative le direttive della Convenzione Europea.

Ciò comporta la necessità di implementare la componente oggettiva delle valutazioni attraverso quegli approcci quantitativi utili ad esplicitare i valori molteplici che caratterizzano i paesaggi complessi. L'interesse maggiore sarà rivolto a quei campi d'indagine ancora aperti che esplorano le numerose variabili, le dinamiche temporali, le influenze di scala nell'uso di dati spaziali e le differenti percezioni di coloro che osservano il paesaggio (Li & Mander 2009).

La crescente complessità dei paesaggi contemporanei, nonché i molteplici parametri e indicatori che è necessario considerare nei processi decisionali, generano la costante necessità di stime coerenti e affidabili. La robustezza è, infatti, una delle principali qualità da garantire ai processi di stima e di valutazione (Alberini & Kahn 2006). Allo stesso tempo, un'implementazione di metodi multi-criteri spazialmente espliciti diventa prioritaria quando si intende affrontare la valutazione dei caratteri multifunzionali dei paesaggi (Haase et al. 2014; Kremer et al. 2016).

La valutazione viene qui intesa come un processo iterativo che mette in gioco diversi saperi e valori, e che si pone alla base dello scambio, dell'integrazione e della co-produzione di conoscenza all'interno di contesti decisionali complessi (Strang 2009). In tal senso, la partecipazione attiva da parte di gruppi di esperti e comunità locali nei processi di *decision-making* rende le valutazioni strumenti di auto-apprendimento e di identificazione di nuovi valori collettivi (Fusco Girard et al. 2014) (Figure 2).



Figure 2 – The circular process of knowledge/evaluation for understanding of LS/ES

Il ruolo dei processi valutativi alla base dei sistemi di supporto alla decisione (SSD) è, infatti, duplice. Se da un lato è finalizzato a selezionare obiettivi, azioni e/o modalità di intervento preferibili, tenendo in conto istanze complesse e multidimensionali; dall'altro, mira a quei processi di formazione di conoscenza e apprendimento, grazie ai quali è possibile pervenire all'identificazione/costruzione di nuovi valori, in una prospettiva integrata. Il processo di riconoscimento di valori nei vari tipi di conoscenza (scientifica, esperta, tradizionale o esperienziale) diventa così in grado di generare notevoli opportunità di collaborazione fra professionisti, comuni cittadini e gruppi di interesse all'interno delle comunità locali (Pelzer et al. 2015).

In tale prospettiva, diventa fondamentale utilizzare nei processi decisionali complessi un "approccio per valori", ossia una metodologia che si focalizzi in prima istanza sui valori del paesaggio, facendone in seguito scaturire le alternative di trasformazione. Un processo decisionale così strutturato consente di testare una procedura metodologica applicabile a contesti differenti, applicando un approccio multi-scalare che permette di non trascurare le specificità locali incorrendo in un'eccessiva generalizzazione del problema. In base all'approccio *value-focused*, infatti, i problemi alla base delle trasformazioni del paesaggio vengono intesi come opportunità decisionali, frutto di una negoziazione "empatica" basata sui valori messi in campo dai differenti gruppi di interesse (Keeney 1996) (Figure 3).

Un altro aspetto decisivo dei SSD riguarda la considerazione delle componenti spaziali del paesaggio all'interno processi decisionali. Se consideriamo, infatti, i SSD come sistemi informativi che rendono più agevole ai *Decision-Makers* l'accesso, la comprensione e l'interpretazione dell'informazione derivante da dati, modelli e analisi (Rose et al. 2016), non è possibile escludere la componente spaziale dell'informazione quando il paesaggio diventa oggetto di studio. I Sistemi Spaziali di Supporto alla Decisione (SDSS) costituiscono un passo avanti in questa direzione, e possono diventare fondamentali nei contesti decisionali dal momento che migliorano la visualizzazione dei risultati per gli *stakeholders*, rendendo più evidenti le informazioni attraverso la mappatura di luoghi che sono loro familiari (Rodela et al. 2017).

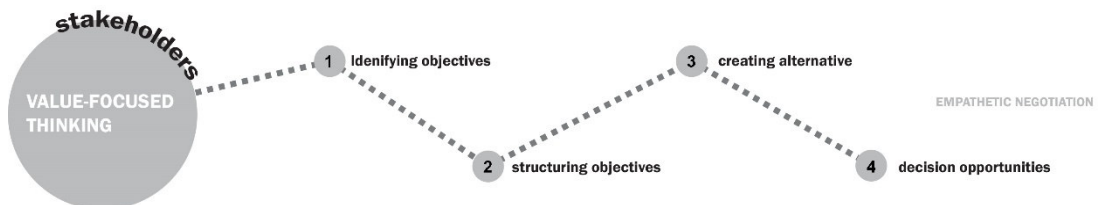


Figure 3 – The four steps of the Value-focused Thinking (Keeney, 1996)

1.2 Questioni aperte

1.2 Open questions

Le questioni aperte relative al concetto di Paesaggio Multifunzionale che si intendono affrontare in questa ricerca sono state classificate in 3 ambiti fondamentali. Tali ambiti sono stati selezionati in base ad una revisione critica della letteratura (De Groot et al. 2010) e sono stati suddivisi in: conoscenza (i), valutazione (ii) e governance (iii). Ciascuno di essi apre il campo a diverse domande di ricerca.

In primo luogo, diventa necessario definire un ambito di conoscenza (i) che permetta di quantificare le molteplici tipologie di LS e ES riconoscibili in letteratura, e le relazioni che sussistono fra i caratteri fisici del paesaggio e le funzioni/servizi che essi forniscono. In tal senso è indispensabile capire quali possano essere gli indicatori significativi e i valori di benchmark utili a misurare la capacità del paesaggio nella produzione di tali servizi. Alla selezione degli indicatori segue la scelta dei metodi di mappatura per rendere i dati spazialmente espliciti e rappresentabili (Malczewski 1999; Malczewski & Rinner 2015). La modellazione del paesaggio costituisce, infatti, una fase delicata da affrontare soprattutto per comprendere le dinamiche del cambiamento e i loro impatti sulla produzione dei servizi. Infine, la conoscenza dello stato dei servizi e degli impatti delle trasformazioni porta all'individuazione di soglie di criticità nella resilienza/sostenibilità del paesaggio. Selezionare i metodi e gli strumenti utili a determinare lo "stato di resilienza" di un paesaggio è una problematica tuttora oggetto di dibattito.

Un secondo ambito di questioni implica, invece, la valutazione (ii) dei paesaggi multifunzionali attraverso l'esplorazione dei metodi utili a valutare le istanze multidimensionali e i punti di vista divergenti degli *stakeholders* coinvolti nei processi di trasformazione. La valutazione dei LS deve infatti produrre risultati coerenti e confrontabili a scale differenti, nonché fornire una metodologia esportabile in contesti diversi. Diventa rilevante, quindi, applicare metodi di standardizzazione dei dati e degli indicatori allo scopo di rendere confrontabili informazioni di natura diversa e restituire un *framework* più completo dell'oggetto di indagine. La necessità di aggregare dati e indicatori che rappresentano le questioni rilevanti per i paesaggi oggetto di indagine apre inoltre il campo all'esplorazione di possibili procedure combinatorie. I metodi multi-criteri, in tal senso, forniscono un valido approccio per l'aggregazione di istanze multidimensionali, e soprattutto per la produzione di indici che rappresentino sinteticamente i vari fenomeni analizzati.

La questione principale, in questo caso, riguarda non solo la scelta del metodo più idoneo al relativo contesto decisionale ma anche il possibile utilizzo simultaneo di metodi multi-criteri sulla base di approcci ibridi. In fase di valutazione una questione rilevante concerne la mappatura dei valori mediante tecniche di analisi spaziale e strumenti GIS che rendono tali valori spazialmente espliciti. La visualizzazione spaziale dei risultati delle valutazioni dei caratteri multifunzionali dei paesaggi costituisce, infatti, quell'elemento determinante che facilita

l'inclusione dei LS nei processi istituzionali e di *Decision-Making*. Analizzare opportunità e limitazioni della *GIS-science* nell'ambito delle valutazioni spaziali dei servizi ecosistemici e di paesaggio sarà ulteriore oggetto di esplorazione di questa tesi. Un'altra questione si riferisce alle possibili modalità per l'individuazione dei *trade-off* e delle alternative di trasformazione del paesaggio. L'utilizzo dei metodi analitici, che sono necessari per la raccolta e la selezione di dati hard, deve essere combinato a tecniche deliberative/partecipative che consento di includere i dati soft e le preferenze degli *stakeholders* all'interno dei processi decisionali.

L'uso combinato di tecniche e metodi diversi consente, infatti, di ottimizzare il concetto di multifunzionalità rendendolo operativo attraverso la costruzione dei sistemi di supporto alla decisione. Le questioni più rilevanti vertono quindi: sull'individuazione dei costi/benefici delle trasformazioni di LS/ES e dei valori del paesaggio per gli *stakeholders* coinvolti nei contesti decisionali; sulle modalità di facilitazione del dialogo nei processi di partecipazione politica e nel *Decision-Making*; e, infine, sugli avanzamenti degli strumenti e dei sistemi esperti che rendono accessibili e visualizzabili le alternative decisionali, al fine di rendere più trasparenti i processi di valutazione.

Infine, l'implicazione dell'utilizzo dei concetti di LS/ES nell'ambito istituzionale della pianificazione e gestione del paesaggio (iii) apre un'altra serie di questioni fondamentali che indagano sulla fattibilità di una reale integrazione di funzioni/servizi/benefici negli attuali strumenti di *governance*. Sforzi considerevoli sono stati fatti per integrare gli indicatori di LS/ES nelle pratiche di pianificazione spaziale, e nonostante le numerose funzionalità che possono fornire i SSD, essi non sono ancora del tutto integrati nei processi decisionali poiché non vengono messi in pratica fin dall'inizio per strutturare i processi di pianificazione (Hayek et al. 2016). Le maggiori difficoltà esplorate in letteratura riguardano inoltre la disponibilità e l'affidabilità dei dati sui *Landscape Services*, e i modi in cui si può sopperire alla loro mancanza per poter effettuare stime coerenti sullo stato delle risorse. Inoltre, il livello di incertezza e di complessità aumenta quando si indaga il paesaggio a scale differenti e si inseriscono nei processi di analisi quei valori intangibili che richiedono spesso tecniche complesse per essere elicitati e quantificati. In sintesi, le domande di ricerca principali diventano le seguenti:

- Quali sono i punti di forza e di debolezza dell'approccio Multifunctional Landscape a confronto con le attuali procedure istituzionali (V.A.S., V.I.A., etc...)?
- E' possibile rendere operativo questo approccio integrandolo nei livelli istituzionali della pianificazione e nei processi decisionali?

Si descriveranno in seguito (cfr. 1.3) gli obiettivi specifici di questa ricerca, che sono maturati dalle questioni esaminate in letteratura e nel più ampio contesto scientifico di indagine.

1.3 Obiettivi di ricerca

1.3 Research goals

L'obiettivo fondamentale di questa ricerca concerne l'individuazione dei caratteri multifunzionali dei paesaggi e dei valori complessi che ne derivano, al fine di strutturare un modello di valutazione che sia in grado di integrare gli approcci teorici, analitici ed esperienziali, e che migliori il dialogo all'interno dei processi decisionali complessi legati alla pianificazione e alla gestione di *Landscape Services* (LS) e *Ecosystem Services* (ES).

I risultati attesi sono orientati alla costruzione di un *framework* ibrido di valutazione che sia utile alla comprensione della struttura spaziale, delle funzioni e dei processi che caratterizzano i paesaggi multifunzionali. Il principale contributo che intende fornire questa tesi è, infatti, relativo alla costruzione di una metodologia di valutazione ibrida e adattiva, in grado di supportare ricercatori e professionisti che affrontano questioni multidimensionali complesse proprie di un approccio *place-based* al paesaggio.

Lo scopo di operare all'interno di una cornice metodologica integrata e interdisciplinare consente, da un lato, di organizzare la conoscenza delle dinamiche complesse che caratterizzano le varie forme di paesaggio (urbano, agricolo, semi-agricolo, naturale), dall'altro, di orientare i processi di *Decision-Making* spaziale verso una traiettoria di sostenibilità (Wu 2013). La teoria dei LS/ES è, infatti, un tentativo di rendere operativo il concetto di sostenibilità all'interno di una cornice inter-disciplinare e multi-metodologica.

Inoltre, l'integrazione di LS/ES nei processi di pianificazione spaziale costituisce un approccio considerevole allo sviluppo sostenibile di piani e programmi dal momento che rende espliciti tali servizi, stimolando il dialogo sui trade-off che sorgono fra la dimensione ecologica e socio-economica della pianificazione (Grêt-Regamey et al. 2017).

In sintesi, l'indagine alla base di questa tesi sarà incentrata sulle diverse tipologie di sostenibilità che afferiscono all'ambito multidimensionale, procedurale e istituzionale. L'ambito multidimensionale considera le caratteristiche socio-economiche e ambientali del paesaggio in un'ottica integrata, attraverso l'esplorazione dei limiti e delle potenzialità del concetto di LS. L'ambito procedurale riguarda invece le procedure di valutazione orientate alla sostenibilità, fra le quali i metodi multi-criteri giocano un ruolo fondamentale nell'aggregazione e nella comunicazione dei risultati, nonché nel coinvolgimento di diversi attori in diversi contesti decisionali. L'ambito istituzionale, infine, indaga gli strumenti di *governance* e il loro possibile riassetto secondo logiche adattive che mirino alla sostenibilità. Gli strumenti istituzionali da considerare sono la VIA e la VAS, poiché uno dei loro scopi fondamentali implica la valutazione del grado di sostenibilità di Piani e Programmi (PP).

Il *workflow* della ricerca sarà organizzato in tre step fondamentali che includono: Presupposti teorici (i), Operazionalizzazione (ii) e Risultati (iii) (Figure 4).

Il primo step (i) si focalizzerà sull'indagine relativa agli approcci teorici dei concetti di sostenibilità del paesaggio e di GIS-science, attraverso la revisione critica della letteratura specifica sulle valutazioni integrate del e per il paesaggio. In particolare, l'esplorazione sarà incentrata sui Sistemi Spaziali di Supporto alla Decisione (SDSS) come strumenti operativi e sul concetto di "Benessere" legato alla sostenibilità multidimensionale dei paesaggi. In questa fase sarà affrontata, inoltre, la problematica delle diverse tipologie di definizioni e classificazioni di LS/ES, confrontando la letteratura specifica con i principali *frameworks* europei di classificazione, quali: Millennium Ecosystem Assessment (MEA), Common International Classification of Ecosystem Services (CICES), The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) e United Kingdom's National Ecosystem Assessment (UK-NEA).

La fase di Operazionalizzazione (ii) verterà, invece, sulla costruzione di un modello descrittivo per la valutazione di LS/ES, che sarà testato su tre casi di studio che rappresentano differenti tipi di paesaggio (urbano, peri-urbano e naturale) a scala vasta. Un modello di rappresentazione/valutazione sarà sviluppato scegliendo un metodo di omogeneizzazione dei dati basato su una griglia statistica di analisi e ponendo particolare attenzione alla scelta dell'Unità Minima di Mappatura (MMU) più idonea per ciascuno dei territori oggetto di indagine. I parametri che sintetizzano le questioni complesse dei paesaggi analizzati saranno espressi attraverso la costruzione di set specifici di indicatori spaziali; mentre la selezione di metodi multi-criteri consentirà di produrre indici spaziali che aggregano informazioni complesse di natura differente nei SDSS.

I risultati (iii) attesi saranno suddivisi in modo complementare in due categorie principali: risultati metodologici e risultati operativi.

I primi si riferiranno all'uso ibrido di differenti tecniche multi-criteri e approcci deliberativi allo scopo di generare un *framework* di supporto alla valutazione dei LS per migliorare il dialogo fra gli *stakeholders* coinvolti nei processi di *Decision-Making*.

I risultati operativi riguarderanno invece la selezione di indicatori spaziali e metriche di paesaggio per la produzione di mappe di classificazione e quantificazione degli Indicatori Spaziali dei Landscape Services (ISLS). Tali mappe costituiranno gli output dei SDSS, esprimendo la complessità del paesaggio e visualizzando la distribuzione spaziale di benefici e servizi a seconda delle direzioni di preferenza (massimizzate o minimizzate) degli indicatori che le comporranno di volta in volta.

In sintesi, le domande più generali di questa ricerca, che si pongono alla base della comparazione dei casi di studio, diventano le seguenti:

- Quali sono le modalità ottimali per rappresentare i fenomeni multidimensionali che caratterizzano i paesaggi, attraverso l'uso di modelli e strumenti della GIS-science?
- In che modo è possibile selezionare i metodi di valutazione spaziale più idonei a seconda dei differenti contesti decisionali?

In conclusione, la comparazione dei tre casi di studio sarà utile a migliorare la conoscenza dei diversi contesti decisionali, supportando l'identificazione di indicatori spaziali prima della loro classificazione in specifiche categorie di servizi. Ciascun caso presentato seguirà step metodologici e metodi di valutazione spaziale differenti fra di loro, che saranno estrapolati per la definizione del framework metodologico alla base della proposta di tesi (cfr. 6).

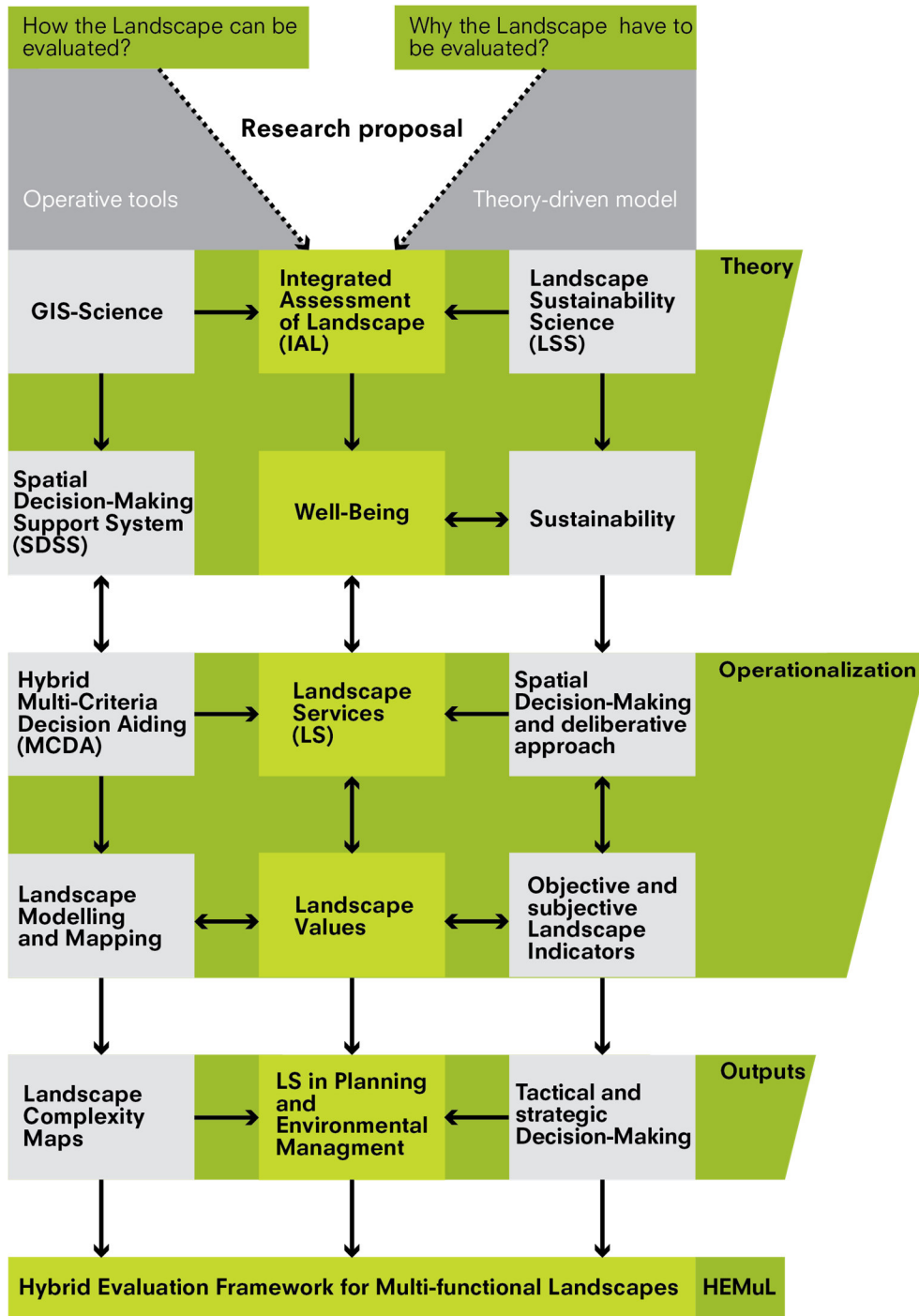


Figure 4 – The workflow of the thesis

1.4 Articolazione della tesi

1.4 Overview of the thesis

Nei capitoli successivi saranno affrontate le domande di ricerca da punti di vista teorici (cap. 2 e 3) ed operativi (cap. 4 e 5), allo scopo di strutturare una nuova metodologia per la valutazione dei paesaggi multifunzionali, che consiste nell'approccio HEMuL (cap. 6).

In dettaglio, il **capitolo 2** sarà indirizzato alla ricerca di un paradigma scientifico più ampio, ed inclusivo di apporti multidisciplinari differenti, per lo studio del paesaggio come sistema dinamico complesso. In questo capitolo si esplorerà il contributo teorico della Landscape Sustainability Science (LSS) a confronto con il concetto di multifunzionalità, che prevede la considerazione dei Landscape Services (LS) ed degli Ecosystem Services (ES), con l'intento di evidenziare le caratteristiche del rapporto ciclico che intercorre fra "conoscenza" e "valutazione" del paesaggio multifunzionale, che, a sua volta, può essere inteso come un «boundary object».

Nel **capitolo 3** si esploreranno i diversi approcci valutativi, differenziandoli in modelli di valutazione "del" e "per" il paesaggio, a seconda dell'apporto che danno, nel primo caso, alla conoscenza delle dinamiche che caratterizzano i paesaggi multifunzionali, e, nel secondo caso, alle valutazioni indirizzate ai processi di valorizzazione dei paesaggi e alla costruzione di alternative/scenari di trasformazione. In questo capitolo si presenteranno le valutazioni integrate ed i metodi multi-criteri come gli approcci teorico/operativi necessari per la comprensione delle dinamiche multifunzionali dei paesaggi, esplorando i recenti sviluppi raggiunti nelle valutazioni dei LS e mettendoli in relazione con gli strumenti e i metodi forniti dalla ricerca operativa (OR).

Il **capitolo 4** avrà, invece, lo scopo di introdurre i metodi operativi forniti dai Sistemi Spaziali di Supporto alla Decisione (SDSS) e dagli strumenti della GIS-science per la costruzione di indicatori spaziali semplici e compositi, che, in fase metodologica, saranno utilizzati come *proxy* per esplicitare LS/ES ed i relativi benefici che il paesaggio fornisce all'uomo.

Il **capitolo 5** presenterà i casi di studio, localizzati in tre diversi territori della Regione Campania (Italia), riferendosi ad esperienze operative di valutazione dei paesaggi multifunzionali, che seguono l'approccio metodologico/operativo dei SDSS, esplorato nei capitoli precedenti.

Nel **capitolo 6** si esplicherà la proposta metodologica, basata sull'approccio HEMuL in 5 step, per la valutazione dei paesaggi multifunzionali a differenti livelli operativi ed istituzionali, allo scopo di fornire un framework di riferimento per la realizzazione di alcuni degli obiettivi presentati come driver della ricerca.

Il **capitolo 7**, infine, trarrà le conclusioni della ricerca, individuandone i possibili campi di applicazione e gli indirizzi futuri.

2 Paesaggi Multifunzionali: una prospettiva di ricerca

2 Multifunctional Landscapes: a research perspective

2.1 Un paradigma scientifico per la conoscenza dei Paesaggi Multifunzionali

2.1 A scientific paradigm for the Multifunctional Landscape knowledge

La *Landscape Sustainability Science* (LSS) nasce come un campo di applicazione pratica dei principi teorici della sostenibilità. Essa viene definita come una scienza, basata sul contesto (place-based) ed ispirata all'uso (use-inspired), che ha lo scopo di comprendere e, conseguentemente, di implementare le relazioni dinamiche che sussistono tra i servizi ecosistemici e di paesaggio ed il benessere umano, attraverso l'utilizzo di metodi spazialmente espliciti (Wu 2013).

La LSS ha, infatti, l'intento di mettere in diretta relazione le varie declinazioni del concetto di sostenibilità, e le relative questioni di ricerca emerse nel corso del tempo, con la composizione e la configurazione del *pattern* dei paesaggi. Secondo questo assunto, le forme, i significati e le funzioni del paesaggio vengono inseriti in un processo sinergico in cui ad una fase cognitiva, che include analisi, valutazione e pianificazione, segue in modo ciclico una fase di formazione/costruzione del paesaggio.

Uno degli scopi di questa teoria consiste nel tracciare una cronologia storica legata al concetto di sostenibilità ed ai relativi modelli, offrendo un *framework* multidimensionale di riferimento che include la *landscape ecology*.

Un concetto scientifico è strettamente legato alla struttura sociale che lo produce e perciò deve essere valutato sulla base della sua robustezza socio-culturale e non per la sua durata nel tempo (Cuthill 2010; Soini & Birkeland 2014). Esso, infatti, non possiede un carattere temporaneo, come è invece tipico della soluzione, la quale è tarata sui bisogni, reali o indotti, della società. In tal senso, l'approccio contestuale della LSS può essere in grado di promuovere una maggiore interazione fra *Decision-Makers*, scienziati, professionisti e cittadini, dal momento che la sostenibilità, la resilienza e la vulnerabilità dei paesaggi sono dei costrutti sociali che integrano linguaggi esperti, sapere comune, e pratiche di ricerca con gli strumenti tecnologici disponibili (Cronon 1996; Feindt & Oels 2005).

In tale prospettiva, la LSS offre spunti interessanti per delineare un percorso di ricerca in cui i vari, e spesso conflittuali, modi di intendere la sostenibilità del paesaggio possano convergere e cooperare in sinergia. La LSS ha, inoltre, il vantaggio di integrare i concetti di sostenibilità, resilienza e benessere in un *framework* più ampio, in modo da rendere possibile

un'indagine *cross-scale* e *place-based* sul paesaggio attraverso l'uso di metodi spazialmente espliciti, e nel quale le valutazioni multi-disciplinari e multi-scalari costituiscono il nucleo dei processi di conoscenza e formazione di paesaggio.

Tuttavia, come per la maggior parte delle teorie, sussiste uno svantaggio insito nella difficoltà di una reale applicazione pratica della LSS all'interno di processi decisionali complessi. A causa dei diversi linguaggi afferenti alle competenze disciplinari coinvolte e della multi-settorialità delle questioni affrontate, infatti, il numero di variabili da considerare nei processi valutativi può aumentare in modo considerevole. In tal senso, la LSS si presenterebbe come una teoria troppo generale e difficilmente implementabile nella pratica, incorrendo nel caos dei sistemi di paesaggio (Antrop 2006).

Al fine di evitare questo rischio, la ricerca scientifica dovrebbe promuovere in via prioritaria la corretta strutturazione dei problemi decisionali, la definizione di campi di interesse mirati, nonché mettere in risalto i tentativi indirizzati alla costruzione di un linguaggio e di un lessico condivisi. Diventa inoltre necessario definire in modo chiaro un'area di interesse specifica all'interno della vasta ricerca scientifica sul paesaggio, ritagliandola a seconda dei principali obiettivi delle analisi ambientali e dei sistemi di supporto alla decisione e alla pianificazione.

Quando l'indagine scientifica si concentra su paesaggi intesi come sistemi complessi in dinamica evoluzione e cambiamento, tuttavia, i processi di *problem-solving* devono essere quanto più possibile ampi ed esplorativi (Gallopín et al. 2001). Secondo Antrop (2006), infatti, l'obiettivo della sostenibilità si riferisce a tipi, valori e pratiche che caratterizzano e influenzano diversi tipi di paesaggi: naturali o culturali, tradizionali o contemporanei, ordinari o spettacolari (Antrop 2006). E' quindi utile approfondire l'approccio integrativo e inter-scalare della LSS con l'intento di gestire questioni multidimensionali all'interno di un *framework* che sia in grado di aiutare decisori, professionisti e ricercatori a rendere operativi gli obiettivi della Convenzione Europea.

La graduale integrazione della *landscape ecology* nel recente paradigma scientifico della LSS, basato sulla considerazione dei servizi ecosistemici e di paesaggio, può in tal senso costituire un importante punto di incontro fra le differenti discipline che affrontano il dibattito sulla sostenibilità (Potschin & Haines-Young 2006). E' utile inoltre comprendere come le varie declinazioni della nozione di sostenibilità rientrino in ambiti esplicitamente normativi e siano incentrate prevalentemente sulle interazioni fra i sistemi antropici ed ecologici, ponendo come questione fondamentale la «distribuzione equilibrata di risorse (capitali) per le generazioni attuali e future» (Brundtland et al. 1987).

Secondo questa prospettiva di indagine, il concetto di Paesaggio Multifunzionale può essere concepito come un «boundary object», ossia come un'idea che si adatta a rappresentare differenti punti di vista, riuscendo nello stesso tempo a mantenere fra questi un senso di continuità (Potschin & Haines-Young 2016). Le due dimensioni principali da esplorare

in questo ambito di ricerca riguardano gli aspetti descrittivi e normativi legati al concetto di ES. Se da un lato, infatti, la dimensione descrittiva diventa fondamentale per comprendere e categorizzare le interrelazioni del sistema socio-ecologico del paesaggio alla base del concetto di ES, non bisogna tuttavia trascurare l'aspetto normativo, il quale permette di assegnare valori ai differenti stati di un sistema, individuando quelle interazioni che devono essere migliorate, e quindi normate (Figure 5).

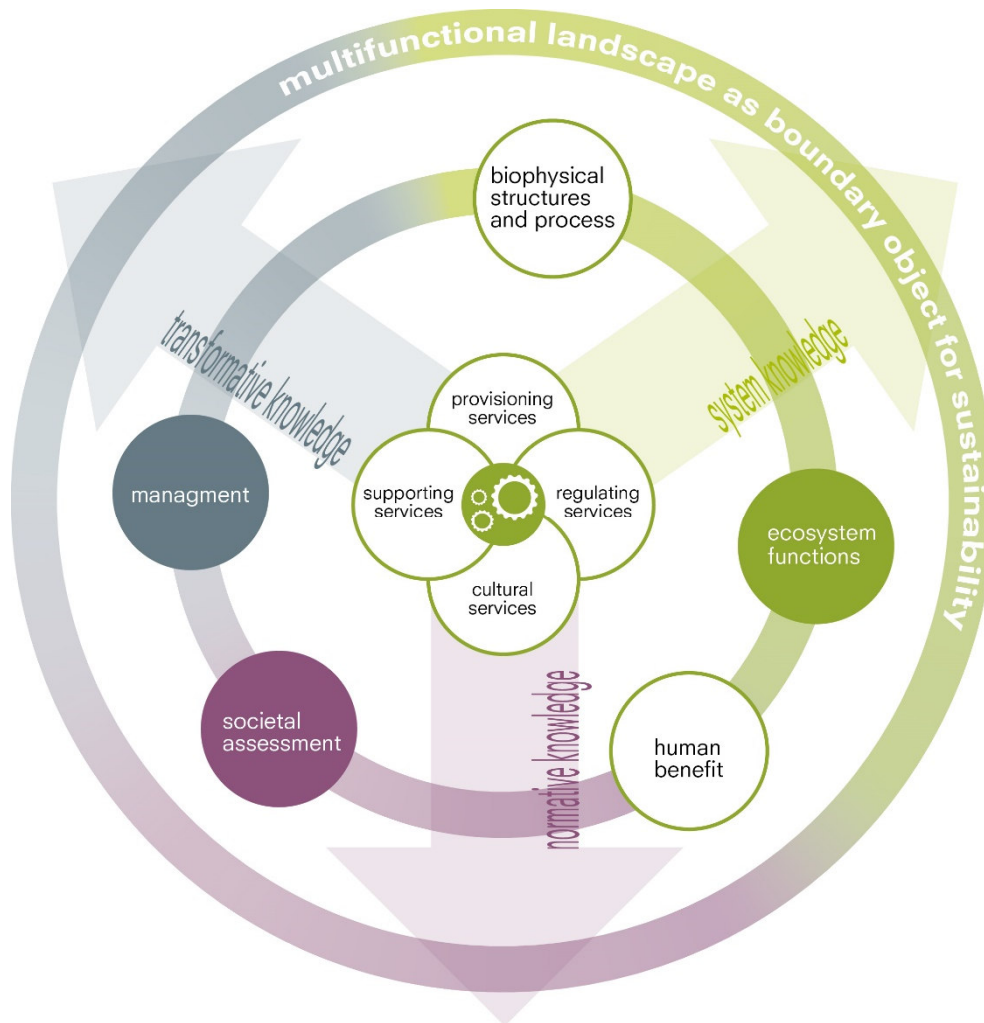


Figure 5 – Relations between Multif. Lands. and Sustainability (revisited from Abson et al. 2014)

In conclusione, la nozione di sostenibilità, rientrando in una cornice esplicitamente normativa, diventa il campo più idoneo per testare l'approccio dei Paesaggi Multifunzionali, che, comportando la considerazione dei *landscape services* (LS) e degli *ecosystem services* (ES), pone le basi per la formazione di una *common task* fra esperti di settore, *policy-makers* e comunità locali. Tale prospettiva apre il campo ad una serie di questioni, che sono state affrontate o la letteratura sta attualmente affrontando, riguardo alla moltitudine di approcci per

le valutazioni dei Paesaggi Multifunzionali e alle modalità attraverso le quali i concetti di LS/ES stanno influenzando la nozione stessa di sostenibilità (Abson et al. 2014).

2.2 La multifunzionalità nei modelli di valutazione dei paesaggi

2.2 The multifunctionality in the landscape evaluation models

In letteratura esistono molteplici modelli qualitativi e quantitativi per la valutazione dei paesaggi multifunzionali, e per la considerazione di LS e ES nelle politiche e nelle pratiche dei processi decisionali (Brauman et al. 2007; Daily et al. 2009; De Groot et al. 2010; Guerry et al. 2015). L'integrazione di differenti approcci per la quantificazione, la comprensione della distribuzione spaziale o la stima del consumo dei servizi dovrebbe essere in linea con gli scopi e gli obiettivi delle valutazioni integrate; tuttavia, rendere operativo il concetto di multifunzionalità richiede tecniche e metodi di valutazione specifici, a seconda del contesto decisionale (Pandeya et al. 2016).

L'interesse verrà in questa sede rivolto a quei modelli con una visione olistica, che, come già osservato in precedenza (cfr. 2.1), è alla base del concetto di paesaggio multifunzionale. Il concetto di multifunzionalità si riferisce infatti ai diversi processi mentali, sociali e materiali che hanno luogo simultaneamente e interagiscono fra di loro nel paesaggio.

A tal proposito, Soini (2001) suggerisce l'adozione di un modello tripolare, in cui la multifunzionalità viene espressa da:

- Qualità estetiche, legate ai caratteri ecologici, storici o simbolici;
- Funzioni, che si esplicitano nei servizi che questi caratteri qualitativi producono;
- Sistemi di valori, che determinano le modalità e le motivazioni di coloro che agiscono sul paesaggio.

Questo modello richiede approcci integrati di valutazione, dal momento che tiene in conto i giudizi di valore per pianificare le funzioni di paesaggio; esso infatti concepisce il paesaggio come un mosaico di elementi valutabili e considera il trasferimento di valori dall'approccio scientifico a quello umano (Soini 2001; Soini & Birkeland 2014).

Tress e Tress (2001) propongono invece un modello più complesso (Figure 6), che si basa sul riscontro in letteratura di cinque differenti dimensioni di paesaggio, ciascuna delle quali collegata ad entità materiali o immateriali (Tress & Tress 2001). Nello specifico, le dimensioni che definiscono la complessità del paesaggio includono:

- Aspetti fisico-materiali, che si riferiscono alle entità spaziali;
- Aspetti sensoriali, che caratterizzano le entità mentali o contemplative;
- Aspetti fisico-percettivi, che definiscono i nessi natura-cultura;
- Aspetti complessi, che si rifanno ai meccanismi di regolazione dei sistemi biofisici e mentali;
- Aspetti riguardanti la dimensione temporale dei paesaggi in trasformazione.

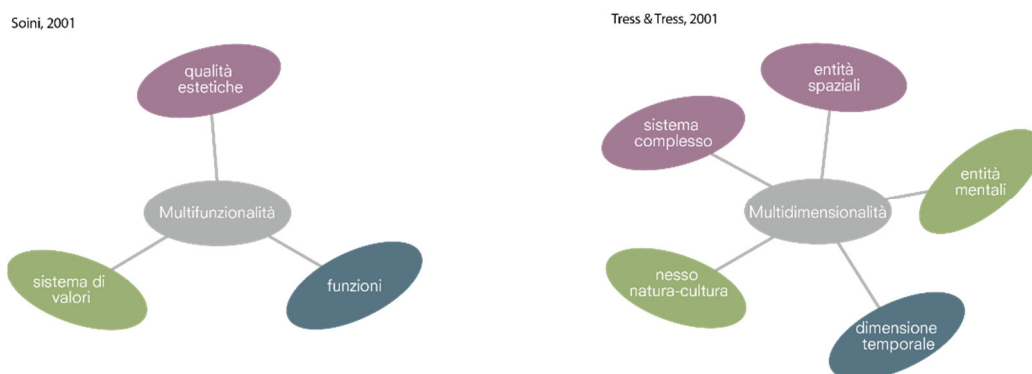


Figure 6 – The Landscape multifunctionality in Soini (2001) and Tress & Tress (2001)

Terkenli (2001) si focalizza, inoltre, sulle relazioni che sussistono fra le differenti dimensioni del paesaggio e che sono determinate dalle leggi di natura e/o dalle regole culturali. Secondo il suo punto di vista, gli aspetti visuali, cognitivi ed esperienziali del paesaggio vengono tradotti rispettivamente in: forma, significato e funzione, quest'ultima intesa come interrelazione fra processi biofisici ed esperienze umane (Figure 7).

La rappresentabilità dei vari tipi di forme, funzioni e significati attribuibili al paesaggio genera una serie di questioni multidimensionali che afferiscono: agli aspetti morfologico-visuali, nel caso dei caratteri formali e identitari, e a quelli cognitivi, nel caso delle caratteristiche legate all'immaginazione, alla leggibilità e alla percepibilità (Terkenli 2001). Alla molteplicità di dimensioni fanno seguito molteplici metodi di analisi (ad esempio quelli cartografici, estetici, fotografici o iconologici) e metodi di valutazione (monetari e non monetari). I metodi e gli approcci vanno selezionati sulla base delle specifiche funzioni e degli obiettivi degli studi sul paesaggio.

In conclusione, la comprensione della multifunzionalità del paesaggio può migliorare in modo considerevole gli approcci di pianificazione, poiché più un territorio è in grado di espletare contemporaneamente un *range* di funzioni, differenti ma sinergiche fra di loro, tanto più la sua capacità di produrre benefici economici, sociali e ambientali per le comunità locali ne viene implementata (Butler et al. 2009).

Nell'ambito della pianificazione, gli usi multifunzionali che caratterizzano alcune porzioni di paesaggio, assolvendo molteplici obiettivi (non solo nello spazio, grazie alla diversità di funzioni, ma anche nel tempo, attraverso la temporalità degli usi), fanno acquisire valore aggiunto al contesto (Kato & Ahern 2009). In tal senso, è preferibile valutare il grado di multifunzionalità di un paesaggio piuttosto che le sue relazioni binarie (multi-funzionale vs. mono-funzionale) (Rodenburg & Nijkamp 2004).

Si deve quindi intendere la multifunzionalità come un concetto chiave per lo sviluppo sostenibile dei molteplici tipi di paesaggi che è possibile riconoscere (Lovell & Johnston 2009;

Termorshuizen & Opdam 2009); mentre la comprensione dei driver che generano impatti significativi sul sistema socio-ecologico (SES) si pone come una delle principali sfide quando si affrontano questioni legate alla sostenibilità (Ostrom 2009).

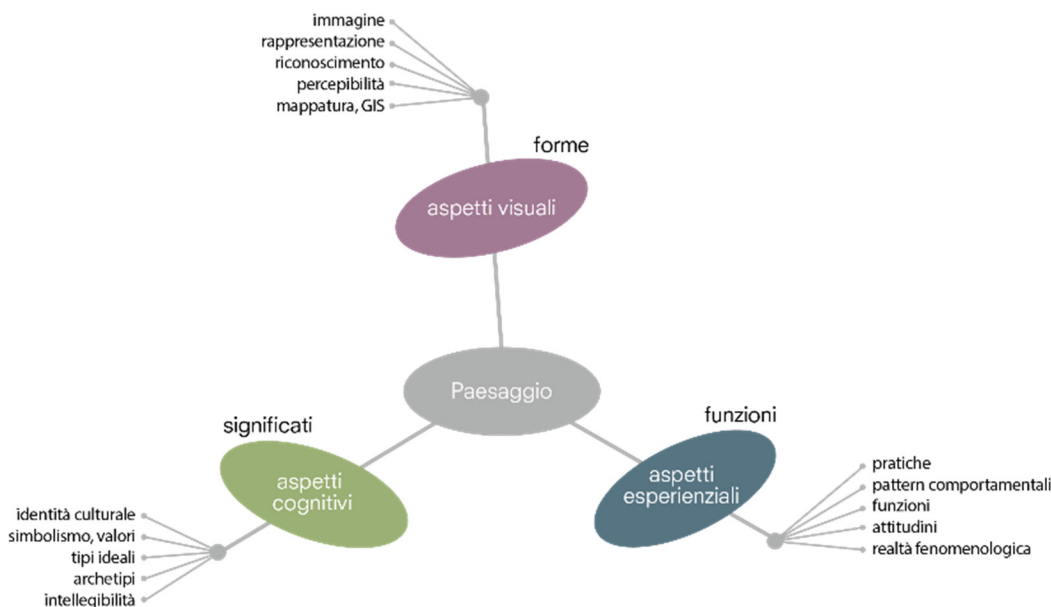


Figure 7 – Shapes, functions and meaning of the Landscape in Terkenli (2001)

In sintesi, la multifunzionalità integra le produzioni antropiche, e gli usi che ne derivano, alla conservazione dei tessuti ecologici che forniscono funzioni ecosistemiche, flussi di servizi e biodiversità per le future generazioni. Comprendere le dinamiche di lungo periodo (*long-term dynamics*) del SES è il primo passo per gestire e conservare i caratteri multifunzionali dei paesaggi, attraverso strategie che siano capaci di incrementare la resilienza e migliorare la fornitura dei servizi negli scenari di cambiamento (O'Farrell & Anderson 2010).

2.3 Classificazioni dei "servizi ecosistemici" (ES) e dei "servizi di paesaggio" (LS) 2.3 Categorisation of "ecosystem services" (ES) and "landscape services" (LS)

In letteratura, il concetto di "servizi ecosistemici" (*ecosystem services*) presenta molteplici e, talvolta, vaghe definizioni a causa della sua adattabilità ad aree tematiche differenti (Costanza et al. 1997). In tal senso, esso può essere concepito come un «*boundary object*», ossia come un'idea che si adatta a rappresentare differenti punti di vista, riuscendo nello stesso tempo a mantenere fra questi un senso di continuità (Potschin & Haines-Young 2016). Le due dimensioni principali da esplorare in questo ambito di ricerca riguardano gli aspetti descrittivi e normativi legati al concetto di ES. Se da un lato, infatti, la dimensione descrittiva diventa fondamentale per comprendere e categorizzare le interrelazioni del sistema socio-ecologico del paesaggio alla base del concetto di ES, non bisogna tuttavia trascurare l'aspetto normativo, il

quale permette di assegnare valori ai differenti stati di un sistema, individuando quelle interazioni che devono essere migliorate, e quindi normate (Abson et al. 2014).

Il concetto di ES è sempre stato noto all'uomo nel corso della storia; tuttavia, non è mai stato reso esplicito fino agli anni '60 e '70, periodo in cui la ricerca scientifica ha iniziato a riconoscere una valenza sociale alle funzioni naturali (Hermann et al. 2011; Portman 2013; Englund et al. 2017).

Westman fu uno dei primi autori ad indagare sul valore sociale dei benefici che gli ecosistemi producono nel determinare una condizione di benessere per l'uomo, riferendosi a tali benefici sociali come «nature's services». Egli è stato il fondatore dei corollari, su cui verrà basata la successiva ricerca nel campo dell'Economia Ecologica (*Ecological Economics*), che identificano: la capacità esclusiva degli esseri umani di manipolare la natura a proprio vantaggio; la monetizzazione del valore delle risorse naturali come parametro per equiparare le risorse distrutte a quelle sviluppate; l'inclusione nel costo delle risorse danneggiate del valore dei servizi persi durante l'intervallo precedente alla sostituzione delle risorse usurpate; la quantità di compensazione in termini monetari che riflette il valore complessivo della perdita di risorse avvenuta nella transazione; la stima dello stock di risorse fruibili dalle future generazioni e incluse nel Valore Totale (VT); la considerazione dei *trade-off* che derivano dall'uso delle risorse e dalle misure di compensazione (Westman 1977).

La definizione di «nature's services» è stata assimilata negli anni seguenti fino a confluire in quella attuale, proposta da Erlich & Erlich nel 1981, i quali si riferirono ai «Westman's services» per introdurre il nuovo termine «ecosystem services» (Ehrlich & Ehrlich 1981).

I ricercatori in campo ambientale forniscono varie definizioni di servizi ecosistemici, riferendosi ai propri ambiti di interesse. Daily (1997), ad esempio, li definisce come «le condizioni e i processi attraverso i quali gli ecosistemi naturali, e le specie che li costituiscono, supportano e soddisfano la vita umana» (Daily 1997). De Groot et al. (2002), inoltre, pongono l'accento sulla visione antropocentrica insita nel termine «funzione», il quale implica l'esistenza di un obiettivo, in opposizione a quello di «funzionamento», che invece esiste a prescindere dall'intervento umano (De Groot et al. 2002).

Boyd and Banzhaf (2007), invece, si focalizzano sulla differenza fra i concetti di servizio e beneficio, definendo il primo come l'insieme delle componenti ecologiche direttamente consumate dall'uomo o da esso fruite per produrre benessere, mentre il secondo costituisce il prodotto finale di cui l'uomo gode. La differenza è perciò insita nella convinzione che i servizi ecosistemici possono contribuire a produrre benefici ma non possono di per sé essere considerati tali (Boyd & Banzhaf 2007). Per chiarire ulteriormente tale concetto, si considerino a titolo d'esempio due benefici: la fornitura di acqua potabile e la pesca a fini ricreativi. In entrambi i casi il parametro "qualità dell'acqua" gioca un ruolo importante. Tuttavia, per gli autori, solo nel primo caso esso deve essere considerato un servizio, dal momento che implica

un uso diretto del bene acqua; mentre, nel secondo caso il parametro diventa una funzione, ovvero una capacità dell'ecosistema di produrre lo stock di fauna marina, che è il *servizio* necessario alla produzione del *beneficio* pesca. Si desume, quindi che: solo l'uso diretto di un bene rende tale bene un servizio ecosistemico; la classificazione dei servizi ecosistemici è variabile in base agli obiettivi che ci si pone; i termini "funzione", "servizio" e "beneficio" sono intercambiabili.

Proseguendo la revisione critica sulle differenze semantiche individuate fra i diversi autori che hanno affrontato il tema dei servizi ecosistemici, è importante considerare la posizione di Fisher et al. (2009) in relazione all'ipotesi di definizione e di classificazione dei servizi (Fisher et al. 2009). La prima specificazione è rilevabile nella differenza con la definizione fornita dal Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005). Per gli autori, infatti, il termine servizio non è sinonimo di beneficio, ma viene inteso piuttosto come qualcosa che agisce sul cambiamento del livello di benessere per l'uomo. Le funzioni ecosistemiche, inoltre, vengono assunte alla categoria di servizi solo nel momento in cui l'uomo ne beneficia. Una classificazione sistematica dei servizi consente di comprendere meglio il legame ecologia-società, e le interrelazioni esistenti fra i servizi stessi, da parte dei decisori politici, delle comunità locali e degli *stakeholders*. Il contesto decisionale, in tal senso, gioca il vero ruolo determinante per l'individuazione e la categorizzazione dei servizi ecosistemici e di paesaggio.

Un altro aspetto di notevole importanza, da considerare nell'ambito della ricognizione e della valutazione dei servizi, è costituito dalle loro caratteristiche spaziali e, in modo specifico, dall'ambito di produzione del servizio rispetto al luogo in cui il beneficio viene realizzato. In tal senso, è possibile individuare tre tipologie differenti di servizi, a seconda della localizzazione geografica e della scala (Fisher et al. 2009):

- In situ, quando i servizi producono benefici all'interno dello stesso ambito geografico in cui sussistono (ad es. la formazione di suolo, la fornitura di materie prime, etc.);
- Omni-direzionali, quando i servizi esistenti in un dato ambito producono servizi a distanza nei paesaggi circostanti secondo direzioni non ben definite, o complesse da determinare (ad es. l'impollinazione, il ciclo delle acque, etc.);
- Direzionali, quando i benefici vengono espletati lungo un flusso direzionale definito (ad es. i sistemi dunali per la protezione dal rischio idrico, etc.).

Qualificare i servizi sulla base delle categorie sopraindicate consente di comprendere la loro distribuzione spaziale e la localizzazione delle conseguenti strategie di intervento mirate che tengano conto delle dinamiche spazio-temporali, delle caratteristiche dei beni pubblico-privati e dei benefici dipendenti dai servizi. Una classificazione distributiva di servizi/benefici, infatti, può ottimizzare i metodi di valutazione basati sulle preferenze dichiarate (valutazioni di contingenza) o rilevate (costi di viaggio o prezzi edonici).

In sintesi, è utile evidenziare nell'ambito della ricerca proposta quattro significati fondamentali del concetto di servizi ecosistemici, individuabili nella:

- Definizione del Millennium Ecosystem Assessment, che li considera in senso ampio come: «i benefici che le persone ottengono dagli ecosistemi» (MEA 2005);
- Definizione fornita da de Groot, che riguarda invece «la capacità dei processi e delle componenti naturali di fornire beni e servizi che soddisfino i bisogni umani, direttamente o indirettamente» (De Groot 1992; De Groot et al. 2002; De Groot et al. 2010);
- Definizione di matrice economico-ambientale fornita da "The Economics of Ecosystems and Biodiversity" (TEEB) che considera i servizi ecosistemici in termini di «contributi diretti e indiretti degli ecosistemi al benessere dell'uomo» (TEEB 2010).
- Classificazione sviluppata da Haines-Young & Potschin (2012) allo scopo di uniformare le differenti tipologie di servizi rilevabili in letteratura e di supportare gli esperti nel definire un «servizio ecosistemico finale», attraverso "The Common International Classification of Ecosystem Services" (CICES) (Haines-Young & Potschin 2012).

In particolare, il MEA fornisce una chiara classificazione delle diverse tipologie di servizi ecosistemici, riconducendoli a quattro categorie fondamentali, a loro volta legate ai domini del Benessere umano (Figure 8).

Il MEA individua le seguenti categorie di servizi: Servizi di Approvvigionamento (*Provisioning Services*) (i); Servizi di Regolazione (*Regulating Services*) (ii); Servizi Culturali (*Cultural Services*); Servizi di Supporto (*Supporting Services*) (iv).

I servizi di approvvigionamento (i) costituiscono i prodotti, ossia le materie prime, che le persone ottengono dagli ecosistemi, ad esempio: cibo, carburante, legna, acqua dolce e risorse genetiche. I servizi di regolazione (ii) riguardano invece quei processi di regolazione degli ecosistemi che forniscono benefici agli esseri umani, ad esempio: la regolazione della qualità dell'aria e del clima, il controllo dell'erosione e delle catastrofi umane, la purificazione delle acque. I servizi culturali (iii) sono i benefici immateriali prodotti dagli ecosistemi, ad esempio: l'arricchimento spirituale, lo sviluppo cognitivo, la riflessione, la ricreazione e le esperienze estetiche. I servizi di supporto (iv), infine, costituiscono il sostrato di tutti gli altri servizi in quanto includono le produzioni primarie come l'ossigeno e la formazione di suolo.

Questa classificazione è un punto di partenza utile ad affrontare in modo sistematico le sperimentazioni all'interno di questo ambito di ricerca. Tuttavia, è stato descritto come le recenti esplorazioni teoriche e le applicazioni pratiche della metodologia in questione conducano a differenti accezioni semantiche, nonché a risultati diversi in base agli obiettivi prefissati. E' stato inoltre evidenziata la questione relativa alla variabilità e all'intercambiabilità dei termini "servizio", "funzione" e "beneficio" in relazione al cambiamento del contesto decisionale e alla strutturazione del problema decisionale (*problem-structuring*).

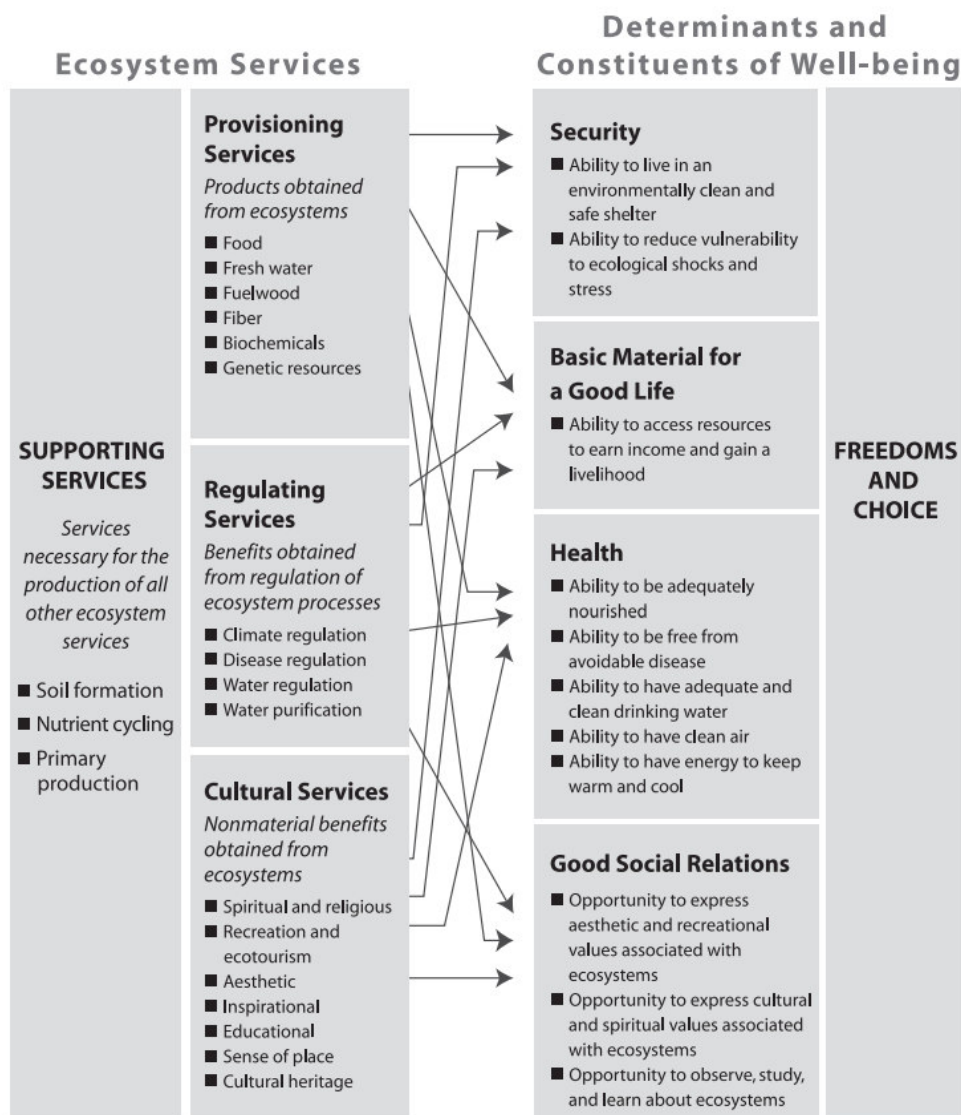


Figure 8 – The ES classification and its relationships with Well-being dimensions according to MEA (2005)

Haines-Young & Potschin (2012), attraverso il CICES, ri-classificano i servizi in tre categorie principali: *Provisioning Services*, *Regulation/Maintenance Services*, e *Cultural Services*; ponendo una distinzione fra i termini: "processo", "funzione", "servizio" e "beneficio". Nello specifico, il termine "funzione" viene inteso come la capacità di un ecosistema di fornire servizi e benefici all'essere umano, diventando in questo modo un concetto intermedio fra il termine "processo", che si riferisce alle interazioni fra le componenti biotiche e abiotiche del paesaggio, e il termine "beneficio", che invece individua una condizione di benessere per l'utilizzatore finale dei servizi ecosistemici, ossia l'uomo. Per quanto riguarda il termine "servizio", infine, gli autori convalidano la definizione presentata nel TEEB (2010), esplicitando il fatto che non è possibile parlare di servizio senza l'esistenza di uno o più beneficiari (Haines-Young & Potschin 2012).

Il tentativo di uniformare e integrare le varie posizioni degli autori circa l'approccio *Ecosystem Services* (ES), operato nel CICES, costituisce uno dei fondamenti per l'applicazione del più inclusivo concetto di *Landscape Services* (LS).

In primo luogo, è possibile comprendere come le funzioni di paesaggio (*landscape functions*) siano legate alle funzioni dei processi ecosistemici e alla loro capacità di produrre servizi. I LS fanno riferimento ad una scala spaziale più vasta, ovvero alla scala del paesaggio, alla quale tali servizi vengono forniti e richiesti coinvolgendo una varietà dinamica di fattori umani e ambientali (Limburg et al. 2002; Uuemaa et al. 2009; Frank et al. 2012; Hermann et al. 2014). Essi possono essere definiti come un approccio multi-scalare, tipico dell'economia ecologica, utile alla valutazione integrata dei paesaggi ed in grado di includere e specificare il concetto di ES (Termorshuizen & Opdam 2009).

Secondo Vallés-Planell et al. (2014) diventa importante includere nelle classificazioni dei servizi sopramenzionate alcune categorie fondamentali che riguardano gli aspetti percettivi e la fornitura di spazi che il paesaggio garantisce per l'espletamento di alcune funzioni necessarie alla routine quotidiana dell'uomo. Queste nuove categorie permettono di specificare il contributo del paesaggio al raggiungimento delle dimensioni del Benessere (Well-being) umano in modo più razionale e completo (Vallés-Planells et al. 2014). In base a tale approccio, una specificazione dei *provisioning services*, ad esempio, dovrebbe avvenire attraverso la considerazione delle *carrier functions*. Tali funzioni, proposte da De Groot et al. (2006) e non considerate nel CICES in modo esplicito, si riferiscono alla «capacità degli ecosistemi, e del paesaggio, di fornire spazio come idoneo sostrato (suolo) o mezzo (acqua e aria) per supportare attività antropiche fondamentali, quali: le coltivazioni, l'edificazione, le reti trasportistiche e, più in generale, la fornitura di spazi adatti al vivere» (traduzione dell'autore rielaborata da De Groot et al. 2006). Questa tipologia di funzioni e servizi è insita nel paesaggio, dal momento che esso comprende non solo l'ambiente naturale ma anche quello costruito, e, di conseguenza, diventa di fondamentale importanza considerare queste funzioni nelle varie classificazioni dei servizi (De Groot 2006; Antrop et al. 2013). La loro inclusione negli attuali *frameworks* consente, infatti, di promuovere criteri di sostenibilità nella pianificazione e nella progettazione di quegli spazi in cui le persone trascorrono la maggior parte delle loro vite.

Anche per quanto riguarda i *regulating/maintenance services* gli autori propongono l'integrazione di una classe di servizi che riguarda la complessità delle strutture spaziali del paesaggio (Vallés-Planells et al. 2014). Questa classe di servizi include la connettività degli spazi, la delimitazione delle aree di disturbo, e la complessità spaziale come quei caratteri essenziali a testare il grado di resilienza ecologica ed urbana delle varie tipologie di paesaggi. Ad esempio, la complessità delle strutture spaziali può avere un impatto indiretto sulla capacità del paesaggio di fornire servizi culturali. La connettività dei tessuti urbani consente, infatti, di accrescere le opportunità di incontro sociale e *loisir*; allo stesso tempo, la complessità

ecologica aumenta le possibilità di esplorazione e apprendimento educativo/culturale fornita degli ecosistemi antropici e naturali; ed infine, l'individuazione delle aree di disturbo può consentire di generare ambienti di vita più confortevoli e ridurre i conflitti ambientali in ambito urbano (Lojà et al. 2016).

In conclusione, specificare gli ES attraverso il concetto di LS consente anche di porre maggiore attenzione ai *cultural services*, spesso trascurati nelle maggiori classificazioni ad impronta prevalentemente ecologica. In generale, questi servizi sono stati già descritti come quei benefici immateriali che derivano dall'interazione con gli ecosistemi e che consentono di arricchire la dimensione culturale e percettiva degli esseri umani. Vallès-Planell et al. (2014) propongono quindi un'estensione di questa categoria di servizi aggiungendovi delle istanze sociali che consentono di valutare il grado di soddisfazione di vita sociale generato dal paesaggio e dagli ecosistemi. Attraverso quattro classi di servizi, le dimensioni umane del Benessere, già in parte esplicitate nel MEA (Figure 8), si arricchiscono con le dimensioni: salute (*health*), godimento (*enjoyment*), realizzazione personale (*self/personal fulfillment*), e realizzazione sociale (*social fulfillment*).

L'integrazione di queste nuove istanze sociali all'interno dei *cultural services* e dei caratteri che risaltano le realtà urbane e la vita quotidiana negli spazi fisici del paesaggio naturale e antropizzato, all'interno delle categorie dei *provisioning e regulating services*, consentono di ampliare il quadro informativo e di applicare i criteri di sostenibilità nei sistemi di supporto alla decisione e alla pianificazione.

In conclusione, è possibile affermare che entrambi i concetti di ES e LS diventano utili a seconda: del contesto di indagine (Bastian et al. 2014), della qualità/quantità dei dati di cui si dispone, e degli obiettivi specifici delle valutazioni del paesaggio. Da ciò è possibile desumere una consistente varietà di sotto-insiemi di categorie dei servizi ecosistemici e di paesaggio, che è possibile esplorare all'interno dei campi applicativi/operativi della ricerca teorica.

2.4 Le categorie di valori

2.4 The categories of values

Le valutazioni formali del paesaggio, ossia quelle riconosciute ufficialmente nei sistemi legislativi e politici dei vari Paesi, generalmente tendono a definire le categorie di valori usando dei criteri predeterminati, ad esempio quelli estetici, storici, scientifici, ecc. (Stephenson 2008). Tuttavia, la classificazione dei valori dei servizi ecosistemici e di paesaggio varia notevolmente in base alle posizioni assiologiche, ontologiche e epistemologiche seguite dai gruppi interdisciplinari di ricerca. I processi di valutazione pluralistici sono orientati all'indagine del sistema socio-ecologico del paesaggio e perciò devono necessariamente considerare conflitti e sinergie che nascono nei differenti contesti decisionali. Una delle sfide dell'economia ecologica mette in campo l'analisi delle condizioni e dei contesti socio-culturali in cui si

definiscono i confini epistemologici entro i quali i differenti approcci valutativi possono essere combinati fra di loro (Douai 2009; Spash 2012). Tuttavia, prima di definire gli approcci, è utile capire in che modo i valori possono essere declinati e classificati in categorie più ampie che, a seconda dei vari contesti, diventano più specifiche e caratterizzanti.

Il paesaggio urbano è caratterizzato da numerose tipologie di valori socio-culturali che rientrano nelle diverse categorie morali, spirituali, estetiche ed educative che determinano le attitudini, influenzano le scelte e condizionano le azioni umane nei confronti degli ecosistemi e dei servizi che essi forniscono. Queste categorie di valori riflettono la sfera affettiva, emotiva e simbolica dell'essere umano (MEA 2005), ed in alcuni casi non sono stimabili con i metodi monetari tradizionali. Esse, infatti, necessitano di tecniche specifiche che siano in grado di elicitare e trasferire i valori specifici dei luoghi nelle scelte di pianificazione dei paesaggi. Elicitare questa tipologia di valori, soprattutto nei contesti urbani, richiede l'ideazione di processi deliberativi, l'utilizzo di indicatori *place-based* e la strutturazione di principi guida.

Gli indicatori costruiti per misurare/quantificare la dimensione soggettiva del paesaggio (ad esempio quella legata al senso dei luoghi, all'identità locale, al senso di comunità, alla coesione sociale o al valore educativo degli ecosistemi naturali) generalmente utilizzano metodi qualitativi, con scale di misura appositamente costruite o con gli strumenti dello *storytelling*, per essere espressi. La trasposizione di giudizi qualitativi in metriche quantitative non è quindi un'operazione semplice, tantoché spesso si genera il rischio o di un'eccessiva generalizzazione o di un'esclusione definitiva di tali istanze dai processi decisionali, incorrendo in scelte monodirezionali che possono comportare una consistente perdita di valori.

La considerazione dei valori economici che derivano dai servizi ecosistemici e di paesaggio è un'altra istanza fondamentale da considerare nei processi decisionali. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) stima i costi economici che derivano dalla perdita o dal degradarsi degli ecosistemi nelle aree urbane. In generale, alcuni esempi sono rappresentati dall'aumento dei costi energetici per la climatizzazione degli edifici (dovuto alla riduzione dei servizi di regolazione che le aree verdi urbane forniscono per mitigare i fenomeni delle isole e delle ondate di calore); oppure dalle ingenti spese che le città sostengono per la costruzione di sistemi di depurazione artificiali, a causa della perdita dei servizi di regolazione naturale delle acque forniti da specie vegetali endemiche (Lafortezza et al. 2009).

In base a questi presupposti, il dibattito scientifico, e politico, dovrebbe incentrarsi non solo sull'identificazione dei servizi ecosistemici ma anche sulla stima dei costi dovuti ai disservizi, e quindi sulle implicazioni che la perdita, o la sostituzione, di capitale naturale ha sull'economia mondiale (Gómez-Baggethun & Barton 2013).

La specificità dei servizi ecosistemici e di paesaggio opportunamente gestiti è insita quindi nella loro capacità di incrementare la resilienza e l'adattività di un sistema agli *shocks* in presenza di scenari di crisi, garantendo una forma di "valore di assicurazione" (*insurance value*). Ad

esempio, se si considerano le più importanti categorie di servizi fornite dagli ecosistemi (la produzione di cibo e di materie prime; la fornitura d'acqua; la mitigazione dei fenomeni da alluvione e/o da ondata di calore; o il raffrescamento delle aree urbane), ci si rende conto che questo tipo di valore non solo è inclusivo del valore economico degli ecosistemi, ma, in senso più ampio, è ciò che assicura la sopravvivenza dell'uomo sul pianeta (Turner & Pearce 1992; Costanza et al. 1997). E' evidente, inoltre, che la sostituzione di un servizio ecosistemico, a causa della sua perdita dovuta al superamento di soglie limite di sfruttamento, comporta spesso costi insostenibili.

La perdita di servizi ecosistemici fondamentali, infatti, genera effetti considerevoli sul sistema socio-ecologico del paesaggio, per cui anche a piccoli cambiamenti nel sistema possono conseguire grandi trasformazioni che generano impatti sulla fornitura di altri servizi e sulle popolazioni (Walker et al. 2010).

Attualmente, i Decision Makers (DM) stanno dando sempre maggiore attenzione alla definizione e alla valutazione dei servizi di paesaggio al fine di una loro possibile integrazione nelle agende di sviluppo sostenibile e nelle scelte strategiche di pianificazione (Daily et al. 2009; De Groot et al. 2010; Laurans et al. 2013).

Nonostante sia difficile attribuirvi un valore economico a causa della mancanza di parametri tradizionali per la stima di tali beni, quali l'esistenza di un mercato o di un processo produttivo, tali servizi diventano valutabili nella misura in cui l'uomo opera il riconoscimento di quelle caratteristiche intrinseche essenziali alla sua sopravvivenza, e, quindi, secondo una visione antropocentrica, nel momento in cui vengono percepiti in termini di valori d'uso e di valori indipendenti dall'uso (Fusco Girard 1987; Cerreta & Mele 2012).

Questa è una delle ragioni per cui il concetto di Paesaggio Multifunzionale, inteso dal punto di vista delle valutazioni dei servizi ecosistemici e di paesaggio, necessita di approcci integrati e spaziali che siano in grado di combinare forme diverse di conoscenza e di analizzare i benefici, materiali ed immateriali, che derivano dalla tutela di tali servizi da parte degli *stakeholders* locali (Daniel & Vining 1983; Bruns & Green 2001; Fry 2001; Tress & Tress 2001; Dakin 2003).

In conclusione, è possibile stabilire che l'approccio transdisciplinare dei Paesaggi Multifunzionali si basa sul concetto delle catene di struttura-funzione-valore, identificabili nei processi di analisi dei paesaggi. Questo tipo di approccio teorico-metodologico include la considerazione, nei processi di conoscenza, di gestione e di pianificazione, dei LS/ES che possono essere individuati sulla base delle molteplici funzioni ambientali, economiche e sociali di un determinato contesto, tenendo in conto anche gli interessi dei diversi attori sociali coinvolti (Fagerholm et al. 2012).

La conoscenza scientifica alla base dei processi di cambiamento e di sviluppo del paesaggio deve quindi intercettare quei valori che sono legati alle trasformazioni pianificate della struttura e delle funzioni fisiche del paesaggio (Termorshuizen & Opdam 2009) (Figure 9).

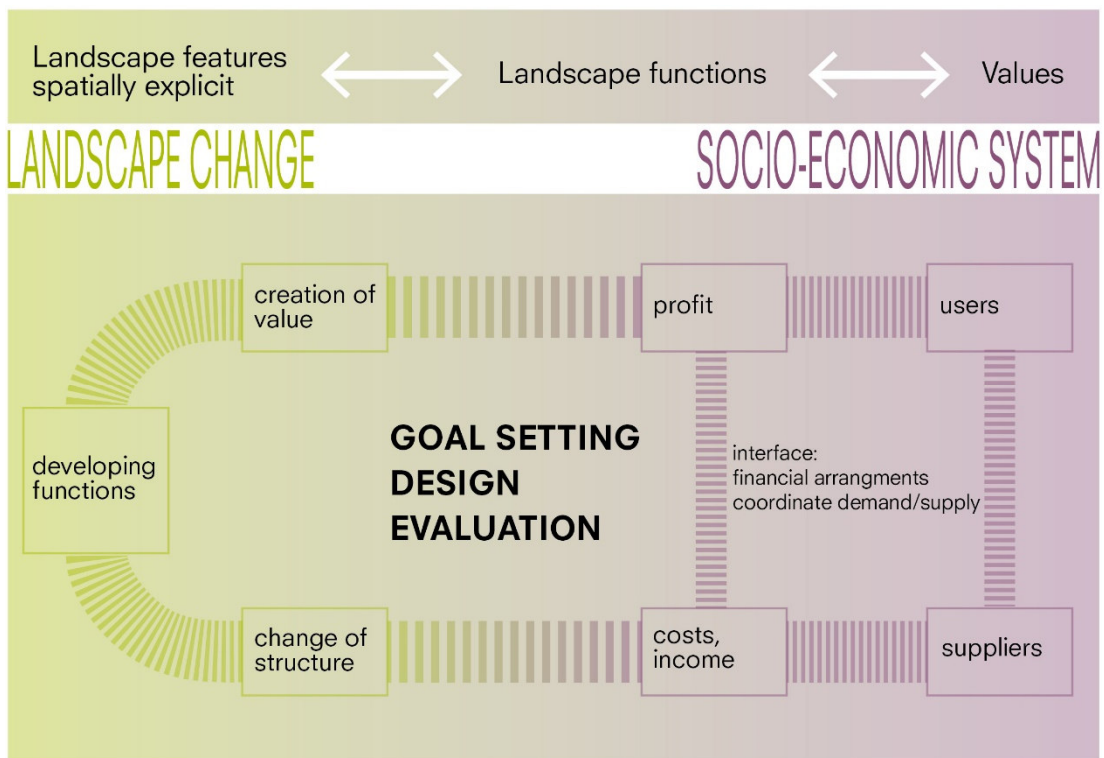


Figure 9 – Structure/Function/Value chains (revisited from Termoshuizen & Opdam 2009)

3 Approcci e metodi di valutazione per i processi decisionali

3 Approaches and methods of evaluation for the Decision-Making

3.1 Modelli di valutazione del paesaggio e per il paesaggio

3.1 Evaluation models "of" the landscape and "for" the landscape

Le difformità terminologiche e la varietà di approcci impiegati nella modellazione e nella mappatura di LS/ES generano notevoli incertezze relative alla scelta dei metodi di valutazione più opportuni da utilizzare a seconda dei contesti di indagine. Englund et al. (2017), in una revisione sistematica sui diversi approcci alla valutazione degli ES, suddividono i modelli in sei categorie fondamentali, che a seconda dei metodi di mappatura si differenziano in: diretti, empirici, di simulazione/processo, logici, di estrapolazione, e di integrazione dei dati (Figure 10). I primi quattro modelli afferiscono ai "metodi della funzione di produzione ecologica" (i), che hanno come obiettivo la stima del livello di fornitura di servizi mediante l'analisi delle componenti biotiche e abiotiche del sito oggetto di indagine; gli ultimi due possono invece essere ascritti nella categoria dei "metodi del trasferimento di benefici" (ii), i quali mirano ad estrapolare i livelli di fornitura di servizi (classificati e mappati per unità di area in un sito specifico), esportandoli nel contesto di studio per similitudine (Andrew et al. 2015).

In relazione alla prima macro-categoria di modelli (i), i metodi di mappatura diretta si riferiscono a quella tipologia di indagini relative alla distribuzione spaziale dei servizi le cui informazioni di base sono ricavate da questionari e/o da censimenti diretti dei dati. I metodi empirici riguardano invece quelle misurazioni puntuali, effettuate in situ, che richiedono specifiche tecniche statistiche per essere rappresentate e per produrre significato (ad esempio le analisi regressive o il *clustering*). I metodi di simulazione/processo hanno lo scopo di identificare i cambiamenti nei valori dei servizi (ossia nelle proprietà delle risorse ecologiche e di paesaggio) senza effettuare misurazioni, escluso quelle utili a calibrare e validare il modello stesso su cui si basano. L'ultima categoria, indirizzata alla ricerca della funzione di produzione ecologica, include i modelli logici. Questi ultimi si basano sulla costruzione di set di indicatori e sulla strutturazione di regole decisionali.

In conclusione, i modelli della seconda macro-categoria (ii) includono, come già evidenziato, i metodi di estrapolazione e di integrazione. Mentre i primi tendono a parametrizzare le proprietà dei servizi, generalmente utilizzando classi di copertura del suolo (LULC) e associando dei valori non-spaziali a queste classi, gli altri sintetizzano modelli spaziali

preesistenti per effettuare le mappature dei servizi attraverso delle regole (matematiche o statistiche) prestabilite (Englund et al. 2017).

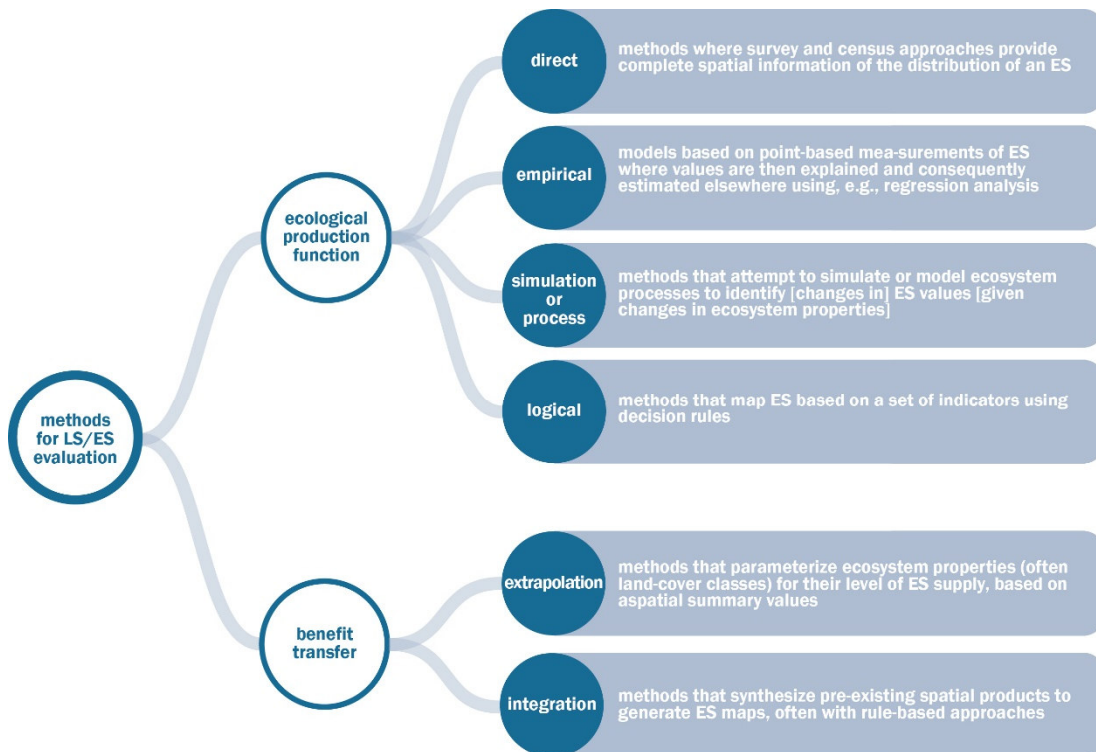


Figure 10 – The methods for the multifunctional landscape evaluation, revisited from Englund et al. (2017)

Haase et al. (2014) individuano, inoltre, tre macro-categorie di approcci valutativi per i LS. Tali categorie si riferiscono ai metodi spazialmente espliciti (i), all’approccio di paesaggio (ii) e alle analisi spaziali multi-criteri (iii) (Haase et al. 2014).

La prima categoria di approcci (i) impiega tecniche di raccolta e modellazione dati al fine di generare modelli di rappresentazione del paesaggio che utilizzano indicatori e indici spaziali. In questo modo, la mappatura dei servizi consente di mettere in evidenza i *pattern* e le relazioni spaziali fra i servizi di paesaggio a scale differenti, rendendo possibile l’identificazione dei benefici per le popolazioni e migliorando i processi di valutazione per la pianificazione e il *decision-making*.

La seconda categoria di approcci (ii) si focalizza invece sulle relazioni che sussistono fra caratteristiche multidimensionali/struttura/funzioni e la capacità dei paesaggi di produrre servizi. Tale approccio utilizza *land use/land cover* (LULC) come base per la comprensione delle realtà fisiche e dei fenomeni sociali in atto sul territorio. Anche questo approccio richiede indicatori spazialmente espliciti che costituiscono delle *proxies* per individuare e misurare i servizi di paesaggio. Diventa particolarmente delicata per questa categoria di approcci la fase di pesatura dei valori del paesaggio rappresentativi delle principali questioni evidenziate dagli

Stakeholder. I metodi di pesatura si riferiscono a tre tipologie principali di approcci. Questi ultimi includono: le valutazioni esperte, nel momento in cui le questioni sono messe in gioco e valutate da esperti di settore; gli approcci deliberativi, quando si intendono elicitarne i valori immateriali del paesaggio; ed, infine, gli approcci di modellazione, che indagano sulle relazioni fra i processi ecologici e i pattern LULC.

La terza categoria (iii) include infine i metodi multi-criteri, che sono in grado di aggregare indicatori semplici al fine di produrre una mappatura multidimensionale dei servizi ecosistemici e di paesaggio. Quest'ultima categoria sarà trattata più specificamente nei paragrafi successivi (cfr. 3.3).

La considerazione dei valori culturali del paesaggio all'interno dei processi decisionali necessita da parte dei DM di una conoscenza approfondita dei caratteri espliciti/impliciti dei luoghi, e soprattutto del modo in cui essi incidono sull'identità culturale di un territorio, determinando gli elementi peculiari del paesaggio. Fra gli approcci mirati alla valutazione per la valorizzazione dei paesaggi, rientra il *Cultural Value Model* (Stephenson 2008) secondo cui le decisioni di pianificazione e di gestione devono essere prese nel contesto delle dinamiche culturali del paesaggio, sviluppando processi e soluzioni mirate al supporto e alla crescita dei valori culturali territoriali. La considerazione degli aspetti sociali dei paesaggi viene invece enfatizzata dall'approccio delle *Social Multi-Criteria Evaluation* (Munda 2002; Munda 2006, 2008; Walter et al. 2016), che si occupa essenzialmente di analizzare le questioni alla base dei processi decisionali in modo trasparente, attraverso l'esplicitazione dei valori, delle posizioni etiche e degli interessi degli attori coinvolti nei processi decisionali.

Infine, è utile considerare l'approccio proposto dall'UNESCO nei dibattiti sulla conservazione, gestione e valorizzazione dei paesaggi culturali, all'interno dei quali viene proposto il concetto di Historic Urban Landscape (HUL). Il concetto di HUL travalica l'accezione di centro storico, quale area urbana caratterizzata dalla risultante delle stratificazioni storiche di valori naturali e culturali, per estenderla ad un più ampio contesto geografico che include: la geomorfologia del sito, le infrastrutture, l'uso del suolo, gli aspetti percettivi, le pratiche sociali e culturali, i processi economici e le altre dimensioni immateriali legate alle identità locali (United Nations 2011). Questo approccio risulta utile nell'individuazione e valorizzazione dei servizi culturali forniti dai paesaggi, soprattutto se applicato a scala locale.

3.2 Approcci integrati per le valutazioni dei Paesaggi Multifunzionali

3.2 Integrated approaches for the Multifunctional Landscape evaluations

L'integrazione dei differenti approcci valutativi indirizzati alla quantificazione dei servizi ecosistemici e di paesaggio può supportare gli esperti nell'individuazione dello stato di produzione, distribuzione spaziale e consumo delle risorse economiche, ecologiche e sociali dei paesaggi multifunzionali. Rendere operativo il concetto di sostenibilità, insito nella

considerazione di LS e ES, implica infatti la capacità di integrare in modo appropriato tecniche differenti di valutazione utili a strutturare i processi decisionali spaziali.

Le valutazioni, nella loro accezione più generale, possono essere intese come processi che mirano all'organizzazione coerente delle informazioni necessarie ad una scelta, al fine di rendere in grado ciascun attore del processo decisionale di scegliere in modo equilibrato (Nijkamp et al. 1990). Tuttavia, il significato delle valutazioni può essere indagato anche nella loro capacità di interpretare, prevedere e comparare impatti di azioni differenti in relazione a specifici obiettivi nel contesto della pianificazione e della gestione di realtà complesse. La caratteristica che lega le valutazioni alla teoria dei sistemi complessi è infatti insita nella loro capacità retroattiva, la quale consente di ripercorrere ciclicamente i vari step del processo decisionale e rivedere ex ante, in itinere ed ex-post i giudizi, la qualità dei dati e le procedure utilizzate. Le valutazioni integrate, pertanto, si pongono come dei processi metodologici che mirano a: legare in modo circolare questioni sussistenti a diversi livelli gerarchici nei processi politici e di pianificazione (integrazione verticale); considerare le interrelazioni esistenti fra piani e progetti che includono le dimensioni economiche, ambientali e sociali (integrazione orizzontale); integrare nei processi di *decision-making* la circolarità dei vari step che portano alla definizione delle scelte finali (processo di integrazione) (Fusco Girard et al. 2014).

La visualizzazione delle funzioni di paesaggio, attraverso il riconoscimento di LS ed ES come entità spazialmente esplicite, aggiunge una componente essenziale agli ambiti della ricerca scientifica sulla multifunzionalità dei paesaggi. Attraverso la mappatura dei servizi di paesaggio e dei relativi benefici, infatti, i *policy-makers* e gli esperti vengono supportati in modo più intuitivo, immediato e razionale nelle valutazioni della capacità dei paesaggi, avendo a disposizione la distribuzione spaziale delle funzioni. Tuttavia, è stato osservato come le funzioni di paesaggio in generale non siano precisamente misurabili, non essendo determinate da un unico driver, ma come costituiscano il risultato di un'eterogeneità di variabili spazio-temporali complesse. Con lo scopo di ridurre questa complessità, si fa ricorso a regole decisionali che consentono di generalizzare il problema e di ridurre il numero di variabili da affrontare. La riduzione delle variabili e la selezione dei dati è un'operazione che viene spesso effettuata dalla conoscenza esperta e che, talvolta, esprime assunzioni che non possono essere legate ai siti di indagine in modo spazialmente esplicito. In tal senso, gli avanzamenti della *GIScience* e la crescita esponenziale dei *databases* spaziali hanno indirizzato sempre di più i progressi metodologici verso le valutazioni integrate della multifunzionalità dei paesaggi (Bolliger et al. 2011; Li et al. 2013).

L'uso combinato di differenti metodi di valutazione consente infatti l'individuazione di molteplici servizi ecosistemici e di paesaggio. Le valutazioni economiche dei servizi ecosistemici, ad esempio, possono essere impiegate per stimare i benefici in termini economici derivanti dalla presenza dei servizi di regolazione forniti dagli ecosistemi naturali. Nello

specifico, i metodi economici del costo di danno evitato (Damage Cost Avoided) (Chiang et al. 2016) o del costo di sostituzione (Replacement Cost) (Cabeza & Moilanen 2006) servono infatti a stimare i costi derivanti dalla riallocazione o sostituzione di una proprietà immobiliare in caso di eventi calamitosi che si verificano in presenza o in assenza dei servizi di regolazione. Un altro caso emblematico si riferisce ai metodi dei prezzi edonici (Hedonic Pricing) (Brookshire et al. 1982; Whitehead 2006), delle preferenze dichiarate (Stated Preference) (Adamowicz et al. 1998), o delle valutazioni di contingenza, spesso impiegati per valutare i LS nei centri urbani in cui i benefici ricreativi, estetici e culturali sono maggiormente presenti. Fra questi ultimi, le valutazioni di contingenza, che mirano a valutare la disponibilità a pagare (Willingness to pay) per la gestione di beni che forniscono molteplici servizi ecosistemici e di paesaggio, sono sicuramente i metodi più utilizzati per derivare valori economici dagli ecosistemi naturali, sociali e culturali (Alberini & Kahn 2006).

Tuttavia, la considerazione esclusiva dei metodi economici comporta una serie di limitazioni che possono essere superate dagli approcci integrati. I costi desunti dai metodi economici di valutazione, ad esempio, non sono in grado di esprimere in modo esaustivo tutti i benefici che derivano da LS/ES, poiché spesso non includono le preferenze sociali e gli aspetti comportamentali degli individui in caso di assenza di questi servizi. Ciò può comportare, in effetti, un'incoerenza nei casi in cui i costi per la conservazione dei servizi superino i benefici derivanti alla società, nel momento in cui si ragiona in termini esclusivamente economici. Un'altra limitazione dei metodi economici, come già osservato in precedenza (cfr. 2.3), è insita nel fatto che i costi di sostituzione tendono a comparare le risorse naturali a beni di mercato. Tuttavia, poche risorse o servizi ambientali possono avere sostituzione diretta o indiretta, e ciò implica che i benefici derivanti dai servizi naturali sono difficilmente sostituibili, o comparabili, a quelli dei servizi sostituiti.

Infine, è importante considerare che gli approcci che ricercano il Valore Economico Totale (VET) del paesaggio rientrano nei metodi di valutazione statici, poiché rappresentano lo stato delle risorse in un prefissato momento nel tempo. Ciò segna anche la differenza fondamentale fra le valutazioni di contingenza, che indagano su preferenze e comportamenti in situazioni ipotetiche ed ideali, e i metodi dei prezzi edonici, che invece riguardano l'attualità (Sander et al. 2010; Brander & Koetse 2011; Gómez-Baggethun & Barton 2013).

In conclusione, anche gli approcci di *choice experiment*, applicati nelle valutazioni di LS/ES, possono essere utili ad elicitarne il valore di non-uso del paesaggio, dal momento che aggregano metodi e tecniche per la stima ex-ante delle preferenze sociali in vista di futuri cambiamenti nella produzione di beni e servizi ambientali, cercando di mettere in evidenza le preferenze degli individui che prendono parte ai processi di trasformazione del paesaggio e/o di coloro che ne subiscono le ricadute. Alla base di questi approcci sussiste la premessa che un bene/servizio (ecosistemico o di paesaggio) può essere suddiviso in un insieme di

caratteristiche peculiari al cui cambiamento sono sensibili individui o comunità di individui. La stima di questa sensibilità al cambiamento può essere valutata attraverso la disponibilità a pagare, oppure attraverso le altre tecniche sopra-menzionate (Vorlaufer et al. 2017).

Dalle potenzialità e dalle limitazioni esplorate fin qui è possibile desumere che la strada più opportuna per le valutazioni dei paesaggi multifunzionali è quella che segue l'integrazione di approcci, scelti a seconda delle differenti istanze che derivano dai contesti decisionali di indagine. Secondo questa prospettiva, le sfide messe in campo per l'applicazione degli approcci integrati possono essere sintetizzate in alcune questioni fondamentali affrontate negli attuali dibattiti scientifici sulle valutazioni. Tali questioni riguardano essenzialmente: l'esplicitazione e l'organizzazione delle problematiche fondamentali cui i dati raccolti provano a dare risposta; l'armonizzazione delle tecniche e dei metodi di valutazione utilizzati per selezionare/analizzare dati e indicatori rilevanti; la scelta di unità di analisi appropriate ai diversi contesti di indagine per garantire uniformità nei risultati; la chiara comunicazione delle ipotesi di lavoro alla base delle ricerche; ed, infine, il monitoraggio ciclico e l'aggiornamento di dati e informazioni alla base delle ipotesi iniziali. Queste sfide, insieme alla scelta di scale di indagine appropriate ai diversi contesti decisionali, si pongono alla base della conoscenza, della modellazione e della valutazione dell'Antropocene (Verburg et al. 2016).

3.3 I metodi multi-criteri

3.3 The multi-criteria methods

I metodi multi-criteri, nella loro formulazione più generale, possono essere considerati come un insieme di procedure sistematiche che servono a generare, valutare e selezionare decisioni alternative sulla base di criteri confliggenti e non commensurabili in modo tradizionale (Malczewski 2018). La multidimensionalità dei criteri decisionali, che è necessario considerare nelle valutazioni dei paesaggi multifunzionali, può essere gestita in modo ottimale dalle procedure multi-criteri, attraverso una peculiare introduzione di diversi sistemi di pesatura, che variano a seconda degli obiettivi e della struttura del problema decisionale, e che fondamentalmente servono a determinare priorità di scelta/azione (Nijkamp & van Delft 1977).

Recenti revisioni critiche della letteratura evidenziano un crescente interesse su questo tema in ambito internazionale negli ultimi venti anni, nonostante si riscontrino poche sperimentazioni a livello nazionale (Bottero & Ferretti 2013; Pereira et al. 2017)(Figure 11).

Le analisi multi-criteri (AMC) integrate ai sistemi spaziali di supporto alla decisione (SDSS) forniscono un set di metodi e strumenti in grado di combinare dati geografici con preferenze e giudizi di valore, allo scopo di migliorare i livelli informativi alla base dei processi decisionali. Le AMC sono utili ad affrontare le principali sfide relative alla valutazione di LS e ES, soprattutto nelle fasi di analisi di *trade-offs* e sinergie, e nella comunicazione efficace dei risultati delle valutazioni ai pianificatori e ai *decision-makers*. L'approccio multi-criteri, infatti, fornisce un

sistema di supporto alla decisione che permette di considerare, in modo flessibile, molteplici variabili, spesso caratterizzate da scarsa comparabilità. L'opportunità di analizzare queste variabili aiuta infatti a comprendere e gestire la complessità del sistema socio-ecologico dei paesaggi multifunzionali. In tal senso, questi metodi sono ideali per comprendere le relazioni fra i processi ecologici e le valutazioni sociali (Muller et al. 2010).

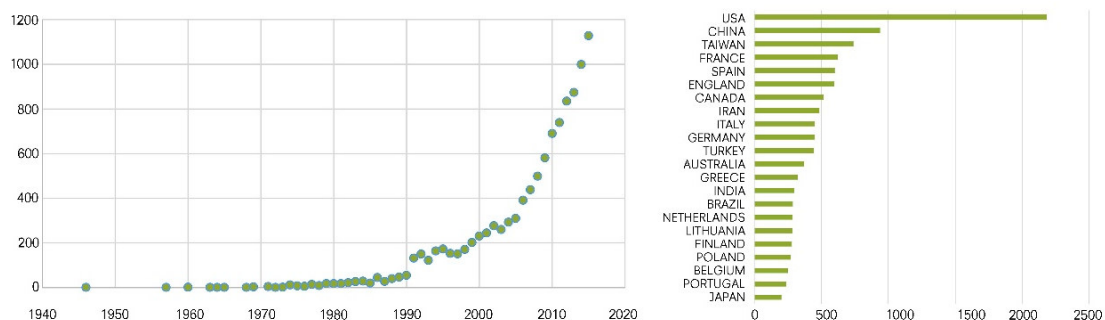


Figure 11 – Number of Articles on multi-criteria analysis by year and country of origin (Pereira et al. 2017)

Le AMC possono essere suddivise in due categorie principali, a seconda degli obiettivi e dei risultati che ci si prefigge di raggiungere a monte della costruzione del problema decisionale. Nella prima categoria rientrano i metodi di valutazione *alternative-based*, nei quali il modello viene costruito per valutare diverse alternative decisionali o scenari predefiniti. Il secondo gruppo di metodi, invece, è definito *value-based* perché tende a far emergere le alternative decisionali dall'assegnazione di valori ai criteri spaziali all'interno del contesto geografico analizzato.

Gli approcci valutativi sopra descritti (cfr. 3.1) possono essere confrontati con le tecniche di analisi multi-criteri spaziale che differenziano i modelli in: normativi e descrittivi. I modelli normativi servono a generare una rappresentazione formale di un sistema spaziale complesso attraverso l'individuazione di un flusso ottimale di azioni volto a preservare e valorizzare le risorse multidimensionali del paesaggio. I modelli descrittivi, invece, sono indirizzati alle valutazioni "del" paesaggio, in quanto servono a descrivere e rappresentare spazialmente il comportamento attuale degli agenti decisionali che operano sul paesaggio. A quest'ultima categoria appartengono i modelli di simulazione spaziale, come i software Agent Based Models (ABM) o Cellular Automata (CA), che rappresentano i cambiamenti che le scelte dei decisori apportano al pattern di usi del suolo in ambiente simulato. Questi modelli sono caratterizzati da una «razionalità esogena» che implica l'indipendenza fra il modello spaziale e i *Decision-makers* nella fase di costruzione del processo di simulazione.

Nell'ambito delle procedure multi-criteri spaziali per la valutazione dei paesaggi multifunzionali è tuttavia consigliato superare l'originaria dicotomia fra modelli descrittivi e normativi cercando di adottare piuttosto approcci prescrittivi e costruttivi. Questi approcci si differenziano entrambi dai precedenti poiché tengono conto delle istanze poste dagli

Stakeholder e dai gruppi di interesse fin dalle fasi iniziali della costruzione dei modelli di valutazione spaziale, focalizzandosi sulla singolarità e sull'unicità dei contesti decisionali e fondandosi su un tipo di «razionalità endogena». La differenza fra modelli prescrittivi e costruttivi è inoltre insita nella considerazione che: i primi cercano di migliorare il processo decisionale combinando i fondamenti teorici degli approcci normativi con le evidenze empiriche di quelli descrittivi, allo scopo di raggiungere una condizione preferibile/ottimale per il sistema analizzato (Zeleny 1998); i secondi, invece, sono orientati alla costruzione di modelli basati sulla collaborazione fra esperti e decisori al fine di raggiungere consenso sulle scelte di trasformazione del paesaggio (Roy 1993; Keeney 1996; Malczewski 2006). In tale prospettiva, la combinazione delle AMC con i GIS nei contesti di pianificazione e di *decision-making* aiuta a stimolare l'interazione sociale e la collaborazione fra esperti nel perseguire obiettivi comuni, grazie alla semplificazione operata dai sistemi informatici nel guidare le scelte in modo strutturato, orizzontale e trasparente.

La classificazione degli approcci multi-criteri in descrittivi, normativi, prescrittivi e costruttivi non riguarda i modelli in sé, ma piuttosto il modo in cui questi vengono utilizzati per strutturare e risolvere problemi decisionali (Malczewski & Rinner 2015).

Di seguito si presentano gli approcci multi-criteri che saranno impiegati nei casi di studio (cfr. 5) per: affrontare problemi decisionali non-strutturati o semi-strutturati; fornire sistemi di pesatura delle questioni (criteri) rilevanti; aggregare indicatori semplici in indici compositi; ed, in sintesi, valutare la multifunzionalità dei paesaggi. Di ciascun metodo impiegato si fornisce una descrizione sintetica delle caratteristiche principali (What), dei contesti decisionali nei quali è consigliabile l'utilizzo (When), ed, infine, dei vantaggi e degli svantaggi (Pros and Cons).

3.3.1 Il metodo della "Combinazione Lineare Pesata" (WLC)

3.3.1 The method of the "Weighted Linear Combination" (WLC)

La combinazione lineare pesata (WLC) è il metodo più frequentemente utilizzato negli approcci spaziali multi-attributo per le valutazioni dei paesaggi, a causa della sua integrazione con gli strumenti di analisi spaziale in ambiente GIS.

La formulazione matematica alla base del metodo WLC consiste nella combinazione di due componenti fondamentali nelle quali viene decomposto il problema decisionale: i "criteri peso" e la "funzione valore". L'output spaziale (mappatura) generato dal metodo associa alla *i*-esima alternativa decisionale geo-localizzata un set di criteri peso (w_n), combinando tali pesi con i criteri-valore o attributi (a_{in}), secondo la formula [3.1]:

$$V(A_i) = \sum_{k=1}^n w_k v(a_{ik}), \quad [3.1]$$

in cui $V(A_i)$ rappresenta il valore complessivo dell' i -esima alternativa alle coordinate geografiche (x_i, y_i) ; mentre $v(a_{ik})$ è il valore dell' i -esima alternativa rispetto al k -esimo attributo misurato come media della funzione valore. Secondo questa formulazione, le alternative spaziali, o *pixel*, caratterizzate dal valore più alto diventano le più preferibili, ossia, rispetto ai casi di studio in cui è stata applicata (cfr. 5.2-5.3), quella che rappresentano le migliori *performance* di fornitura di servizi ecosistemici (ES) e di paesaggio (LS).

Da un punto di vista applicativo, i vantaggi del metodo WLC sono insiti non solo nella semplicità d'uso e nella facile comprensione dei risultati, ma soprattutto nella possibilità di integrazione diretta in ambiente GIS. Questo metodo, applicato in una varietà di studi afferenti a diversi ambiti scientifici (Jankowski 1995; Geneletti 2005; Malczewski 2006), è inoltre apprezzato dai *decision-maker* per i buoni livelli di comunicabilità e intuitività dei risultati. Alcuni svantaggi sono tuttavia insiti nella linearità del metodo, che, assumendo un'indipendenza non verificabile fra le variabili (criteri) considerate, non è sempre in grado di cogliere le relazioni complesse che sussistono fra le componenti multidimensionali dei paesaggi. Un ulteriore svantaggio di questa metodologia è inoltre caratterizzato dal fatto che sussiste una forte dipendenza fra l'esperienza dei decisori e i pesi da essi assegnati ai criteri, per questo motivo diventa difficile catturare la complessità di un processo decisionale nel mondo reale, in cui i punti di vista, le percezioni e le preferenze risultano molteplici e divergenti (Sugumaran & Degroote 2010).

3.3.2 Il metodo entropico di attribuzione dei pesi

3.3.2 The entropy-based weighting method

Il metodo Entropy-based è una tecnica di pesatura di criteri multipli che non richiede la presenza di un agente decisionale, ma che si basa su una formulazione matematica legata al concetto dell'entropia dell'informazione di Shannon (Georgescu-Roegen 1974; Shannon & Weaver 1998). Secondo questo principio, l'entropia viene considerata come il grado di informazione contenuto in un messaggio. Estendendo questo approccio ai criteri-peso di un problema decisionale multi-attributo, è possibile quantificare il livello di importanza (priorità) dei criteri (indicatori) nelle valutazioni di scenari alternativi (Nijkamp & van Delft 1977; Malczewski & Rinner 2015).

La caratteristica fondamentale di questo metodo è insita nella sua capacità di fornire un sistema di pesatura oggettivo che può essere combinato con le preferenze soggettive degli *Stakeholder*, utilizzando altri metodi di *rating*, *ranking* o *out-ranking* per desumere queste ultime. Il sistema di pesatura duplice consente in questo modo di bilanciare la dimensione soggettiva, derivante dalle percezioni degli *Stakeholder* e dei decisori, con quella oggettiva, derivante dal grado di significatività dell'informazione contenuta nelle *feature* spaziali che rappresentano i criteri messi in campo durante il processo decisionale.

Il principio del metodo Entropy-based implica che ad un alto livello di diversificazione dell'informazione contenuta in un criterio spaziale corrisponda un alto grado di importanza di quel criterio, e viceversa. Quindi, tanto più i valori di entropia degli indicatori normalizzati in un *range* variabile da 0 a 1 tenderà ad 1, tanto maggiore sarà il loro peso nella determinazione dei risultati di un processo di valutazione indirizzato al *decision-making* spaziale. Il caso contrario, invece, oltre a dare informazioni sull'eventuale irrilevanza di un indicatore, consente anche la sua esclusione da un set di criteri di valutazione. Ciò costituisce uno dei principali vantaggi del metodo, che, se usato insieme alle tecniche di analisi multivariata che valutano la correlazione spaziale degli indicatori (Analisi delle Componenti Principali), può migliorare la coerenza, l'efficacia e l'attinenza dei criteri spaziali nei contesti decisionali complessi.

Per la formulazione matematica alla base di questo metodo si rimanda al caso studio applicativo n.1 (cfr. 5.2.2).

3.3.3 Il metodo del "Processo Analitico Gerarchico" (AHP)

3.3.3 The method of the "Analytic Hierarchy Process" (AHP)

L'Analytic Hierarchy Process (AHP) è un metodo multi-criteri non compensativo ideato da Saaty (Saaty 1987, 1990; Saaty & Vargas 2001), che si basa sulla scomposizione di un problema decisionale in un set gerarchico di obiettivi, criteri e alternative, e che può essere considerato un'implementazione sistematica del metodo WLC, analizzato in precedenza (cfr. 3.3.1), in quanto supporta i DM nello sviluppo di una struttura formale che contiene gli elementi prioritari di un problema decisionale. L'ordine gerarchico del modello consente infatti di organizzare i criteri (indicatori) di un contesto decisionale in vari livelli di categorie, all'interno delle quali vengono operati dei confronti a coppie. La comparazione a coppie, che è possibile solo fra elementi all'interno di una stessa categoria, fornisce un *rating* dei criteri prioritari e delle alternative preferibili: l'uno determinato dal grado di importanza (peso) attribuito ai criteri dagli *Stakeholder* coinvolti nel processo decisionale, l'altro ottenuto per combinazione matematica dalla complessiva aggregazione dei criteri pesati. In base a questa procedura, i vettori-priorità vengono calcolati attraverso il metodo dell'autovalore principale delle matrici che rappresentano i confronti a coppie fra criteri e alternative (Fusco Girard & Nijkamp 1997).

L'AHP spaziale può essere quindi considerato un'implementazione del metodo WLC che impiega la tecnica dei confronti a coppie per produrre una classifica delle alternative prioritarie. La formulazione matematica alla base del metodo può essere generalizzata nella sommatoria in formula [3.2]:

$$V(A_i) = \sum_{k=1}^n w_l w_{k(l)} v(a_{ik}), \quad [3.2]$$

in cui $v(a_{ik})$ rappresenta la funzione valore; mentre w_l è il peso attribuito all' l -esimo obiettivo (con $l = 1, 2, \dots, p$), e $w_{k(l)}$ è il peso assegnato al k -esimo attributo associato all' l -esimo obiettivo.

Sulla base dell'applicazione del modello AHP nei diversi contesti decisionali, è possibile ricondurre le modalità di aggregazione dei giudizi degli esperti, o degli *Stakeholder*, a due principali categorie (Höfer et al. 2016):

- *Aggregazione dei giudizi individuali.* Quando gli esperti, condividendo un sistema di valori univoco, riescono a stabilire le priorità sulla base di una logica di gruppo. In questo caso, il gruppo ragiona come singolo individuo, esprimendo un giudizio di preferenza collettivo. Ciò implica una convergenza di interessi degli *Stakeholder* verso un obiettivo comune, cosa che si verifica molto di rado in contesti decisionali complessi.
- *Aggregazione delle priorità individuali.* Quando le opinioni, gli interessi individuali e i sistemi di valori degli *Stakeholder* intervistati divergono in modo sostanziale. Questo caso necessita di due livelli computazionali: il primo relativo all'acquisizione delle priorità singole, e il secondo relativo alle possibili tecniche per aggregare tali priorità.

La tecnica più comune per aggregare preferenze espresse in modo divergente è la media geometrica. In base a questa tecnica, le priorità individuali possono essere aggregate secondo la formula [3.3]:

$$P_g(C_j) = \prod_{i=1}^n P_i(C_j)^{w_i}, \quad [3.3]$$

in cui $P_g(C_j)$ rappresenta la priorità relativa al gruppo di criteri j ; $P_i(C_j)$ è il vettore-priorità espresso dalla preferenza individuale i per il criterio j , mentre w_i rappresenta il peso del decisore i (con $\sum_{i=1}^n w_i = 1$) e n è il numero di decisori intervistati.

I principali vantaggi del metodo AHP derivano dalla possibilità di operare i confronti a coppie a vari livelli (dal generale al dettaglio), di desumere i pesi dei criteri dalla combinazione matematica delle matrici, e di determinare un risultato finale complessivo che considera tutte le alternative potenziali. Se implementato in ambiente spaziale, il confronto a coppie diventa determinante nell'attribuzione dei pesi per ciascuno dei livelli geografici (layer) che possono costituire un geo-database (Sugumaran & Degroote 2010), rendendo spazialmente esplicite le priorità dei criteri e le preferenze delle alternative. Il metodo AHP è particolarmente indicato nella risoluzione di problemi spaziali che includono un ampio numero di alternative difficilmente comparabili fra loro, poiché struttura il problema decisionale in modo gerarchico, consentendo di combinare le priorità per tutti i livelli della gerarchia.

Le limitazioni riguardano, invece, la possibilità di confrontare solo due criteri per volta e l'utilizzo di operazioni che convertono le valutazioni soggettive dell'importanza relativa dei criteri

in un set di pesi lineari, senza tenere conto del grado di incertezza legato alle preferenze degli agenti decisionali. In tal modo, la selezione delle informazioni elaborate nei criteri e le preferenze che i decisori esplicitano in giudizi soggettivi influenzano in modo sostanziale i risultati dell'AHP (Malczewski & Rinner 2015).

Nei casi di studio, che saranno presentati nei paragrafi successivi (cfr. 5.2, 5.4), il metodo AHP verrà impiegato all'interno di un modello di rappresentazione spaziale costruito in ambiente GIS attraverso un approccio *distance-based*, e consentirà di visualizzare le aree più sensibili alle valutazioni di LS/ES, corrispondenti alle Unità Minime di Mappatura (MMU) di una griglia spaziale geo-riferita.

3.3.4 Il metodo del "Processo Analitico a Rete" (ANP)

3.3.4 The method of the "Analytic Network Process" (ANP)

Un avanzamento del metodo AHP è costituito dal metodo Analytic Network Process (ANP), ideato dallo stesso autore (Saaty 2005) allo scopo di strutturare problemi a rete, considerando le interrelazioni, o interdipendenze, che sussistono fra criteri e alternative in ambienti decisionali complessi, nei casi in cui non è possibile utilizzare una logica gerarchica. L'approccio alla base del metodo è di natura olistica, in quanto permette di analizzare le dipendenze, o le influenze, tra cause ed effetti all'interno di un unico sistema in cui vengono disposte tutti i fattori che concorrono a rispondere ad un problema decisionale.

Il metodo ANP suddivide le componenti di un problema decisionale in due categorie principali: i nodi, che sono le entità minime che rappresentano i criteri o i sotto-criteri del problema, ed i cluster, che invece costituiscono le classi nelle quali i nodi-criteri possono essere categorizzati. L'implementazione rispetto al metodo AHP è fornita dalla possibilità di stabilire delle "dipendenze esterne" fra nodi che appartengono a cluster diversi, generando dei «rapporti di interazione» fra cluster differenti, e delle "dipendenze interne" fra nodi dello stesso cluster, costruendo dei cicli chiusi che esplicitano rapporti di dipendenza a catena fra componenti dello stesso cluster (Saaty & Vargas 2001; Saaty 2005; Bottero & Ferretti 2011; Cannemi 2012).

L'ANP si basa sullo stesso principio dei confronti a coppie utilizzato nel metodo AHP, con la differenza che le componenti costituenti la rete ed i risultati dei giudizi comparativi vengono computati ed estratti attraverso l'approccio matematico delle super-matrici. Tale approccio è finalizzato a determinare gli effetti delle dipendenze (esterne ed interne) fra cluster e nodi, ed implica l'utilizzo delle super-matrici come tipologie particolari di matrici i cui sotto-elementi (blocchi o subset) sono composti da un set di relazioni fra almeno due elementi o fattori del modello a rete. Nel metodo è possibile riconoscere tre tipologie principali di super-matrici:

- Le super-matrici ponderate e non ponderate, che rappresentano su righe e colonne tutti i fattori che compongono il sistema a rete prima e dopo la fase di esplicitazione delle preferenze da parte degli agenti decisionali;

- La super-matrice stocastica, le cui componenti vengono normalizzate per ciascuna colonna in un intervallo variabile da 0 a 1;
- La super-matrice limite, che corrisponde all'elevazione a potenza della matrice ponderata stocastica fino al raggiungimento degli stessi valori numerici su ciascuna delle colonne e che permette di desumere le priorità di ciascun elemento della rete.

Le super-matrici esplicitano le complesse combinazioni fra cluster e nodi che derivano: dalla strutturazione del problema decisionale, dal sistema di dipendenze interne o esterne fra fattori, e dalle preferenze espresse dagli *Stakeholder*. Dalle super-matrici limite è possibile, infine, estrarre i vettori-priorità che esplicitano il *ranking* dei criteri (cluster e nodi) e delle alternative in ordine di importanza.

L'utilizzo del metodo ANP viene riscontrato in molteplici studi che afferiscono a diverse aree di ricerca non solo come strumento per la modellazione normativa e descrittiva dei paesaggi, ma anche per quella prescrittiva e costruttiva (Malczewski & Rinner 2015). I principali vantaggi del metodo sono insiti nella possibilità di disporre le questioni che definiscono un problema decisionale all'interno di un network flessibile, e senza ricorrere alla definizione delle dipendenze gerarchiche fra gli elementi che, talvolta, sono difficili a determinarsi e non sono sempre idonee a modellare i problemi in modo realistico. La flessibilità implica anche un miglioramento dei risultati dei problemi decisionali che, grazie al meccanismo dei feedback e delle retroazioni, diventano più obiettivi e rispondenti alla complessità di situazioni reali.

Gli svantaggi del metodo, tuttavia, sono riscontrabili in una maggiore complessità delle fasi iniziali di ricerca/organizzazione delle basi informative che comporranno il modello, e successivamente nella determinazione delle relazioni di dipendenza fra gli elementi, che per essere più funzionali e realistiche dovrebbero essere stabilite nei contesti decisionali a monte della strutturazione del problema. Un'altra problematica è riscontrabile nella poca funzionalità del metodo in presenza di un numero consistente di fattori componenti la rete; in questo caso, infatti, la fase di comparazione delle componenti del sistema, che si realizza attraverso la somministrazione di questionari agli attori coinvolti nel processo decisionale, potrebbe comportare un dispendio di tempo e di risorse, nonché la presenza di alcune questioni poco significative, o altre cui è difficile dare una risposta (Belton & Gear 1983).

3.4 Recenti sviluppi degli approcci valutativi dei Landscape Services

3.4 Recent developments of the evaluation approaches of the Landscape Services

I principali sviluppi degli approcci di valutazione dei LS possono essere riassunti in quattro questioni fondamentali che riguardano: Scalarità, Generalizzabilità, Benefit-Centrism e Comunicazione dell'incertezza (Johnson et al. 2012). Le questioni vengono analizzate criticamente di seguito.

Scalarità. I servizi ecosistemici e di paesaggio vengono prodotti e fruiti a scale spazio-temporali differenti. La maggior parte degli studi relativi ai paesaggi multifunzionali, tuttavia, non considera le dinamiche spazio-temporali a causa della notevole complessità di selezione, rappresentazione e comunicazione relative a questo tipo di informazioni. Una delle principali sfide in questo campo di ricerca consiste nella costruzione di modelli capaci di adattarsi ai cambiamenti di scala, ricalibrando gli indicatori sulla base del grado di dettaglio e di disponibilità dei dati. In tal senso, i big-data e i sistemi informativi geografici (GIS) in modalità server stanno dando un contributo considerevole alla comprensione delle dinamiche spazio-temporali di vari fenomeni geografici (*geo-events*) che caratterizzano i paesaggi in trasformazione, implementando la capacità di archiviazione, visualizzazione e comunicazione dei database. Inoltre, un'analisi *cross-scale* del paesaggio può aiutare a comprendere gli esiti della pianificazione a scala regionale sui processi a scala locale (Barreto et al. 2010), considerando che le scelte operate ad un livello di pianificazione dei paesaggi più vasto hanno ricadute anche sui tessuti più minuti, generando conflitti ambientali a scala urbana e/o di quartiere.

Generalizzabilità. La comparabilità dei risultati generati da differenti tipi di approcci e modelli è una delle sfide decisive per i professionisti e i ricercatori che si occupano dei LS. I processi di *decision-making*, infatti, tendono a diventare complessi nel momento in cui i modelli utilizzano linguaggi, assunzioni e procedure differenti a seconda dei casi e dei contesti geografici di indagine. Lo sviluppo di un *framework* unificato per la quantificazione dei vari tipi di servizi darebbe un contributo notevole alle valutazioni spaziali, rendendo confrontabili i risultati e semplificando l'analisi dei *trade-off*.

Benefit-Centrism. La valutazione dei benefici dei servizi ecosistemici e di paesaggio sul sistema socio-economico, e viceversa, dovrebbe essere una questione centrale nei processi di modellazione del paesaggio. I modelli di simulazione attualmente si concentrano quasi esclusivamente sulla descrizione o sulla previsione degli effetti di vari stress ambientali (cambiamenti climatici, inquinamento, eccetera...) sul sistema fisico del paesaggio. Spostare l'attenzione sui benefici prodotti dai servizi potrebbe costituire un modo per migliorare le pratiche di pianificazione ed accrescere l'interesse delle comunità locali per queste tematiche.

Comunicazione dell'incertezza. La modellazione dei servizi ecosistemici e di paesaggio, non essendo un processo deterministico, riscontra un alto grado di incertezza che dovrebbe essere resa esplicita nella comunicazione dei risultati. La trasparenza dei processi di valutazione costituisce, infatti, una questione fondamentale per accrescere la fiducia nei sistemi di supporto decisionali e nelle pratiche di pianificazione/gestione sostenibile del paesaggio (Kinzig & Starrett 2003). La modellazione del sistema socio-ecologico del paesaggio, inoltre, implica l'utilizzo di dati raccolti e selezionati da discipline diverse e con obiettivi divergenti. Questa diversità di fonti, di metodi, di tecniche e di backgrounds scientifici diversi comporta la

necessità di esplicitare ed arricchire i meta-dati inclusi nei *database* per le valutazioni della multifunzionalità dei paesaggi. Un processo di armonizzazione di tecniche e metodi di valutazione della multifunzionalità può sicuramente fornire supporto nella comunicazione dell'incertezza legata ai concetti di LS e ES.

Le quattro questioni analizzate sintetizzano le attuali sfide che si trovano ad affrontare gli esperti ed i ricercatori che si occupano dell'approccio LS/ES in ambiti differenti. Tuttavia, il campo di ricerca sui paesaggi multifunzionali è ancora aperto ed in progressiva evoluzione. Per questo motivo futuri studi e ricerche porteranno alla definizione di nuove problematiche ma anche di possibili risoluzioni e avanzamenti nelle metodologie di indagine che si adotteranno e nei risultati che si conseguiranno.

4 Strumenti di supporto alle valutazioni dei Paesaggi Multifunzionali

4 Support tools for the Multifunctional Landscape evaluations

4.1 Sistemi Spaziali di Supporto alla Decisione

4.1 Spatial Decision-Making Support Systems

La teoria dei Sistemi di Supporto alla Decisione (DSS), ideata da Simon negli anni '60 (Simon 1960) e progredita fino ad oggi di pari passo con gli sviluppi delle Information and Communications Technology (ICT), è il campo di ricerca privilegiato per elaborare, sviluppare e testare nella pratica gli assunti derivanti dagli approcci integrati basati sul concetto di paesaggio multifunzionale. Un'indagine sulle valutazioni dei caratteri multidimensionali del paesaggio necessita infatti di approcci teorico-metodologici non tradizionali e orientati verso una visione sistemica.

I DSS costituiscono un significativo approccio metodologico-applicativo, utile a sistematizzare i processi decisionali che guidano i *Decision-Maker* (DM) verso scelte coerenti con gli obiettivi prefissati. Questi possono essere definiti come sistemi interattivi informatici progettati per supportare un utente o un gruppo di utenti al raggiungimento di un alto livello di efficacia nel risolvere problemi spaziali strutturati o semi-strutturati (Malczewski 1999). Dalla loro formulazione iniziale, che struttura il processo decisionale nelle fasi di *intelligence, design e choice*, i DSS vengono successivamente implementati con l'inclusione delle componenti spaziali, grazie all'avanzamento delle tecniche di *remote-sensing* e dei GIS. Si assiste in tal modo alla nascita dei Sistemi Spaziali di Supporto alle Decisioni (SDSS), le cui peculiarità sono insite: nella possibilità di gestire e analizzare dati spaziali, nel risolvere problemi semi-strutturati in modo iterativo, nel realizzare analisi di scenario, nel generare sistemi di relazioni e visualizzare spazialmente dati e indicatori (Sugumaran & Degroote 2010).

In sintesi, gli elementi peculiari dei GIS sono individuabili nel riconoscimento delle molteplici dimensioni del paesaggio (spaziale, geografica, economica, sociale, ambientale, antropologica, culturale), grazie all'identificazione dei dati soft e hard e all'attivazione di varie forme di conoscenza (esplicita, sistematizzata, esperienziale/pratico-contestuale, implicita); nella specificazione dei valori complessi e nell'identificazione di valori insiti nella conoscenza ottenuta attraverso la loro rappresentazione spaziale; nell'esplorazione delle opportunità di valorizzazione del paesaggio all'interno di un più ampio contesto decisionale (Cerreta & Poli 2013).

Il ruolo fondamentale dei GIS è quindi insito nella capacità di esplicitare la componente spaziale del dato, ed è per questo che possono essere considerati come gli strumenti più avanzati nella gestione di un processo decisionale di pianificazione sostenibile (Campagna 2005). Come già osservato (cfr. 3.3), un'ulteriore opportunità fornita dagli strumenti GIS risiede nella loro capacità di combinare l'analisi spaziale di dati geografici e indicatori con le tecniche di analisi multi-criteri (AMC). Le AMC, costituendo un approccio inclusivo degli strumenti finora menzionati, fornisce un'ampia gamma di tecniche per strutturare i problemi decisionali, valutare le alternative e ordinarle in base alle priorità. La combinazione delle AMC con l'analisi spaziale, inoltre, permette la creazione di Sistemi di Supporto alla Decisione Spaziali Multicriteri (MC-SDSS), che sono in grado di integrare, in base a specifiche ed opportune regole decisionali, i dati geografici con le preferenze dei Decision-Makers (DM) e l'aggregazione degli indicatori (Serrano Tovar et al. 2014).

L'integrazione GIS-AMC è utilizzata in numerose applicazioni di ambiti differenti, tra cui si annoverano: pianificazione e gestione delle risorse ambientali, ecologia, trasporti, pianificazione urbanistica, gestione dei rifiuti, idraulica, agricoltura, eccetera.

Nello specifico, la mappatura degli indicatori spaziali, essendo parte di un processo di *decision-making* orientato al territorio, rappresenta uno strumento significativo per promuovere la comunicazione fra i diversi *Stakeholder* e le comunità locali, costruire sistemi di valutazione spaziale degli impatti, agevolare la scelta tra alternative ed, infine, supportare processi decisionali interattivi che tengono conto di *feed-back* e di azioni incrementalmente e flessibili (Fusco Girard et al. 2012).

Nell'ambito degli approcci integrati e delle valutazioni strategiche, le Analisi Decisionali Multi-Criteri (MCDA) integrate ai GIS sono diventate ormai di notevole importanza per affrontare problemi relativi alla progettazione, alla modellazione e alla gestione degli interventi sul territorio, nonché alla valutazione di diverse alternative (Malczewski 2006). In questi campi, caratterizzati da complessità e incertezza, le analisi multi-criteri diventano lo strumento per esplicitare i contributi delle opzioni di scelta nei confronti dei diversi criteri, in base ai quali vengono comparate le alternative sulla base degli obiettivi e delle preferenze dei decisori (Feizizadeh et al. 2014). Sebbene i GIS e le AMC possano essere utilizzati in maniera del tutto indipendente per affrontare problemi semplici, la loro integrazione è indispensabile in problemi multi-disciplinari e multidimensionali, il cui scopo è conseguire un equilibrio tra sviluppo economico, tutela ambientale ed equità sociale al fine di giungere alla soluzione ottimale (Li et al. 2004). I sistemi di supporto decisionale GIS-MCDA stanno inoltre diventando strumenti capaci di risolvere questioni spaziali in supporto ai processi decisionali che affrontano problemi in cui intervengono criteri conflittuali (Kordi & Brandt 2012).

Integrare gli strumenti GIS con le analisi multi-criteri significa inoltre far confluire le informazioni spaziali classificate secondo criteri multipli in un unico indice di valutazione (Chen

et al. 2010). I SDSS così strutturati (GIS-MCDA) riescono a fornire un quadro metodologico per contemplare i diversi punti di vista e le componenti di un problema decisionale, organizzandoli in una struttura gerarchica che tenga conto delle singole parti tanto quanto delle reciproche interrelazioni e definendo nuovi approcci volti a fornire tecniche e strumenti capaci di: combinare le informazioni multidimensionali relative a dati geografici, identificare le priorità, ed esplicitare le preferenze degli attori coinvolti nell'ambito dei processi decisionali (Figure 12).

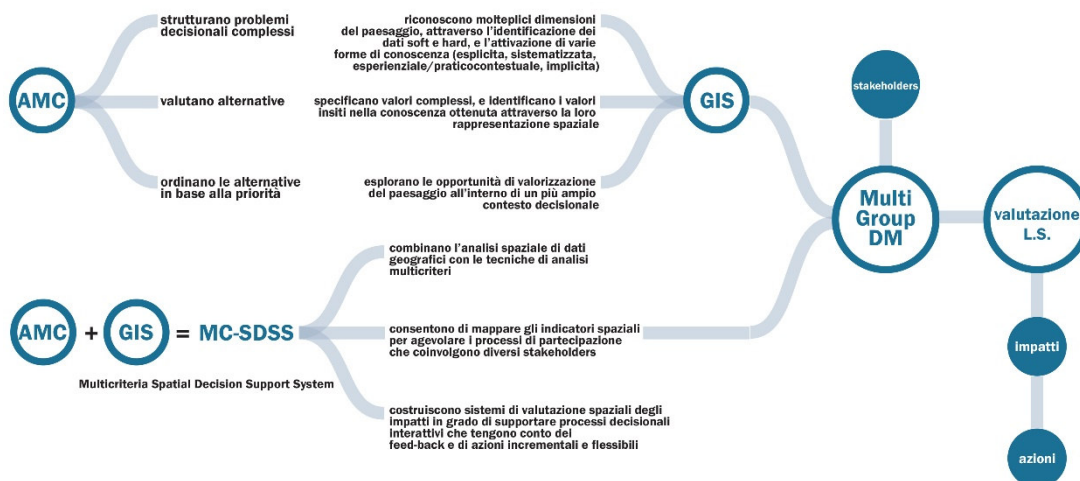


Figure 12 – Multi-Criteria Analysis and GIS in the Spatial Decision Making Support Systems

4.2 Indicatori Spaziali dei Landscape Services

4.2 Spatial Indicators of the Landscape Services

L'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OECD) ha fornito nel corso degli anni delle linee guida per l'attivazione dei processi di Agenda 21 Locale promossi dalla Conferenza delle Nazioni Unite di Rio de Janeiro nel 1992 (UN 1992). In particolare, la metodologia proposta dall'OECD per il perseguimento di strategie di sviluppo sostenibile riguarda l'utilizzo, nell'ambito dei processi decisionali, di strumenti analitici che siano in grado di agevolare la comprensione e la valutazione di questioni complesse. Tali strumenti sono gli indicatori, che nella loro accezione più ampia possono essere definiti come quei «parametri che servono a descrivere un determinato fenomeno dal punto di vista quantitativo o qualitativo» (UN 2007; Garnåsjordet et al. 2012)

Gli indicatori sono infatti strumenti estremamente utili alla descrizione, alla conoscenza ed alla valutazione del sistema socio-ecologico del paesaggio, dal momento che essi riescono a semplificare questioni complesse rendendole più comprensibili, ed utilizzabili anche dai non esperti, all'interno dei processi decisionali di pianificazione e gestione del paesaggio. La caratteristica fondamentale degli indicatori, infatti, è insita nella loro capacità di evidenziare, e soprattutto di selezionare, informazioni rilevanti che possono essere comprese a livelli differenti e che forniscono un quadro consistente dei fenomeni in atto sui territori. L'uso di un set di

indicatori per la comprensione di quelle attività umane che hanno un impatto negativo sugli ecosistemi biofisici, per esempio, supporta la comunicazione di tali informazioni nei dibattiti pubblici e nelle procedure decisionali per l'adozione di misure e politiche specifiche.

Uno degli svantaggi nel loro utilizzo, tuttavia, si constata nel fatto che un set di indicatori non sarà mai in grado di fornire una comprensione totale del sistema oggetto di studio. La conoscenza del sistema sarà infatti condizionata non solo dalla scelta e dalla selezione dei singoli dati, ma anche dal contenuto parziale dell'informazione che gli indicatori contengono. Per questo motivo, diventa di fondamentale importanza effettuare una valutazione ciclica e una re-interpretazione degli indicatori, alla luce di una continua comprensione dell'organizzazione e del funzionamento dei contesti di indagine (Zurlini & Girardin 2008).

L'importanza di sviluppare indicatori di sostenibilità deve essere sentita non solo dal punto di vista tecnico, attraverso lo sviluppo di metodi e procedure per strutturare e comunicare informazioni, ma anche dal punto di vista socio-politico, come il risultato di decisioni normative che ribadiscano le priorità relative alle questioni messe in campo. In tal senso, è possibile riconoscere nella pratica dello sviluppo degli indicatori di sostenibilità un processo duplice che conduce, da un lato, alla "produzione di conoscenza" e, dall'altro, alla "creazione normativa" (Rametsteiner et al. 2011).

Nei processi decisionali trans-disciplinari viene rivolta una notevole importanza alla comunicazione di informazioni che variano fra conoscenza scientifica e pratiche attive nelle comunità locali. Tradurre queste informazioni in indicatori significativi che facilitano la comprensione dei fenomeni in atto sui territori può migliorare la comunicazione e la comprensione dei molteplici e spesso confliggenti punti di vista degli *Stakeholder*. L'organizzazione dell'informazione alla base di un problema decisionale, infatti, aiuta a dare rilievo, legittimità e credibilità scientifica ai prodotti della ricerca, soprattutto nelle loro fasi di applicazione pratica.

In tale prospettiva, gli indicatori, semplici o composti, vengono riconosciuti come utili strumenti di *policy-making* e di comunicazione pubblica grazie alla loro capacità di esplicitare informazioni sintetiche relative alle *performance* dei paesaggi, considerandone gli aspetti multidimensionali (KEI 2005). Gli indicatori, inoltre, non servono solo a misurare valori ma anche a crearne di nuovi. Essi, infatti, hanno la capacità di generare interesse intorno a questioni fortemente sentite nei contesti decisionali e, in tal modo, consentono di gestire la complessità delle numerose dinamiche che caratterizzano i paesaggi, condensando le informazioni in indici quantitativi (Meadows 1998). In base al TEEB, infatti, la definizione di indicatore è insita nella sua capacità di «dare suggerimenti su qualcosa di interesse pubblico derivato da misurazioni» (traduzione dell'autore) (TEEB 2010).

Secondo altri punti di vista, invece, gli indicatori di sostenibilità dei paesaggi multifunzionali derivano dalla necessità da parte di organizzazioni, gruppi esperti, individui e società di trovare

modelli, strumenti e metriche per comprendere l'insostenibilità di determinate attività antropiche, al fine di mitigarne gli impatti sui paesaggi attraverso l'uso di sistemi di supporto alla decisione intelligenti (Bebbington et al. 2007; Singh et al. 2012).

Nel 2015, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, con la risoluzione 70/1 relativa all'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, ha promosso un set di indicatori tematici per il monitoraggio della sostenibilità a scale differenti (UN 2015). La normativa individua cinque dimensioni macro ("people", "planet", "prosperity", "peace", "partnership"), che a loro volta si declinano in 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) e 169 *targets*. A ciascuno di questi sono collegati alcuni indicatori di monitoraggio che costituiscono una proposta iniziale dell'Unione improntata ad aprire tavoli di dibattito e promuovere la costruzione di nuovi indicatori, anche attraverso l'integrazione di informazioni geo-spaziali (UN 2016).

Il termine *ecosystem services* compare per la prima volta nella normativa all'interno del target 15.1, che si riferisce all'obiettivo 15 dei Sustainable Development Goal Indicators (SDGIs) denominato "Life on Land". Tuttavia, si evince come la normativa europea non abbia ancora pienamente metabolizzato tale concetto, dal momento che l'accezione data ai servizi ecosistemici sembra fare implicito riferimento ai soli servizi di regolazione che forniscono gli ecosistemi terrestri e marini (foreste, aree umide, montagne, eccetera), ponendo l'accento sulla loro conservazione e rigenerazione.

È stato osservato come i concetti di LS e ES funzionino da «boundary object» nei diversi domini della conoscenza normativa, sistemica e trasformativa per rendere operative le pratiche di sostenibilità. Una delle principali sfide che l'Unione Europea sta affrontando a livello normativo è, infatti, indirizzata a fornire linee guida per la mappatura e la valutazione dei servizi ecosistemici e di paesaggio attraverso la costruzione di indicatori spaziali significativi. Nonostante ciò, la multifunzionalità dei servizi genera letture differenti dei paesaggi, rendendo i risultati delle valutazioni fortemente dipendenti dagli indicatori selezionati, dagli obiettivi degli *Stakeholder* e dalla loro comprensione dei servizi individuati (Lamarque et al. 2011).

4.3 Strumenti di analisi spaziale per la costruzione di indicatori compositi

4.3 Spatial analysis tools for the design of spatial indicators

Si è evidenziato in precedenza come i progressivi sviluppi delle tecnologie informatiche abbiano portato all'implementazione delle banche dati a livello globale, indirizzando la ricerca verso una visione multidimensionale dei fenomeni. Ciò ha comportato una ridefinizione delle tecniche e degli strumenti di indagine, che è stata recepita dall'OECD (OECD 2008) attraverso la costruzione di nuove linee guida in grado di integrare la multidimensionalità e la complessità delle questioni ambientali, economiche e sociali in atto.

I recenti modelli proposti riguardano la costruzione di indicatori compositi, ossia di indicatori singoli combinati insieme in un indice sintetico, determinato dalla selezione di criteri

chiave per la comprensione delle questioni analizzate. Gli indicatori composti servono quindi a misurare, in modo ideale, quei concetti multifunzionali che in ambito complesso non possono essere esplicitati per mezzo di indicatori semplici, o tramite un set di indicatori semplici, senza una rilevante perdita di informazione. Tali approcci pongono l'accento sulla scelta adeguata delle procedure di aggregazione matematiche o statistiche degli indicatori, e comportano vantaggi e svantaggi insiti sostanzialmente: nella definizione di criteri e obiettivi condivisi alla base del processo di selezione delle informazioni, nell'utilizzo di una metodologia di aggregazione trasparente, nella esplicita condivisione dell'informazione finale nei contesti di indagine e/o negli ambiti politici, ed, infine, nella qualità dei dati a disposizione.

Nei capitoli precedenti sono stati presentati alcuni dei metodi possibili per pesare gli indicatori in ambiente esperto e/o multi-gruppo (cfr. 3.3). Una questione fondamentale riguarda, tuttavia, le modalità di aggregazione di indicatori spaziali semplici per la costruzione di indicatori composti, che, come sopra accennato, servono a fornire informazioni sintetiche per le valutazioni dei paesaggi multifunzionali, e, nel caso di questa tesi, per la costruzione di Indicatori Spaziali Compositi di Sostenibilità (Spatial Composite Indicators of Sustainability). È possibile riconoscere in letteratura tre principali metodi di aggregazione degli indicatori semplici a seconda delle regole matematiche impiegate, che li classificano in: metodi additivi (i), geometrici (ii) e non-compensativi (iii) (Gan et al. 2017).

I metodi additivi (i) rientrano nella categoria più semplice dal punto di vista operativo e di facile comunicazione; due caratteristiche che li rendono i più utilizzati per aggregare informazioni in diversi contesti. In linea generale, la formulazione matematica che li caratterizza si basa sulla somma dei valori normalizzati di indicatori semplici e sulla conseguente produzione di indici composti che misurano le *performance* di sostenibilità dei paesaggi, secondo un approccio che prevede la totale compensazione fra gli indicatori. Questi metodi, che nella maggior parte dei casi utilizzano medie aritmetiche pesate, o simili operazioni di tipo lineare, richiedono l'assunzione di due condizioni fondamentali, per le quali: i contributi di tutti gli indicatori semplici vengono sommati insieme senza considerare conflitti o sinergie, e gli indicatori selezionati sono mutuamente indipendenti fra di loro nella determinazione dei risultati finali. Tali circostanze si verificano raramente nei contesti decisionali reali; ciononostante, qualora sia possibile assumere una condizione generale di indipendenza fra gli indicatori, i metodi additivi possono essere utili a far cogliere le questioni rilevanti in contesti più eterogenei, semplificando le procedure computazionali, la trasparenza e la comunicazione dei risultati dei processi decisionali.

La seconda tipologia di metodi (ii), invece, utilizza funzioni moltiplicative che, a differenza di quelle additive, consentono una compensazione limitata fra gli indicatori. La più comune procedura di aggregazione per i metodi moltiplicativi è la media geometrica pesata che ha la

capacità di evitare che gli indicatori con valori molto bassi vengano completamente compensati/sostituiti dagli indicatori con valori alti.

Nei metodi non compensativi (iii), infine, rientrano le procedure di aggregazione multi-criteri che sono le tecniche più idonee da impiegare negli studi sulla sostenibilità dei paesaggi, soprattutto se ci si riferisce ad una visione di "sostenibilità forte" in cui non è contemplabile la sostituzione dei "capitali" del paesaggio (Fusco Girard 1987; Costanza et al. 1997; Wu 2013; Fusco Girard et al. 2014), ovvero degli indicatori che li rappresentano in un ambiente di modellazione simulato. Le analisi decisionali multicriteri (MCDM) costituiscono un campo di indagine che si confronta con decisioni complesse che devono essere prese in presenza di molteplici criteri (Munda 2002), ed il cui scopo è indirizzato all'esplicitazione di preferenze soggettive/oggettive e visioni differenti di paesaggio. Da questo punto di vista, è infatti possibile definire qualsiasi problema di valutazione della sostenibilità dei paesaggi come un problema multi-criteri (Munda 2005; Gan et al. 2017). Nel caso di questa tesi, i risultati dei metodi non compensativi, ottenuti con approcci multi-criteri, sono stati basati sulle preferenze degli esperti o dei DM e hanno prodotto un *ranking* degli indicatori di *performance* dei paesaggi multifunzionali in termini di fornitura di servizi per ciascuna unità di valutazione predefinita. La non compensazione fra gli indicatori ha consentito di ottenere risultati più coerenti di quelli che sarebbero stati ottenuti con regole di aggregazione lineare, e tutti i pesi desunti dalle procedure multi-criteri hanno consentito di determinare l'importanza relativa di ciascun indicatore a seconda dei diversi obiettivi dei casi di studio (cfr. 5.1-5.4).

La modellazione di indicatori spaziali compositi richiede l'impiego adeguato di quegli strumenti della GIS-science che consentono di implementare i risultati delle valutazioni multidimensionali, attraverso tecniche e modelli che indagano in modo esplicito i pattern e i processi spaziali. In questo modo, i valori degli indicatori di LS/ES che esprimono le *performance* di sostenibilità dei paesaggi non dipenderanno soltanto dalle caratteristiche intrinseche e/o dalle preferenze dei DM, ma anche dalla loro posizione in un contesto geografico definito. La distribuzione spaziale dei valori di paesaggio, in relazione con la configurazione delle sue strutture fisiche (Goodchild & Haining 2004; Malczewski & Rinner 2015), genera in tal modo risultati più consistenti e contestualizzati, adottando un approccio *place-based* tipico della LSS.

L'uso dei modelli di simulazione, utili a studiare gli effetti delle trasformazioni sul sistema multidimensionale del paesaggio, e dei modelli di ottimizzazione, che invece mirano alla definizione di azioni/soluzioni che rispondano in modo ottimale agli obiettivi prefissati, si pone alla base dell'approccio spaziale della GIS-science. Le valutazioni integrate, implementate in ambiente spaziale, dovrebbero quindi implicare l'utilizzo sinergico di entrambi gli approcci di modellazione del paesaggio in un ciclo continuo in cui: la conoscenza del paesaggio come sistema complesso guida la valutazione delle componenti caratterizzanti espresse in termini di

servizi, e, viceversa, la valutazione di questi servizi migliora la conoscenza delle dinamiche e dei valori caratterizzanti il sistema.

In conclusione, le differenti tecniche di mappatura degli indicatori spaziali che rappresentano LS/ES costituiscono un modo efficace per coinvolgere *Stakeholder* e comunità locali nel riconoscimento dei valori dei paesaggi locali, anche mediante l'uso combinato di approcci interpretativi e partecipativi. In base all'ultimo *follow-on* del National Ecosystem Assessment (UK-NEA), ad esempio, la mappatura di LS/ES, e degli indicatori chiave che li rappresentano, costituisce il terreno comune che, legando insieme dati qualitativi e quantitativi, consente di analizzare in modo più immediato ed efficace gli aspetti multifunzionali dei paesaggi complessi, grazie ad approcci differenti fra loro ma che interagiscono in modo sinergico nella produzione e nella condivisione dei risultati (Kenter et al. 2014).

4.4 La scelta dell'unità minima di mappatura: un approccio Grid-Based **4.4 The choice of the minimum mapping unit: a Grid-Based approach**

L'applicazione del concetto di multifunzionalità, relativo alla capacità dei paesaggi di produrre un ampio spettro di funzioni sociali, economiche e ambientali (Butler et al. 2009), introduce alcune questioni rilevanti sugli approcci valutativi più indicati da utilizzare per la modellazione del SES e per la quantificazione dei relativi servizi/benefici che i paesaggi forniscono all'uomo. È stato già osservato come i paesaggi multifunzionali hanno bisogno di essere indagati a scale differenti (cfr. 3.4), al fine di comprendere in modo più completo le dinamiche di funzionamento e le possibili ricadute delle scelte di trasformazione a vari livelli. A tal proposito, un approccio d'interesse per questa ricerca, proposto nell'ambito dell'accordo di convenzione Horizon 2020 (European Union Funding For Research & Innovation) n. 690474, è stato adottato dal gruppo di lavoro esperto "EKLIPSE" per indagare sui possibili benefici derivanti dall'adozione di Nature-Based Solution (NBS) a diverse scale (Raymond et al. 2017). Uno degli aspetti di maggior interesse è relativo all'identificazione delle diverse scale (macro, meso e micro) alle quali è possibile valutare le ricadute e gli impatti delle soluzioni adottate, attraverso la selezione di un set di indicatori significativo per ciascuna scala di indagine (Figure 13). Questa metodologia può essere adottata per l'identificazione e la valutazione di LS/ES, soprattutto nei casi in cui si utilizzano indicatori spaziali come *proxy* per rappresentare le caratteristiche e le dinamiche dei paesaggi multifunzionali attraverso la mappatura delle entità geografiche (materiali e immateriali) che producono servizi/benefici.

L'analisi *cross-scale*, se implementata in ambiente GIS, richiede inoltre la scelta di una superficie statistica omogenea sulla quale sia possibile rappresentare dati e indicatori con fonti, formati, attributi e risoluzioni spaziali differenti (Li et al. 2013). Riguardo a questa tematica, l'Unione Europea, con la Direttiva 2007/2/EC (European Parliament and Council 2007), ha avviato un processo di armonizzazione dei dati indirizzato alla costruzione di un'Infrastruttura

per l'Informazione Spaziale nella Comunità Europea (INSPIRE), utile a migliorare la disponibilità, la qualità, l'accessibilità e la condivisione delle informazioni spaziali, e con l'obiettivo di raggiungere l'interoperabilità fra le piattaforme di produzione e diffusione delle informazioni spaziali. Una delle *task* specifiche della Direttiva consiste, infatti, nella definizione di un sistema geografico a griglia come base comune ai Paesi dell'Unione allo scopo di realizzare il processo di armonizzazione e rendere più efficace la comunicazione dei dati, tenendo in conto l'eterogeneità spaziale delle *feature* che caratterizzano i paesaggi contemporanei.

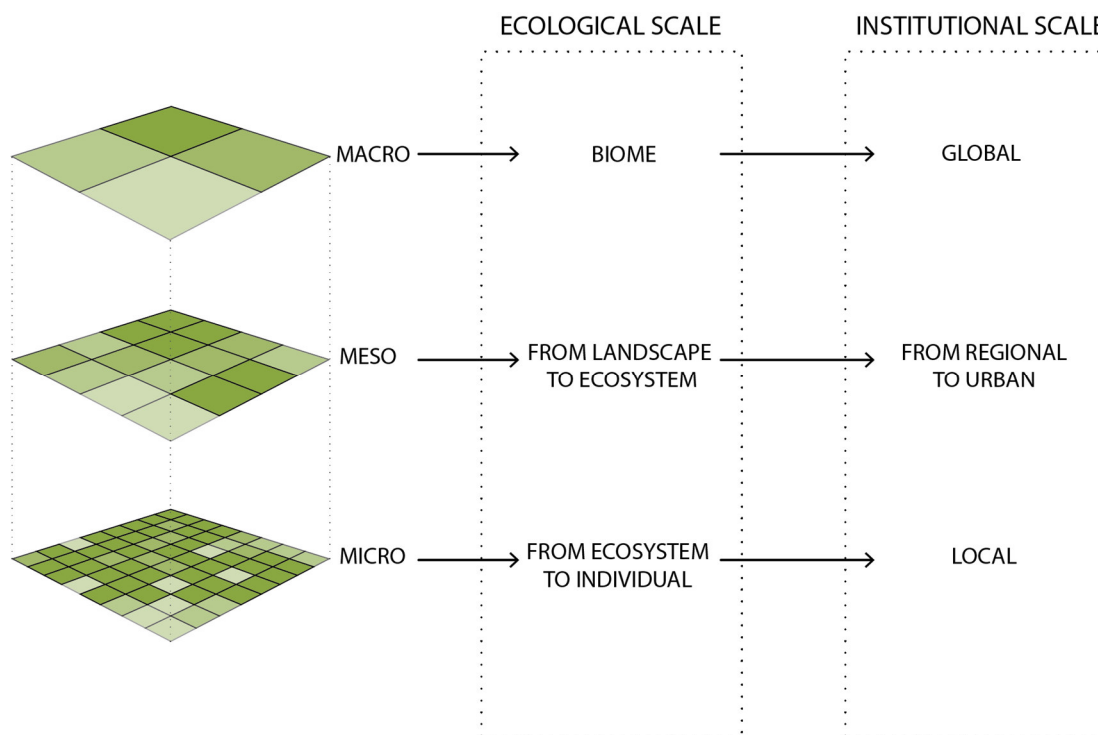


Figure 13 – The Multifunctional Landscape scales (revisited from EKLIPSE Expert Working Group 2017)

In questa prospettiva di ricerca, la scelta di una unità minima di mappatura (UMM) diventa propedeutica all'elaborazione degli indicatori spaziali che identificano i servizi ecosistemici e di paesaggio. L'UMM, nell'ambito delle tecniche di Remote Sensing (RS), può essere definita come: «l'entità areale di più piccola dimensione da mappare come entità discreta» (Knight & Lunetta 2003). L'utilizzo di una griglia regolare, a maglia rettangolare o quadrata, viene generalmente preferito negli studi ambientali a causa del sistema di coordinate simmetrico e ortogonale, e per il frequente utilizzo del formato *raster* (costituito da pixel regolari) nel rilascio di dati spaziali in ambiente GIS (Birch et al. 2007). Un'altra peculiarità delle griglie a maglia regolare è inoltre insita nella possibilità di combinare le unità di mappatura in nuove celle ad una risoluzione più dettagliata, consentendo di studiare gli effetti cumulativi delle trasformazioni del paesaggio a scale diverse, come proposto dall'approccio EKLIPSE. In sintesi, l'utilizzo di poligoni regolari nella definizione di UMM si dimostra efficace per la rappresentazione della

variabilità spaziale dei fenomeni indagati e si pone come un metodo indicato per generalizzare dati, mappature statistiche, e valutazioni spaziali (EEA2006).

La scelta di un'opportuna UMM, inoltre, diventa rilevante nel momento in cui si manipolano dati spaziali soggetti ad alcuni problemi noti in letteratura; in particolare nella risoluzione del "Modifiable Areal Unit Problem" (MAUP) che può compromettere in modo sostanziale i risultati finali delle analisi (Openshaw 1983). Nell'utilizzo di dati censuari, ad esempio, la scelta di una corretta unità di aggregazione dei dati deve essere valutata fin dalle fasi iniziali di indagine, nella considerazione che la scelta di unità statistiche differenti può condurre a risultati totalmente diversi, poichè genera nuovi pattern e relazioni spaziali fra le *feature* che compongono l'area di analisi (O'Sullivan & Unwin 2014; Cerreta et al. 2016).

5 Casi di studio

5 Case studies

5.1 Introduzione ai casi studio: tre metodologie a confronto

5.1 Case study introduction: a comparison of three methodologies

In questo capitolo si intendono presentare tre esperienze di valutazione dei paesaggi multifunzionali e confrontare gli approcci utilizzati ed i risultati ottenuti, evidenziando le peculiarità di ciascuno, ma anche le criticità e le questioni aperte nella strutturazione metodologica. In questo modo si intendono individuare le invarianti dei processi metodologici elaborati in differenti contesti decisionali per la comprensione e la valutazione delle dinamiche multifunzionali dei paesaggi. Le tre sperimentazioni si riferiscono a esperienze di valutazione elaborate con approcci ibridi, che presentano come comune presupposto, maggiormente rilevante, un modello di conoscenza e rappresentazione basato su indicatori spaziali multidimensionali.

A partire dai risultati delle sperimentazioni si intende strutturare una proposta metodologica, che integri strumenti differenti per l'identificazione delle caratteristiche economiche, socio-culturali, ambientali del paesaggio e per l'individuazione dei valori ad essi connessi.

La differenza fra i termini identificazione (*identification*) e individuazione (*recognition*) si riferisce ai differenti approcci utilizzati per dedurre informazioni e trasformarle in indicatori. Mentre con il processo di identificazione si allude ad un approccio quantitativo utile ad accrescere, organizzare e gestire il bagaglio di conoscenza relativo al paesaggio, l'individuazione si riferisce, invece, ad una presa di coscienza dei valori legati al paesaggio e a tutti quei metodi che sono in grado di elicitarli, rappresentarli e valutarli.

I tre casi analizzati si riferiscono a tre territori diversi dal punto di vista geografico, morfologico e fisico, ma che presentano delle invarianti nella loro struttura sociale, culturale ed economica.

Il caso studio n°1 è indirizzato alla costruzione di un sistema di supporto alle decisioni collaborativo per la valutazione dei caratteri multifunzionali dei paesaggi che costituiscono il Parco Nazionale del Cilento (PNC), attraverso l'impiego di metodi spazialmente espliciti. Lo studio è stato elaborato a partire dai risultati del progetto di ricerca "Cilento Labscape: Un modello integrato per l'attivazione di un Living Lab nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni", nell'ambito del programma di Finanziamento per l'avvio di Ricerche Originali (F.A.R.O.), promosso dall'Università Federico II di Napoli e coordinato dalla prof.ssa Maria

Cerreta. I due principali metodi di valutazione impiegati sono: il metodo "Entropy-based" per la pesatura oggettiva degli indicatori spaziali selezionati in assenza di agenti decisionali, ed il metodo di aggregazione WLC per l'elaborazione di indicatori spaziali compositi di LS/ES.

Il caso studio n°2 è stato sviluppato a partire da una ricerca fra l'ente del Parco Regionale del Partenio (Avellino) ed il Dipartimento di Architettura (DIARC) dell'Università di Napoli Federico II con l'obiettivo di redigere delle linee guida per la costruzione di un Gruppo di Azione Locale (GAL) fra 27 comuni localizzati nei dintorni del parco, allo scopo di promuovere un rilancio in chiave di turismo sostenibile per questi territori. Il principale metodo di valutazione utilizzato in questo studio è l'ANP, implementato in ambiente GIS grazie all'utilizzo di un metodo di aggregazione moltiplicativo per la valutazione di tre scenari di sviluppo preferibili.

Il caso studio n°3 propone invece l'elaborazione di un SSDS, integrato ad una piattaforma GIS in sinergia con lo strumento di valutazione AHP, utile ad elaborare una mappatura dei *landscape services* in funzione di possibili scenari di trasformabilità per l'area metropolitana di Napoli, caratterizzata da 14 Comuni che costituiscono le "Larger Urban Zones" mappate dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA).

È stato già descritto in precedenza come i metodi multi-criteri possano essere differenziati in due categorie fondamentali (cfr. 3.3). Sulla base di questa classificazione, è possibile ascrivere il caso studio n°2 nel gruppo di metodi *alternative-based*, poiché lo scopo di questa indagine mira a valutare la preferibilità di scelta in relazione a due scenari, predefiniti dagli esperti in collaborazione con i DM, rispetto allo stato di fatto (Scenario 0); i casi studio n°1 e n°3, invece, rientrano nel gruppo dei metodi *value-based* dal momento che l'individuazione di LS multipli e la mappatura spaziale dei valori che li caratterizzano costituiscono lo strumento di supporto alla costruzione di alternative decisionali e strategie di sviluppo sostenibile dei territori.

I casi di studio sono stati sviluppati ed organizzati nelle loro fasi grazie al supporto operativo fornito dal *framework* dei sistemi spaziali di supporto alla decisione (SDSS), teorizzato e implementato da diversi autori (Simon 1960; Malczewski 1999; Gupta et al. 2006; Malczewski 2006; Bottero & Ferretti 2013; Cerreta & Poli 2017). In base a tale *framework* è possibile individuare nell'ambito della ricerca operativa orientata al *Decision-Making* spaziale 4 fasi fondamentali che supportano esperti e decisori nella scelte da adottare. Le 4 fasi sono di seguito descritte:

- **Intelligence.** La prima fase implica la comprensione del problema decisionale che si intende affrontare, in seguito alla ricognizione e la selezione di dati significativi ed utili al raggiungimento degli obiettivi. L'"Intelligence" può essere considerata una fase di osservazione della realtà in cui i dati qualitativi e quantitativi rilevanti, dopo essere stati selezionati, vengono interpretati allo scopo di strutturare in modo ottimale il problema decisionale e definire gli obiettivi.

- **Design.** La fase successiva alla strutturazione del problema decisionale riguarda la scelta di un modello idoneo alla definizione di un set di alternative, azioni o soluzioni che possano essere verificate e valutate sulla base di criteri, che, nel caso di questa tesi, assumono caratteristiche spaziali, essendo determinate da indicatori rappresentabili in ambiente GIS che simulano la distribuzione di LS/ES sui paesaggi analizzati. La scelta del metodo di mappatura e dell'unità minima di aggregazione dei valori degli indicatori elaborati costituiscono le due principali peculiarità dei modelli spaziali proposti nei 3 casi di studio. La modellazione, infatti, è indirizzata non solo alla strutturazione dei criteri decisionali ma anche alla visualizzazione spaziale, all'omogeneizzazione dei risultati e alla confrontabilità di valori caratterizzati da unità di misura, entità geografiche e metodi di produzione differenti.
- **Choice.** La fase di scelta, che può essere raggiunta dopo una validazione del modello spaziale nella realtà, comporta la valutazione, o la generazione di alternative, a seconda delle due macro-categorie di metodi multi-criteri sopra-descritte (Alternative-based o Value-based), utilizzando i diversi metodi di valutazione singolarmente o in modo ibrido.
- **Outcome.** L'ultimo step riguarda invece il conseguimento dei risultati del processo ed il loro utilizzo per ripercorrere gli obiettivi definiti nelle prime fasi e fare una sintesi delle informazioni desunte dal processo decisionale, al fine di dare supporto alla decisione nei vari livelli di pianificazione e/o di gestione dei paesaggi.

Nei paragrafi successivi verranno presentati i casi di studio insieme ai recenti sviluppi metodologici, che sono stati raggiunti in fase di elaborazione di questa tesi rispetto ai lavori originali pubblicati e riportati nella sezione Allegati/Annexes.

5.2 Caso n°1 - "Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni": Paesaggio Smart

5.2 Case n°1 - "Cilento, Vallo di Diano e Alburni National Park": Smart Landscape

The case n.1 aims at implementing a collaborative decision making support system for the assessment of the multifunctional features shaping the Cilento National Park (CNP), by using spatially explicit methods for indicators processing.

The purpose is addressed to experiment with GIS-based evaluation methodology in order to encourage integration of the LS/ES approach into planning and management of the environmental resources at regional scale. The proposed methodology has to be scalable and transferable, by conceiving some fixed operative steps that are able to be applied in any different geographic context. Drivers and principles of the Spatial Decision Support System (SDSS) engage DM in sustainable local development, resilience and landscape's SES analysis, by focusing on the identification of balanced scenario for local development that considers enhancing LS and multidimensional resources.

Living Labs involve heterogeneous decisional context with multiple stakeholders. In this case, they can be categorized in the following four main categories: Explorers (i), Exploiters (ii), Catalysts (iii) and Governors (iv). The Explorers (i) are involved in producing knowledge through new ideas, methods and techniques for the implementation of the Living Lab system; the Exploiters (ii) are able to shift the knowledge into "added value" for small and medium-sized firms; the Catalysts (iii) are the facilitators of the complex process for transferring, adapting and using the acquired knowledge; and, lastly, the Governors (iv) group includes the Decision-Maker and politicians that manage the governance of the system (Cerreta 2012).

Each stakeholder has own interest in taking advantage of the LS, as the decisional arena point out trade-off and different perspectives. Nevertheless, multi-criteria approach allows to enlighten the multi-dimensional features of a decisional problem, by improving the landscape knowledge and by supporting the choice in complex situation.

5.2.1 Area di studio

5.2.1 Study area

The focus area of the case study is located in the Campania Region (Italy) (NUTS 2) and includes 95 municipalities around the National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni (CNP) in Salerno Province (NUTS 3). The focus area covers approximately 3,220.9 Km², and 267,379 inhabitants live within the overall area (Istat, 2011), with a coastal zone population density higher than that of the internal zones. The CNP extends for 1,781.8 Km² and includes 1,930.3 Km² of Natura 2000 sites (Figure 14).

The 95 municipalities of the focus area were classified and selected by considering the following criteria:

- The relative closeness to the Park boundaries or the inclusion within these boundaries;
- The presence of a site of community importance (SCI) or an important bird area (IBA), according to the Natura 2000 network;
- The relationships between stakeholders, socio-cultural organisations and citizens living around the Park.

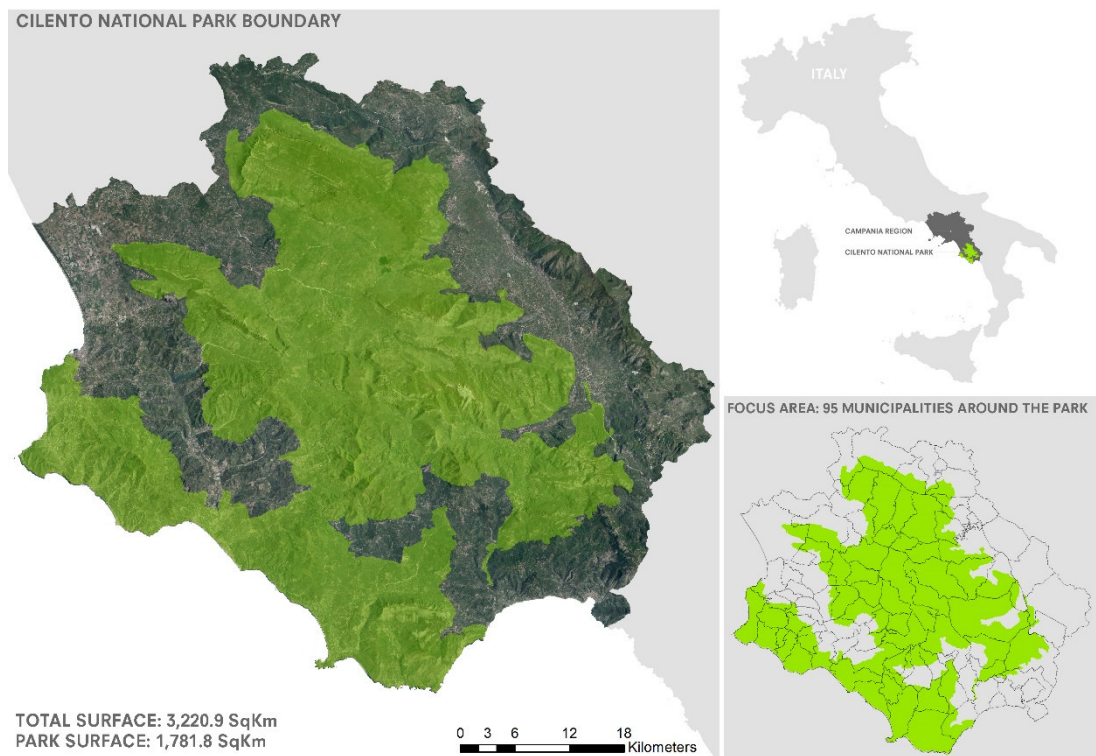


Figure 14 – The focus area: The National Park of "Cilento, Vallo di Diano and Alburni" (CNP)

Although there are multi-dimensional issues concerning the focus area, nevertheless, the most critical issue is related to the decrease in inhabitants, which is a phenomenon mostly affecting the internal municipalities (Figure 15).

On the one hand, the unbalanced distribution of the population generates an economic and environmental trade-off by reducing job opportunities and the ability for households to self-support in the internal area. However, on the other hand, the carrying capacity of the seaside exceeds in the summer season. From this perspective, the landscape services approach could be the correct way in which to preserve the natural area and to enhance development through the identification of the cultural ecosystem services in order to define a sustainability strategy. Moreover, the inclusion of LS/ES approach within the spatial planning aids in making explicit the services and, consequently, in fostering the dialogue about the trade-offs between the socio-economic and ecological dimensions of the plans at the landscape scale (Grêt-Regamey et al. 2017).

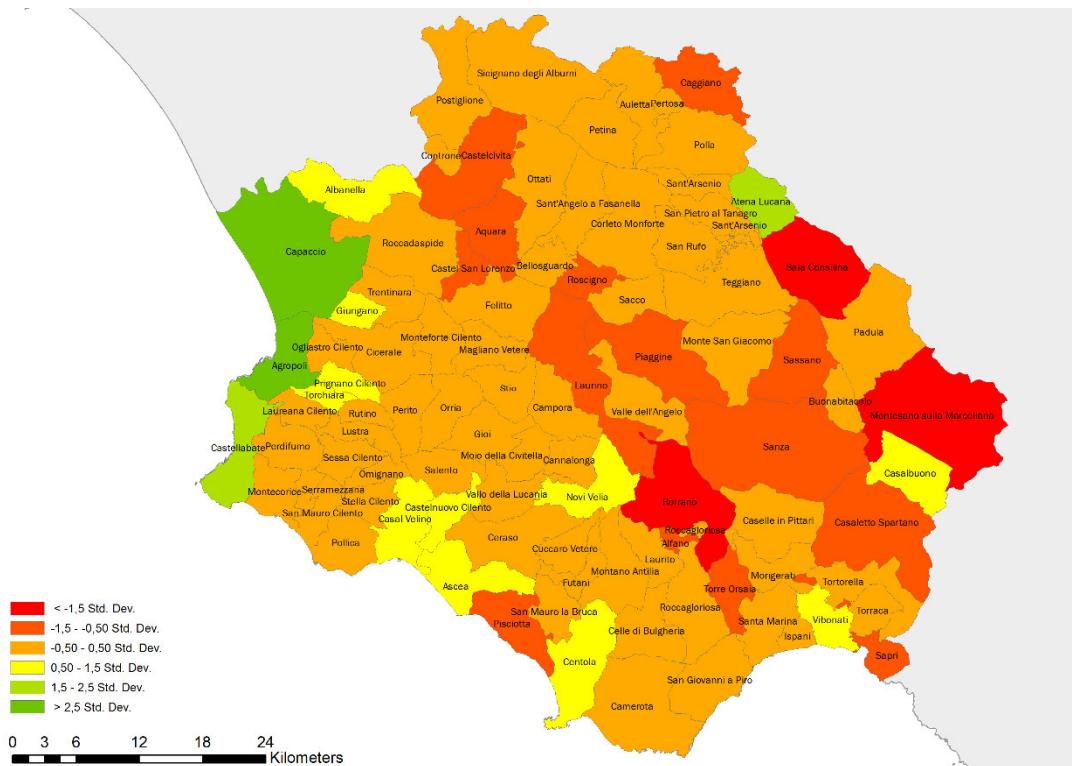


Figure 15 – Population growth rate related to the years 2001-2011

A spatial dataset of 14 indicators which identified three macro-categories of landscape services—including provisioning, regulating and cultural services—was categorised into five classes related to nutrition, entrepreneurship, regulation of the physical environment, enjoyment and personal fulfilment. This was carried out according to a selection of place-based data and indicators. The Table 1 presents functions (first level), classes (second level), indicators and related entropy weight, as well as an identification code for each indicator.

The main classification follows the common international classification of ecosystem services (CICES) (Haines-Young & Potschin 2012) by adopting the concept of landscape services in order to consider a wider framework, which includes landscape social dimensions and spatial patterns transformed by both natural and anthropic processes (Antrop 2006; De Groot et al. 2010; Vallés-Planells et al. 2014). Nevertheless, the proposed classification aims to include new classes of services not previously considered in the main ES classification framework (e.g. entrepreneurship class). Indeed, according to Bastian et al. (2014), both concepts, ES and LS, are useful, depending on the specific situation (Bastian et al. 2014). The selection of the indicators was performed according to the literature review, data availability and knowledge of the most relevant topics defined during the intelligence phase of the model. Moreover, the critical issue in the classification was that ES referred to ecosystems, while LS denoted landscape elements or types (Englund et al. 2017). The indicators of the spatial dataset

belong to the LS category, except for the four indices of the general framework put forth by Burckhard et al. (2009) (P1, R1, R2 and C7 indicators) and the classes of the regulating services category, which refer to ES functions.

Table 1 – The spatial indicators of the landscape services (LS) and the entropy-based weights

Function	Class	Indicator	Entropy Weight	ID
Provisioning	General framework	Provisioning services index (Burckhard et al., 2009)	0,8280	P1
	Nutrition	Percentage of farmland	0,0373	P2
	Entrepreneurship	Density index of the local products firms in 1 km	0,1345	P3
Regulating	General framework	Ecological integrity index (Burckhard et al., 2009)	0,6505	R1
	Regulation of physical environment	Regulating services index (Burckhard et al., 2009)	0,2596	R2
		Surface of natural reservoir (ZPS and SIC)	0,0217	R3
		Surface of Important Bird Areas (IBA)	0,0680	R4
Cultural	Enjoyment	Density index of accessibility to panoramic points in 1Km	0,0002	C1
		Density index of accessibility to scenic road in 1 km	0,0743	C2
		Density index of accessibility to naturalistic pathways in 1 km	0,1893	C3
		Density index of accessibility to geo-sites in 5 km	0,0066	C4
	Personal fulfilment	Density index of accessibility to historical built assets in 5 Km	0,0222	C5
		Percentage of archaeological sites	0,0402	C6
	General framework	Cultural services index (Burckhard et al., 2009)	0,6674	C7

The provisioning services (PS) supply the fundamentals to satisfy material human needs; i.e. food, energy and water. They are linked both to natural resources fostering local productive activities and spaces where these activities subsist. The PS was divided into two classes:

The nutrition class, which encompasses all the minimum resources, generalised by the LULC mapping, for human survival;

The entrepreneurship class, which includes the local firms using the natural resource to produce economic and job opportunities. The study provides three indicators that simulate the above-mentioned classes.

The regulating services (RS) convey the adaptive capacity of the landscapes and the preservation of their special features in order to ensure the existence of these resources for future generations. The regulation of the spatial structures, which guarantees these types of services, is strictly linked with several services affecting the cultural and informative dimensions of the landscape. The RS are generalised in the class of the "regulation of the physical structures", which depicts the network of the protected areas.

The cultural services (CS) focus on the intangible values that people obtain from the landscape. The problem of evaluating this class of values was generalised by using proxy-criteria that represent physical landscape elements expressing aesthetic, recreational, spiritual, social and informative values linked to the human–natural ecosystems. The landscape metric

(LM) depicting the CS is the density metric, as it offers the opportunity to detect clusters of services in the territory.

According to the information gathered to form the spatial dataset, the CNP could be conceived as multifunctional green infrastructure (MGI), as it is able to generate economic productivity through ecotourism and the local firms, and social cohesion as a place-marker for a sustainable community; in addition to this, it also fosters the provisioning of ecological services; e.g. climate change regulation and adaptation. Nevertheless, the landscape must be managed according to a sustainable strategy that is able to preserve primary resources and services by improving the economic development of the territories simultaneously.

It is clear that the consideration of the landscape and ecosystem services by way of their functions and goods is a useful approach in identifying and quantifying benefits for human beings, as well as the full cost of their loss; indeed, this makes it possible to engage the stakeholders and local communities in a constructive and educational dialogue (De Groot et al. 2010; Muller et al. 2010).

5.2.2 Materiali e metodi

5.2.2 Materials and methods

In this study, a value-based method, by which the suitable scenarios originated from the values assigned to spatially explicit criteria, was implemented (Cerreto & Poli 2013; Fusco Girard et al. 2014; Malczewski & Rinner 2015).

The proposed methodology integrates different approaches for the LS evaluations by enhancing the Landscape approach (cfr. 3.1) with hybrid multi-criteria methods during the weighting of the indicators and the overall mapping phases. Since the LS/ES are sensitive to different scale and evaluation methods, the operative steps involve multi-criteria procedures and landscape modelling techniques in order to provide multi-level composite indicators. The landscape services indicators (LSI) simulate the landscape model for the focus area in the GIS environment by representing the multi-dimensional issues of the analysed landscape.

According to the framework of the multi-criteria spatial decision support system (MC-SDSS), the proposed methodology for the multifunctional landscape evaluation follows four main steps (Gupta et al. 2006) (cfr.5.1): "Intelligence" (i), "Design" (ii), "Choice" (iii) and "Outcome" (iv) (Figure 16).

The "Intelligence" phase (i) involves problem-structuring through the identification of the main topics affecting the landscape dynamics and the selection of the spatial criteria representing multi-dimensional issues. During this phase, the boundaries and the scale of the focus area are chosen according to certain pre-defined criteria. The data-gathering aids in improving knowledge of the territory, while data-availability and affordability will affect the decisional process and the analysis outcomes.

The "Design" phase (ii) relates to data processing and classification, according to the categories of the landscape services that are relevant to the focus area. The landscape representation model is provided by way of the landscape metrics approach, and a statistical surface of analysis is chosen in order to make the results obtained through the spatial multi-criteria procedure coherent and more homogeneous.

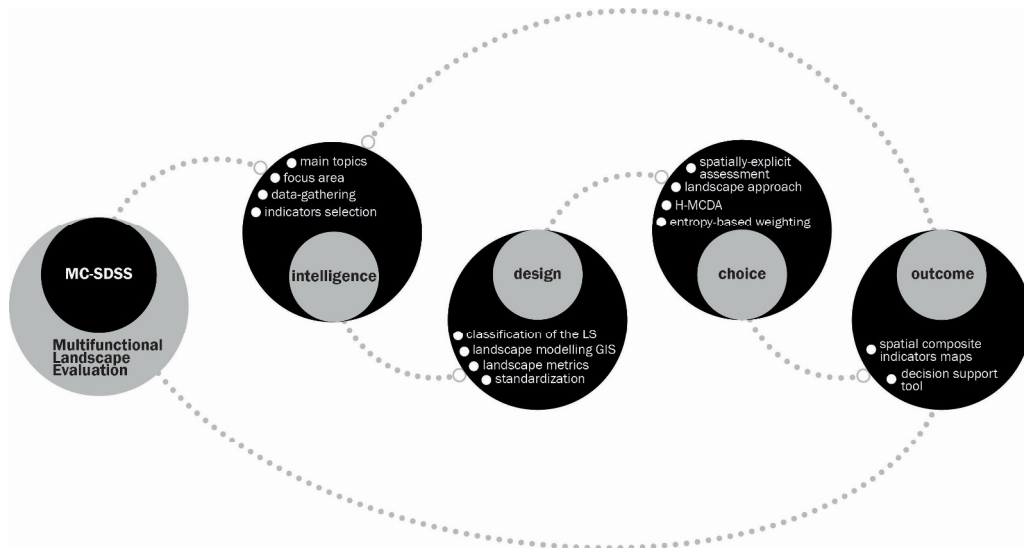


Figure 16 – The methodological framework for the multifunctional landscape evaluation for the CNP

Moreover, the analysis distances are relevant parameters affecting the results, and choosing them accurately is a priority for the operative steps in GIS.

The "Choice" phase (iii) represents the core process, as it involves the choice of the multi-criteria method and weighting procedures in order to evaluate the spatial criteria. This crucial step involves the normalisation of the indicators according to the preference directions for each spatial criterion. In this research, an entropy-based weighting method is implemented in order to provide objective weights for the indicators. Thus, the values of the LS indicators are combined on the statistical surface of analysis with the weighted linear combination (WLC), according to Malczewski and Rinner (2015).

The "Outcome" phase (iv) provides the results of the evaluation process. The composite indicators of the LS are the normalised indices that represent the effective quantification of the services for the focus area. LS-mapping is a useful tool for the Decision-Makers (DM) operating on the regional scale, as it is able to visualise the multi-dimensional landscape features in order to generate a spatial reference for strategic sustainability.

Specifically, the design phase provided a landscape description/evaluation model by choosing a regular grid-based sampling method and by setting a homogeneous statistical surface with a minimum mapping unit (MMU) specific to the focus area (Birch et al. 2007;

Barreto et al. 2010). A regular grid-square of 1 Km² per cell was chosen as the homogeneous surface of the analysis for three main reasons:

- The dimension of the cells matches better with the geographical structure of the landscape, as it intercepts 5/21 LULC classes as the maximum of diversity per cell;
- The size of the study area involves a regional scale, and the reference for LULC mapping is the Corine land cover project at scale 1:100.000, with a Minimum Mapping Unit (MMU) of 25 Hectares. This dimension can easily be nested into the chosen cell dimension;
- The MMU is consistent with other environmental studies using grid-based analysis (Barreto et al. 2010).

Since the indicators' values have a different unit of measurement, data normalisation is essential. Hence, the normalisation made it possible to range data into a 0–100 interval and to set the preference directions of the indicators according to the linear formulas [5.1] and [5.2]:

$$I_{i,k} = \frac{\max_i \{a_{ik}\} - a_{ik}}{\max_i \{a_{ik}\} - \min_i \{a_{ik}\}} \quad [5.1]$$

For the criterion to be minimised.

$$I_{i,k} = \frac{a_{ik} - \min_i \{a_{ik}\}}{\max_i \{a_{ik}\} - \min_i \{a_{ik}\}} \quad [5.2]$$

For the criterion to be maximised.

Where a_{ik} is the indicator value per cell and $I_{i,k}$ is the normalised indicator.

The choice phase involved a hybrid multi-criteria approach that produced a ranking order of the spatial indicators depending on the importance of each criterion. The hybridisation is aimed at solving two tasks concurrently; namely, determining spatial criteria weights/values and combining them with the multi-attribute value function per grid-square cell (Zavadskas et al. 2016). The output of the evaluation process produced the normalised index of the LS using a WLC, according to the formula below (5.3):

$$LSI_{(i)} = \sum_{j=1}^n w_j \times V(x_{ij}) \quad [5.3]$$

where w_j is the global weight of each indicator and $V(x_{ij})$ are the normalised indicator values.

The indicators' weightings were estimated without decisional agents by applying a key concept of information entropy theory (Georgescu-Roegen 1974), whereby the amount of information per each criterion determines its relative importance within a defined set of spatial criteria.

These weights can be implemented using the experts' preferences according to a two-fold weighting system. The entropy-based weighting provides the outcomes using the formulas [5.4]–[5.6] (Zheng et al. 2009; Malczewski & Rinner 2015):

$$E_k = -\frac{\sum_{i=1}^m p_{ik} \ln(p_{ik})}{\ln(m)} \quad [5.4]$$

$$p_{ik} = \frac{a_{ik}}{\sum_{i=1}^m a_{ik}} \quad [5.5]$$

$$W_{E_k} = \frac{1 - E_k}{\sum_{k=1}^n (1 - E_k)} \quad [5.6]$$

where:

E_k is the entropy, expressed as the amount of information for each indicator;

p_{ik} is the ratio of the normalised value a_{ik} to the sum of them for the indicator k ;

W_{E_k} is the entropy-based criterion weight.

The operative steps of the design and choice phase were performed using spatial analysis tools and Python 4.0 for ArcGIS Desktop 10.3 respectively.

The amount of information and the spatial distribution of the data affect the entropy-weights as long as the unbalanced results make it possible to objectively review the effectiveness of the indicators. During the outcome phase, the application of the method provided objective weights that could be combined with the stakeholders' preferences according to a two-fold weighting system within the WLC. The normalised composite maps of the LS are the outcomes of the evaluation process.

5.2.3 Risultati

5.2.3 Outcomes

The selected spatial indicators, showed in Table 2, were processed using the theory-driven approach and spatial analysis tools. Specifically, the indicators P1, R1, R2 and C7 were implemented through the transferable methodology applied in Burkhard et al. (2009); this consisted of an expert-led rating of the LULC classes of the Corine land cover according to their capacity to provide ecosystem services (Burkhard et al. 2009; Burkhard et al. 2012; Sohel et al. 2015).

According to Burkhard et al. (2009), it is useful to employ experimental tools for the quantification of multiple ecosystem services and landscape modelling. Hence, the methodology was improved by allocating the weights for each percentage of the LULC classes

per cell, in order to experiment with "an additional spatial subdivision in services providing units" (Burkhard et al. 2009).

Table 2 – The statistical parameters of the raw data and the standardised values

Code	Mean	Max	Min	St.Dev.	Unit of Measure	Preference Direction	Standardised Values	
							Mean	St.Dev.
P1	3.77	11.69	0.00	3.43	Number	+	50.99	20.18
P2	5.08	99.97	0.00	14.02	Percentage	+	8.01	16.94
P3	0.54	6.00	0.00	1.06	Number	+	14.38	20.42
R1	3.26	7.26	0.00	2.84	Number	+	73.05	21.13
R2	4.76	15.06	0.00	5.24	Number	+	51.41	30.86
R3	27.11	281.04	0.01	60.33	Km2	+	7.13	9.93
R4	130.04	343.39	0.87	147.40	Km2	+	19.08	38.07
C1	7.42	997.13	0.00	73.50	Metres	-	0.45	5.10
C2	91.74	999.11	0.00	225.88	Metres	-	10.70	25.00
C3	174.84	997.62	0.00	279.67	Metres	-	22.62	32.94
C4	14.55	4594.7	0.00	173.69	Metres	-	1.43	11.14
C5	25.51	4652.95	0.00	192.42	Metres	-	4.43	19.66
C6	4.53	100.00	0.00	19.48	Percentage	+	4.53	19.48
C7	3.32	9.17	0.00	3.34	Number	+	36.24	36.42

Moreover, the subdivision of the cells is aimed at reducing the modifiable areal unit problem (MAUP) for certain kinds of data (O'Sullivan & Unwin 2014); this also makes it possible to more accurately represent the proportion of the LULC per cell with its relative services/benefits.

Table 2 shows the statistical parameters of the raw data by visualising the max-min value range, the mean and the standard deviation. The standard deviation makes it possible to understand the dispersion range of the data population, in order to identify the clustering of events. Moreover, Table 2 displays the different units of measurement of the indicators and their preference directions. There are relevant differences between the data of each indicator, with a maximum spread of values for the indicators C2–C5; in contrast, there is a more concentrated pattern for indicator P3, representing the minimum value of standard deviation. The standardisation procedure makes it possible to place the intermediate values in the range 5.10–38.07, as showed in Table 2. Each service-class is linked to the well-being dimensions theorised by the Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), as shown in Table 3.

Specifically, the PS category includes the material resources the people need to sustain and gain productivity. Such resources are vital when it comes to earning household income, as the percentage of farmland (P2) and the firms of local products (P3) constitute a relevant form of income to be enhanced. The RS category affects the security of the life environment, as it is able to protect the landscape against climate change acceleration and air pollution. Hence, the regulation of the protected areas ensures the safeguarding of the environmental functions of the natural areas, which in turn fulfils the goal of vulnerability reduction. Lastly, the CS category

affects the enjoyment and the personal fulfilment of the people by fostering the opportunity to benefit from aesthetic, recreational, spiritual and cultural values, and to improve the scientific learning and knowledge of the landscape. The accessibility of recreational activities and cultural heritage is a relevant measure by which to understand the spatial distribution of cultural values in the examined landscape.

Table 3 – The relationships among classes of services and well-being dimensions at landscape scale.

Function	Services Class	Code	Well-Being Dimensions	Description (MEA 2005)
Provisioning	Nutrition	P2	Material minimum for a good life	Ability to access resources to earn income and gain a livelihood
	Entrepreneurship	P3		
Regulating	Regulation of physical environment	R3	Security	Ability to live in an environmentally clean and safe shelter
		R4		Ability to reduce vulnerability to ecological shock and stress
Cultural	Enjoyment	C1	Good social relations	Opportunity to express aesthetic and recreational values associated with ecosystems
		C2		Opportunity to express spiritual and cultural values associated with ecosystems
		C3		Opportunity to observe, study and learn about the ecosystem
	Personal fulfilment	C4		
		C5		
		C6		

The achieved results provide a selection of the LS indicators, according to three identified functions (Table 1).

The provisioning services index reaches its highest values for the protected areas of the Park, as these zones provide regulation of ecosystem functions through their positive contribution to climate change and air pollution (Figure 17).

In contrast, the regulating services index highlights the spatial distribution of the RS that aggregate the LULC rating of the expert-led methodology, the percentage of farmland, and the density of the local products firms. The map shows a scattered distribution of these services, with high values for the west coastal zones and internal areas, within which agriculture and production are most developed (Figure 18).

The cultural services index is scattered, with high values per cell in the internal areas and in the archaeological zones located on the west coast (Figure 19). The results confirm the importance of the informative and scientific value of the nature, related to the accessibility of the physical resources. These data should be validated through finer spatial information by including the landscape perceptions of the citizens and immaterial cultural values.

The expert-led rating performed for indicators P1, R1, R2 and C7 most affected the analysis results, as a rich pattern variability and an overall coverage for the focus area increased the amount of information.

Nevertheless, such indicators are useful as they can fill the gap of data scarcity for the focus area. Further weightings will make it possible to balance the objective weights of these indicators with the decision-makers' preferences, or a new calibration will lead to their exclusion from the dataset.

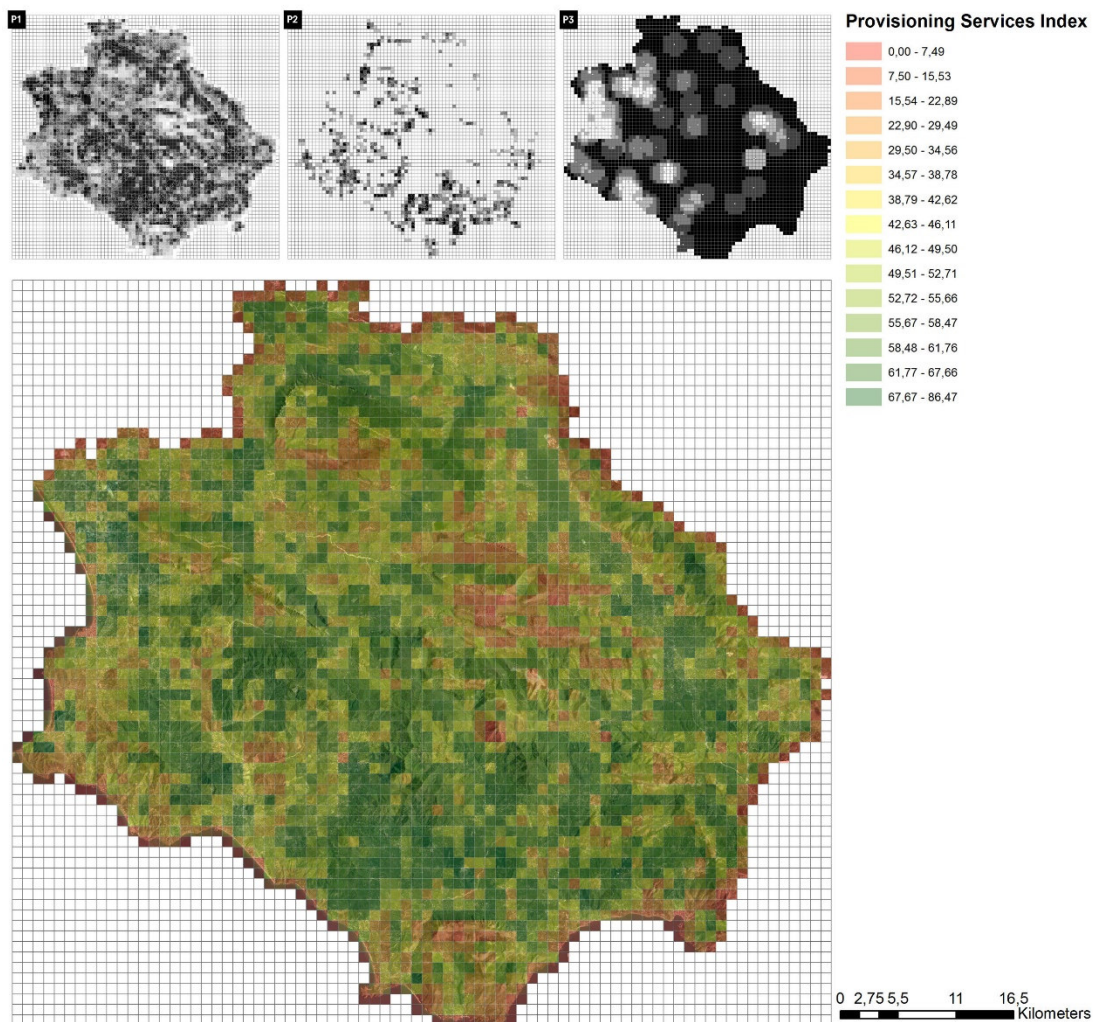


Figure 17 – Provisioning Services Index of the CNP

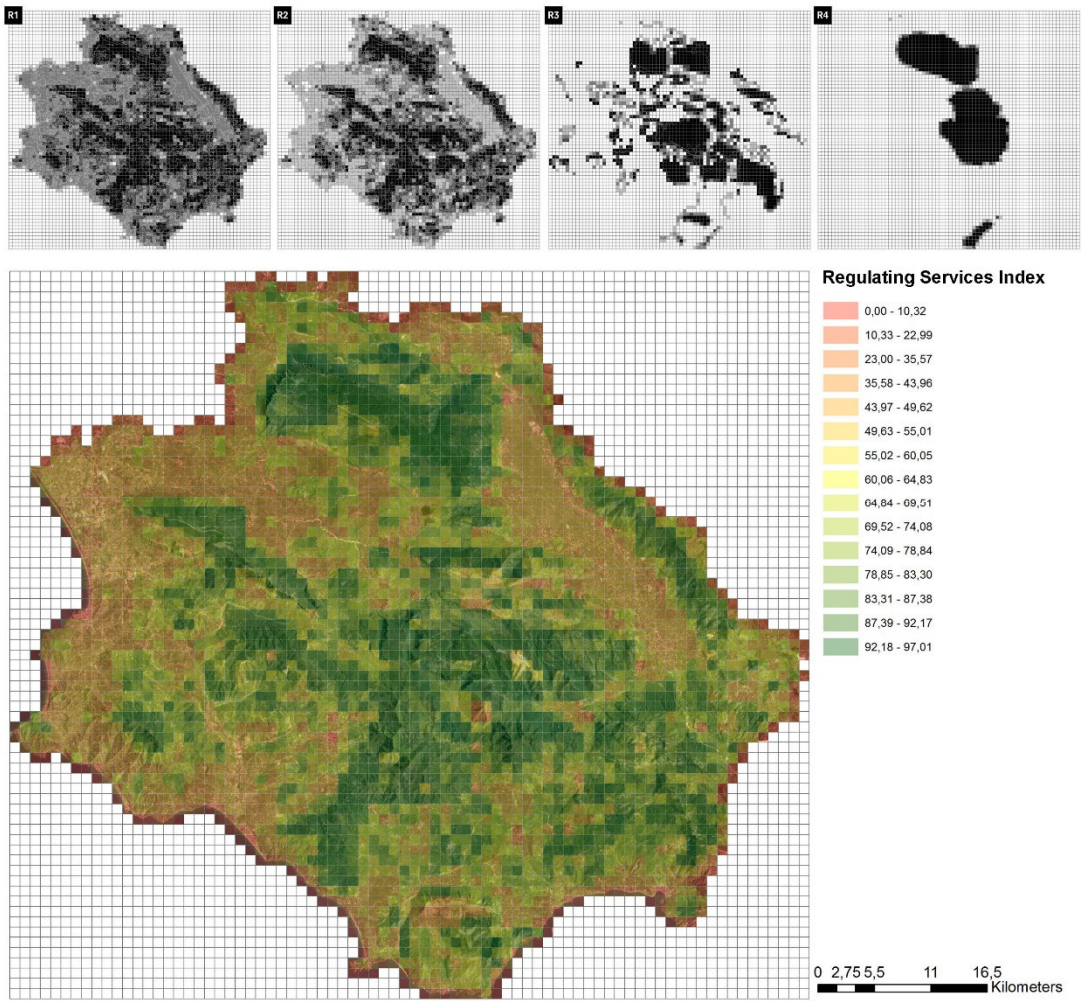


Figure 18 – Regulating Services Index of the CNP

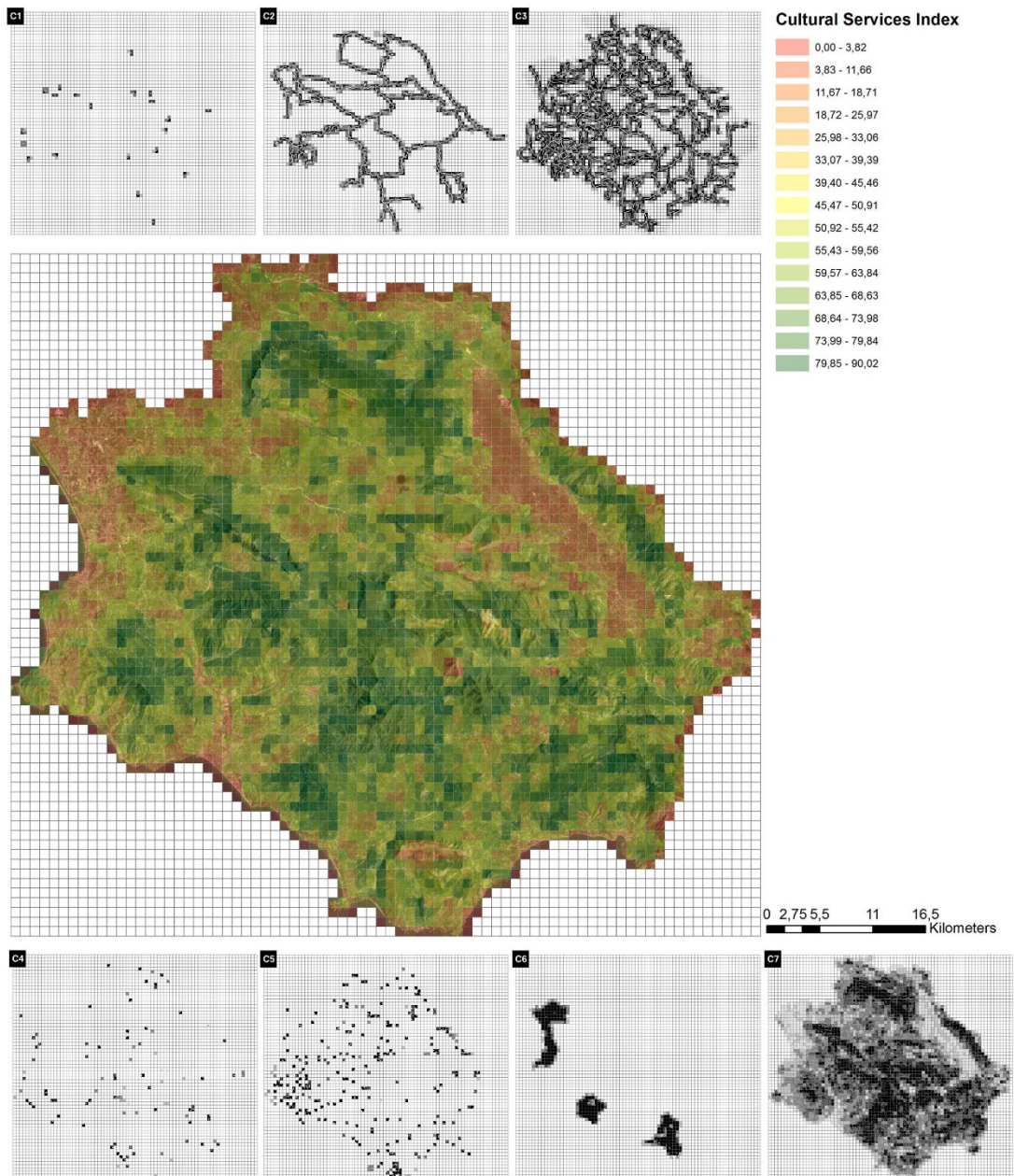


Figure 19 – Cultural Services Index of the CNP

5.3 Caso n°2 - "Parco Regionale del Partenio": Paesaggio Produttivo

5.3 Case n°2 - "Partenio Regional Park": Productive Landscape

The case n°2 is developed starting from a research fostered by the Department of Architecture (DIARC) of the University of Naples Federico II with the purpose of addressing guidelines for the establishment of a group of 27 municipalities (Gruppo di Azione Locale) around the "Partenio Regional Park" (PRP), in Avellino Province (Italy).

The purpose of the research aims at forecasting new scenario of suitability for the tourism development and safeguarding the local potentials and environmental assets. In this perspective, the decision problem has to examine issues concerning relationships and trade-off among economic, social, environmental and cultural values.

One of the most essential issues afforded in this study concerns the landscape knowledge in a decisional context lacking in geographical data. This is a critical phase of the spatial decision-making processes since it is necessary to guarantee openness and sharing in the evaluation processes (Golub 1997; Van der Sluijs 2002). Indeed, it is possible to consider the geographical dataset as a segment of a knowledge-based system that aids the DM for sharing strategies of development and transformation/conservation of the landscape features.

The geographical data implementation within the landscape evaluation aims the community at identifying own landscape; analysing characteristics, dynamics of transformation and pressures; monitoring environmental and anthropic systems; and, finally, identifying the values that the people assign to the landscape.

According to the European Landscape Convention principles the above-mentioned steps are critical to operationalize a sustainable approach for the development of the landscape by improving the knowledge and evaluation of the landscape features by local community and stakeholders engaged (Council of Europe 2000).

Firstly, the proposed approach was addressed to generate a Spatial Decision Support System (SDSS) by categorizing the variety of information according to the main domains of the Smart Cities (Economy, Environment, People, Living, Mobility and Governance). Starting from the smart grammar domains, the case study aims to select some indicators by reallocating them into four categories of Landscape Services - including carrier, provisioning, regulation and information services – in order to test the proposed methodology and facilitate an expert-lead evaluation through multi-criteria techniques.

The management of the development and the identification of new strategies require a multidimensional approach, in order to merge different components aiming at supporting the identification of innovative place-based strategies (Cerreta 2010).

The best way to perform solutions aiming at boosting the local economics implies the management of the landscape and ecosystem services, as the thesis is trying to prove.

5.3.1 Area di studio
5.3.1 Study area

The study area is located in Campania Region (Italy) (NUTS 2) and includes 27 municipalities around the PRP in Avellino Province (NUTS 3). It covers approximately 289.02 Km², and 67,594 inhabitants live within the overall area (Istat, 2011). The Park extends for 59.3 Km², while the study area includes 62.4 Km² of Natura 2000 sites (Figure 20). Specifically, two protected areas are located in the study area: the first one includes the "Partenio" ridge, along the south-west side, with the highest peaks of the "Montevergine" (1480 metres above sea level) and "Avella" mountains (1598 metres above sea level); while the second protected area is located in the northern side and includes the wood of "Montefusco Irpino".

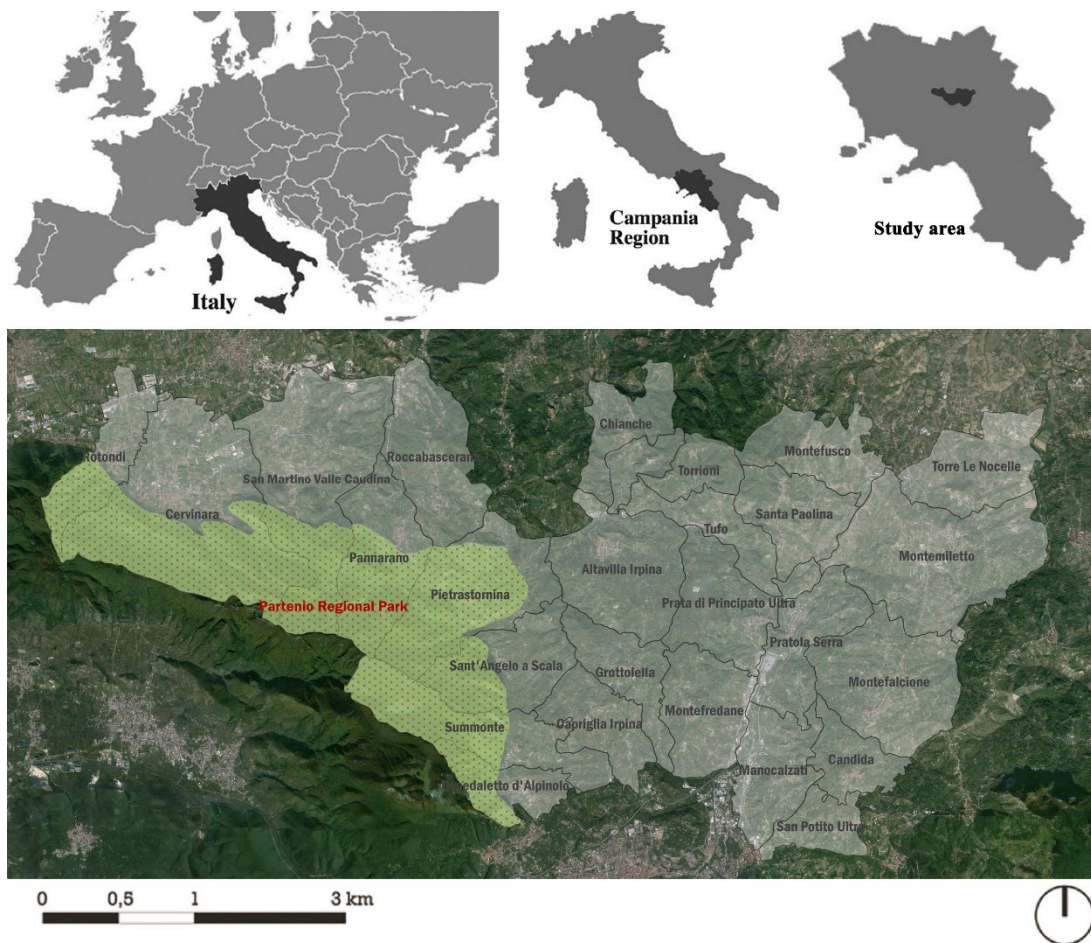


Figure 20 – The focus area: "Partenio Regional Park" (PRP) and 27 municipalities

According to the Corine Land Cover (CLC) classification, the landscape is shaped by a sizeable part of broad-leaved forest and transitional woodland shrub; while the presence of moors, natural grassland, mixed-forests and Sclerophyllous vegetation is more limited and spread. The natural classes of land cover indicates high values of ecological integrity and biodiversity in the focus area, seeing as how the regional park produces relevant ecosystem

services for the territory. Indeed, naturalistic paths and open landscape spaces allow "Bird-watching" activities in many location of the park.

The geomorphology of the mountain ridge is characterized by the presence of quarries and fossils from the Quaternary geologic epoch, which make the landscape particularly attractive for education and science, through the identification of cultural ecosystem services (CES) too. Moreover, the pyroclastic structure of the terrain make the soils fertile and productive so that some local products (i.e. nougat, truffle and chestnuts) established very important brand for the territory. The cultural heritage and history of the landscape is remarkable for the presence of several monasteries, which are destination for the religious pilgrimage, and ancient castles.

The 27 municipalities of the focus area were classified and selected by considering the relationships between institutional stakeholders and socio-cultural organisations operating around the Park. Nevertheless, just 22 of the 27 municipalities are actually included in the park authority.

The most critical issue, detected through field trips and focus-group with the local community, is related to the inhabitants decrease for the majority of the municipalities which shape the focus area (Figure 21). The economic development of the territory has slackened due to this phenomenon, since it determines missing job opportunities, especially for the young people, and place abandoning. Therefore, the landscape services approach could be a correct way in which to enhance development by detecting the CES as resources that are able to boost local economy and household income.

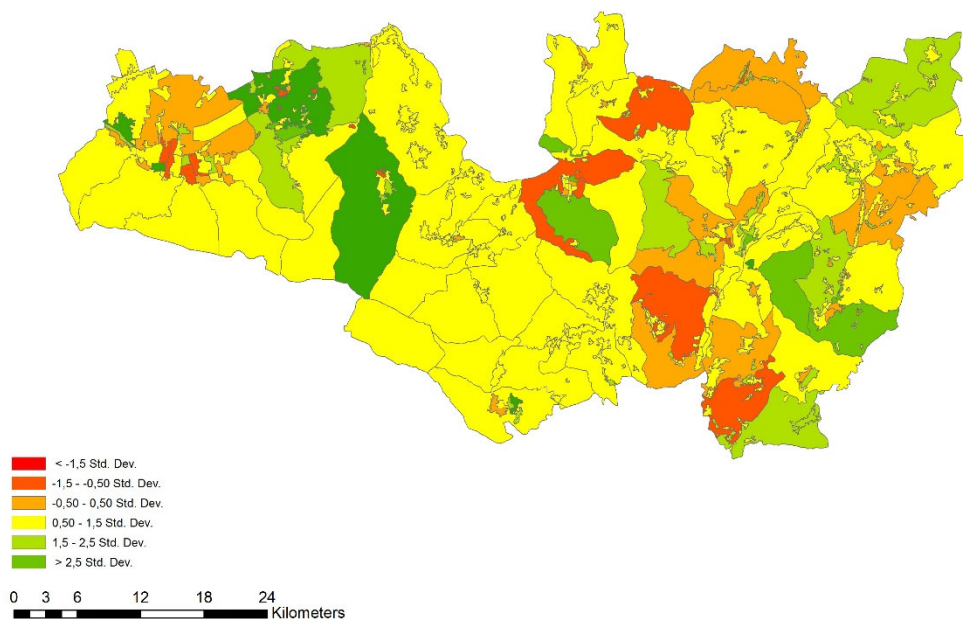


Figure 21 – Population growth rate related to the 27 municipalities in the years 2001-2011

A database compounded by 11 spatial indicators was provided in order to identify the LS, by processing spatially explicit and spatially implicit data derived from different sources (Malczewski 1999).

The categorisation of indicators of LS highlights the following levels (Table 4):

- Function;
- Class of service;
- Indicator of LS;
- Preference direction.

Table 4 – The spatial indicators of Landscape Services for the PRP

Function	Class of service	Indicator of LS	Preference direction	Code
Carrier	Tourism facilities	Density of accommodations in 5Km	+	Car01
		Density of food services in 5Km	+	Car02
	Habitation	Uninhabited housing Index	-	Car03
		Housing density	-	Car04
	Transportation	Index of accessibility	+	Car05
Regulation	Environmental regulation	Ecological integrity index	+	Reg01
		Environmental protection index (SIC, ZPS)	+	Reg02
Information	Cultural and artistic information	Density of cultural sites in 5 Km	+	Inf01
		Index of cultural events	+	Inf02
	Aesthetic information	Density of most photographed places	+	Inf03
Provisioning	Cultivation	Mean value of agricultural soils	+	Pro01

The categorisation implies considering three macro-functions that are derived from De Groot 2006, as follows:

- "Carrier Function" (CF) involves: «most human activities (e.g. cultivation, habitation, transportation) that require space and a suitable substrate (soil) or medium (water, air) to support the associated infrastructure. The use of carrier functions usually involves permanent conversion of the original ecosystem» (De Groot 2006, p.178). The classes of services that have been considered within this category include: "tourism facilities", "habitation" and "transportation".

- "Regulation Function" (RF) relates to «[...] the capacity of natural and semi-natural ecosystems to regulate essential ecological processes and life support systems through bio-geochemical cycles and other biospheric processes. Regulation functions maintain a healthy ecosystem at different scale levels and, at the biosphere level, provide and maintain the conditions for life on Earth [...]. In theory, the number of regulation functions would be almost unlimited, but for landscape planning, only those regulation functions are considered that provide services, which have direct and indirect benefits to humans (such as maintenance of clean air, water and soil, prevention of soil erosion and biological control services)» (De Groot 2006, p.177). The class of services related to this category includes the "environmental regulation" provided by the natural areas.
- "Information Function" (IF) involves human evolution since: «[...]natural ecosystems provide an essential 'reference function' and contribute to the maintenance of human health by providing opportunities for reflection, spiritual enrichment, cognitive development, recreation and aesthetic experience» (De Groot 2006, p.178). The classes that simulate this category involves the cultural ecosystem services (CES) of the landscape providing "cultural and artistic information" and "aesthetic information".
- "Provisioning Function" (PF) relates to: «Photosynthesis and nutrient uptake by autotrophs converts energy, carbon dioxide, water and nutrients into a wide variety of carbohydrate structures, which are then used by secondary producers to create an even larger variety of living biomass. This biomass provides many resources for human use, ranging from food and raw materials (fiber, timber, etc.) to energy resources and genetic material» (De Groot 2006, p.178). This category includes the "cultivation" class since it is crucial for the extraction of raw materials for human well-being.

Both the spatially explicit and spatially implicit criteria are composed by inherently spatial data, i.e. LULC classes, protected areas, etc., while the latter use the geographic features in order to transfer a spatial representation of themselves, i.e. the ecological integrity index, the mean value of agricultural soils, etc. In this way, both the criteria aid the experts to achieve spatial representation of no spatial explicitly indicators to broaden and improve the knowledge of the landscape.

5.3.2 Materiali e metodi

5.3.2 Materials and methods

The case study adopts an approach based on a spatially explicit assessment in order to investigate the relationships among multi-dimensional phenomena which affect the landscape pattern and their spatial distribution. The approach implies data selection and modelling to generate a representation model through spatial indicators and indices.

As the case study n°1, the methodological framework for the PRP (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) integrates the steps (i), (ii), (iii), (iv), which derive from the MC-SDSS (cfr.5.1).

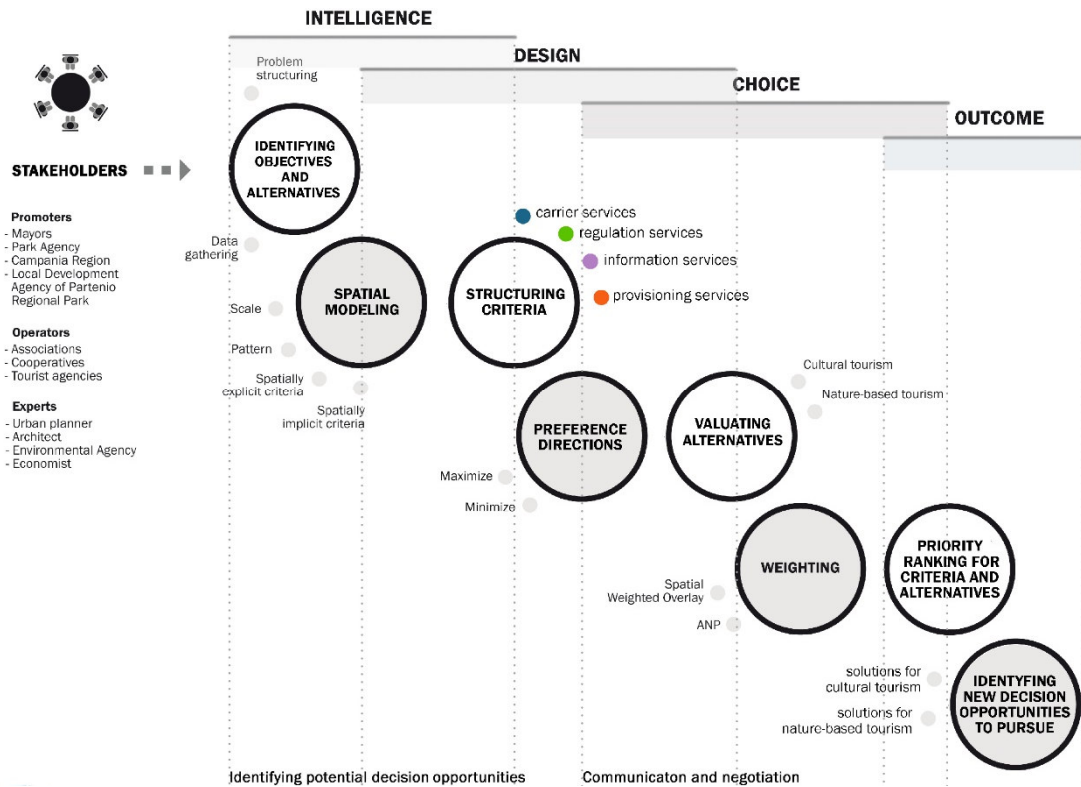


Figure 22 – The methodological framework of the SDSS for the PRP

The "Intelligence" phase (i) allowed defining objectives and alternatives for the study area through focus-groups with the stakeholders of the local community. The stakeholders engaged in the decisions are part of three main groups: promoters, operators and experts (Funtowicz et al. 2002). The mayors, PRP authority, Campania Region and "Local Development Agency" belong to the promoters group, which is interested to the economic boost of the territory by adopting a sustainable strategy. The operators group includes cultural associations, social cooperatives and tourist agencies, which emphasize the importance of promoting the local resources and landscape services not exclusively for attracting tourists but also for strengthening the social relationships of the community. Lastly, the experts group consists of urban planners, architects, economists and members of the Environment Agencies. The focus group allowed highlighting the main topics, while the specialists selected data representing the multi-dimensional issues for the study area. Data selection aided in improving knowledge of the landscape by combining authoritative sources with open source and Volunteered Geographic Information (VGI). Indeed, data availability was one of the most critical issues since it affected the decisional process and outcomes.

The "design" phase (ii) relates to data processing and categorisation, according to four categories of Landscape Services (LS) which have been detected as relevant for the focus area

(Figure 23). A spatial representation model has been drawn by processing raster data with cell size (pixel) of 250 X 250 metres. Concurrently, the spatial indicators have been normalized in a range between 0 and 1 and located on a grid with the same MMU.

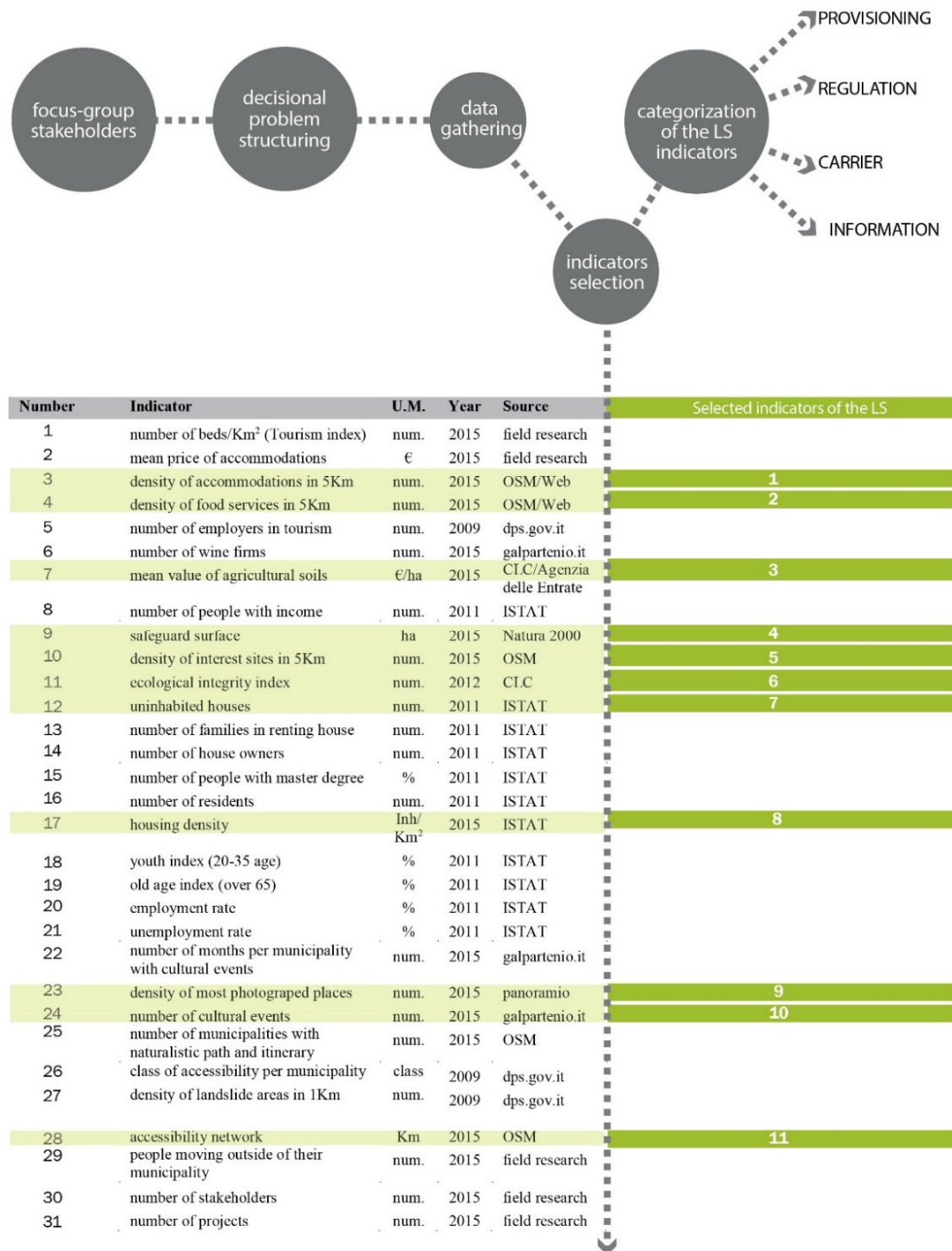


Figure 23 – Data selection and categorisation according to four categories of Landscape functions

Some operations in GIS environment have been performed in order to set up the indicators for the subsequent evaluation steps. As an example, a bandwidth of 5Km has been determined by a

proximity analysis that calculated the average of the nearest distances among point-based indicators (Car01, Car02, Inf01) and the linear network of railways and roads (modelled by the indicator Car05). The results of the analysis point out that the range of maximum distances for each indicator score between approximately 3.6 Km² (as minimum) and 6.5 Km² (as maximum). The average was subsequently used as the parameter of the Kernel density function in ArcGIS environment.

The "Choice" phase (iii) has been addressed to the decisional problem structuring and evaluation through the "Analytic Network Process" (ANP) method, which has been implemented through the software "Superdecision" (Figure 24).

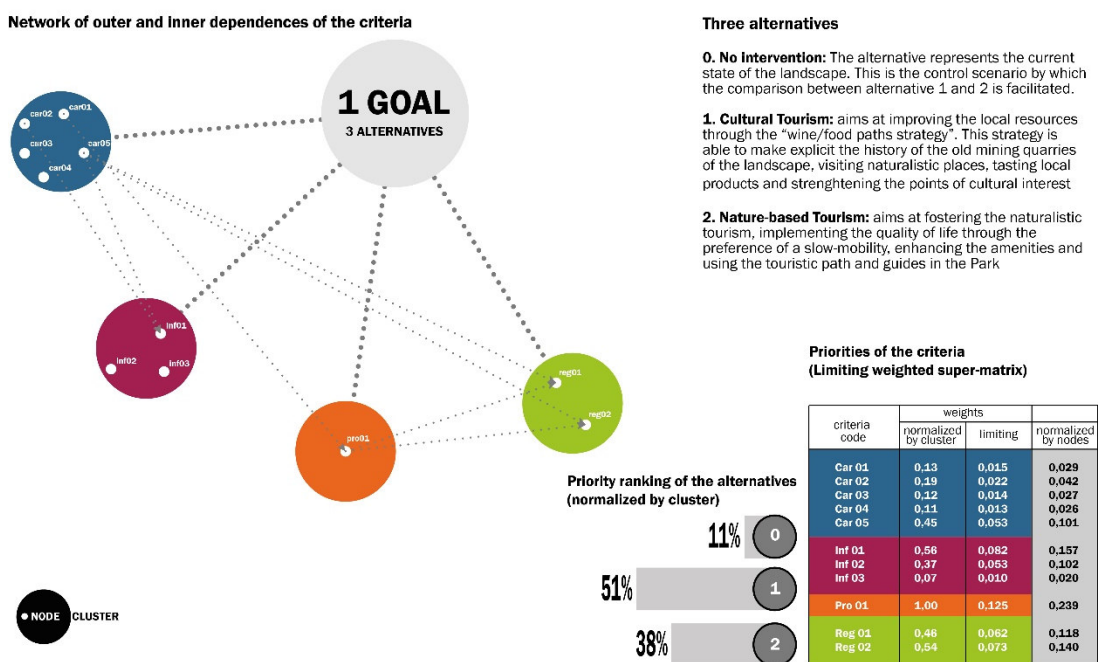


Figure 24 – The Analytic Network Process (ANP) method: procedures and results

As above mentioned (cfr.3.3.4), the ANP multi-criteria method is an implementation of the Analytic Hierarchy Process (AHP) (Saaty & Vargas 2001), which includes the interrelationship between elements within a network system of criteria. The ANP is structured into four main phases. First, it is necessary to define the goal for the analysis; subsequently, the method allows sorting the decision problem into two fundamental elements: the nodes, compounded by main categories, and the clusters that constitute sub-categories of the nodes. This framework is similar to the human thought processing and allows examining the complexity of a problem through the pairwise comparison technique. The third and fourth phases consist, respectively, of the super-matrix, that combines outer and inner interdependences between clusters and nodes, and finally the weights and the priority vectors related to each main category (Lombardi

et al. 2007; Attardi et al. 2014; Cerreta et al. 2015). In addition, the software "Superdecision" provides a sensitivity analysis for checking the consistency of the judgments.

The comparison of three scenarios for the PRP respect to the four categories of services and 11 spatial criteria is performed, by drawing the weights of each criteria from the focus-group with the multiple stakeholders engaged. Details about the three scenarios are as follows:

- **Scenario 0** (No intervention). The alternative n.0 represents the current state of the landscape and it could be conceived as control scenario by which the comparison between scenario 1 and scenario 2 is facilitated.
- **Scenario 1** (Cultural Tourism). The alternative n.1 aims at improving the local resources through a "wine/food path strategy" which is able to elicit the history of the old mining quarries of the landscape by enjoying the naturalistic places, tasting local food and strengthening the points of cultural interest.
- **Scenario 2** (Nature-based tourism). The alternative 2 addresses to fostering the naturalistic tourism, by implementing the quality of life through choices oriented to a "slow mobility" and by enhancing the amenities through the restoration of paths and guided tour in the PRP.

Next the evaluation process, which is the core of the (iii) phase, the spatial model has been implemented by making spatially explicit in GIS environment the priority vectors, obtained from the ANP methods, through the geometric aggregation that is expressed by the formula [5.7]:

$$M_{index} = \prod_{i=1}^m M_i^{w_i} \quad [5.7]$$

Finally, the "Outcome" phase (iv) allowed defining the landscape's multifunctionality map that considers the network of the spatial weighted criteria normalized into a range between 0 and 1.

5.3.3 Risultati

5.3.3 Outcomes

The geographical dataset structured for the PRP can be considered as a segment of a knowledge-based system which aids the DM for sharing strategies of development and transformation/conservation of the landscape features. Indeed, geographical data implementation within the landscape evaluation process aims the community at identifying own landscape; analysing landscapes' features and dynamics of transformation and pressures; monitoring environmental and anthropic systems; identifying the values that the people assign to the landscape.

Moreover, MC-SDSS for the focus area aims at assessing the changes of the multifunctionality degree through a "what-if" scenario. The map shows how much the landscape multifunctionality could improve, and which municipalities mostly benefit, if the strategy of the

scenario 1 (cultural tourism) is pursued (Figure 25). The utility of the output concerns the opportunity to open public debate about further scenario, by visualizing the spatial weights of the decisions in order to improve the comprehension and transparency of the Decision-Making at different levels.

Since the multifunctionality map is the result of a comparison among three scenario, including no-intervention (scenario 0), it is interesting understanding the sensitivity of the multiple stakeholders perceptions by comparing them with the current state of the landscape as if it was a control criteria.

The methodological approach of the MC-SDSS for the PRP wants to improve the acknowledgement of the complex values of the landscape, by defining a way of representing and processing data. These models have made possible to draw up feasible spatial indicators for both geographical explicit data and implicit ones. This has improved the understanding of the landscape resources and transformation ways ongoing in the municipalities around the PRP.

Moreover, with its normative, spatial, temporal, environmental, cultural, social, and cognitive features, the landscape becomes the framework where planning and project responses can be shaped (Plieninger et al. 2015). By integrating, indeed, data coming from public sources with VGIs', it has been given a picture of the information on the context and the touristic enhancement goals. In details, the arranging of the information by following the Landscape Services classification aims to supervise available resources and the vigour of the place, highly regarding both environmental preservation and the needs of inhabitants and tourists. The issues dealt so far are about the geographical acknowledgement of the information and the chance to improve it through open source data.

The SDSS for the PRP aims at simplifying the knowledge process of the landscape's tangible and intangible assets in order to recognize the relationships among these assets and to provide guidelines for the DM about the enhancement and the local network strategy. The fact-finding survey developed here can be, therefore, improved and refined by users' contribution. Thus, the scenario map shows new geography of complex values, where the green colour areas have the major opportunity about the functioning of the tourism development strategy, while the intermediate colour areas can be understood as a bridge among the strong zones and the weak one.

In conclusion, mapping the static distribution of the Landscape Services (LS) through data-derived estimates and performing spatial indicators are fundamental steps to understand the current state of the Social-Ecological System (SES) in order to visualize threatened or resilient landscapes.

Moreover, realising sustainable strategies and preserving the landscape through identification and evaluation of the LS lead the different local communities to gain a new awareness of the identity-related values.

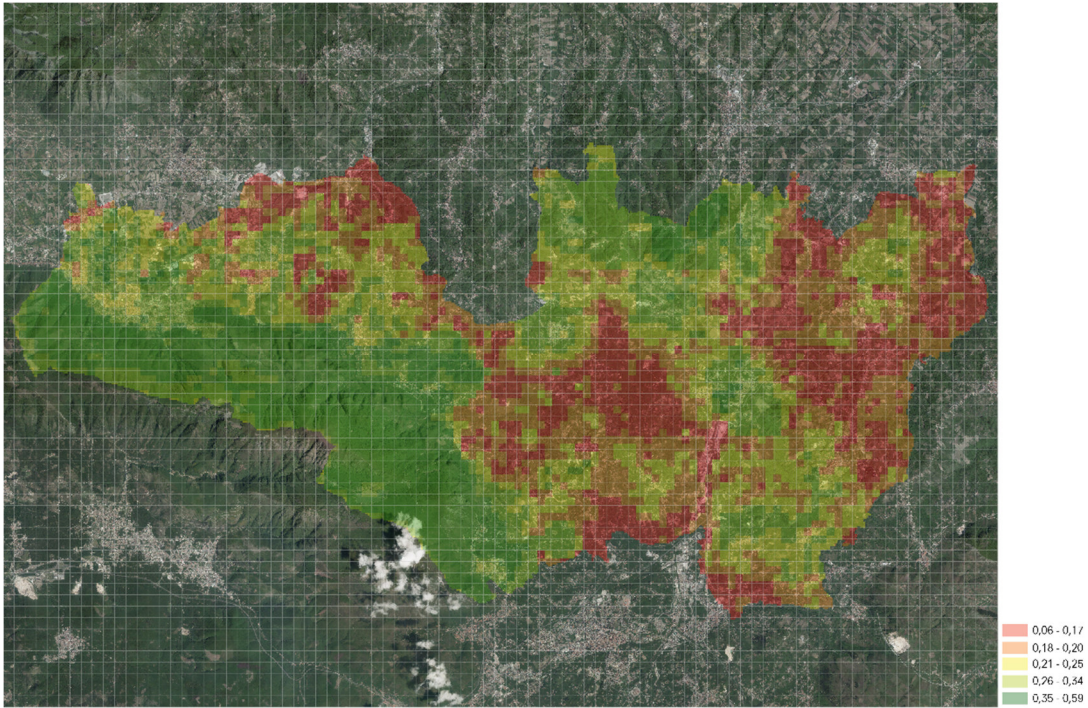


Figure 25 – The multifunctionality map for the PRP

5.4 Caso n°3 - Le "Larger Urban Zones" della città di Napoli: Paesaggio Resiliente

5.4 Case n°3 - The "Larger Urban Zones" of Naples city: Resilient Landscape

The case n°3 aims at mapping and assessing the status of the multifunctional landscape within the administrative boundaries of the city of Naples (Italy) and its surroundings, through a Spatial Decision-Making Support System (SDSS) combining Geographic Information System (GIS) and the spatial multi-criteria extension of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method (Saaty & Vargas 2001). The purpose of the SDSS is to provide Landscape Services mapping in view of future development strategies for the territory in terms of multifunctionality enhancement through a Green Infrastructure (GI) planning.

A GI is planned, designed and managed to achieve multiple objectives such as recreation, transportation, nature conservation and aesthetics (Kato & Ahern 2009). Thus, planning and choosing interventions about an urban landscape complex as the metropolitan area of Naples needs methods and tools able to support the identification of local potential and criticalities, to establish priorities, to locate transformative/conservative solutions rapidly and effectively. In this perspective, the SDSSs include effective tools, firstly, to select and categorize information, and secondly, to turn it into indicators showing emerging issues of the analysed landscape. In addition, GIS capabilities support the spatial modelling and representation of indicators through maps and diagrams, while multi-criteria analysis allows explaining the complexity of phenomena and detecting trade-off among feasible scenarios in order to support tailored solutions for the landscape.

The focus of the proposed methodology involve data gathering and processing. Therefore, both authoritative and unofficial sources, e.g., volunteered geographical information (VGI), are useful tools to enhance the knowledge flows whenever quality assurance is performed. Thus, the maps of spatial criteria are useful for problem structuring and prioritization by considering the availability of context-aware data. Finally, the evaluation of LS/ES improve the decision-making process within a multi-stakeholders perspective addressed to identify the geographic features which are suitable for GI planning. The results show multi-criteria maps of LS/ES which are able to measure the levels of multifunctionality, set up on a MMU of 25 km² (with cell size of 500 X 500 metres); to visualize the spatial distribution of services and surrounding benefits by applying a distance-based method; and, lastly, to produce hypothetical scenario for GI implementation with the degree of suitability per MMU.

5.4.1 Area di studio

5.4.1 Study area

The focus area extends over "Larger Urban Zones" (LUZ) of Naples (Italy) as conceived and mapped by the European Environment Agency (EEA) through the "Urban Atlas" project. It offers

- Function;
- Class of service;
- Indicator of LS;
- Source;
- Unit of Measure (U.M.);
- Analysis distance (A. d.).

Table 5 – The categorisation of the spatial indicators of LS for the LUZ of Naples

Function (I level)	Class (II level)	Indicator of LS	Source	U.M.	A.d. (Km)	Code
Regulation	Environmental regulation	Surface of environmental protection areas	Natura 2000	Kmq	2,0	ER01
		Surface of water bodies	Urban Atlas	Kmq	1,0	ER02
		Surface of forests	Urban Atlas	Kmq	2,0	ER03
		Surfaces of land without use	Urban Atlas	Kmq	0,1	ER04
	Water supply	Drinking water points	OSM	num	0,5	WS01
		Length of waterways	OSM	Km	1,0	WS02
Carrier	Transportation	Length of Railways	OSM	Km	0,5	TR01
		Length of Roads	OSM	Km	1,0	TR02
		Surface of Airport	Urban Atlas	Kmq	3,0	TR03
		Surface of Port areas	Urban Atlas	Kmq	3,0	TR04
		Bus-metro stops	OSM	num	0,5	TR05
	Mining	Surface of mineral extraction sites	Urban Atlas	Kmq	0,5	MI01
	Habitation	Surface of Habitation density	Urban Atlas	Kmq	0,5	HA01
	Waste disposal	Surface of solid waste disposals	OSM	Kmq	1,0	WD01
	Tourism-facilities	Number of touristic accommodation	OSM	num	1,0	TF01
	Information	Cultural and artistic information	Number of cultural sites	OSM	num	3,0
Spiritual and historical information		Number of places of worship	OSM	num	1,5	SH01
Re-creation		Surface of sport and leisure	Urban Atlas	Kmq	2,0	RE01
		Surface of green urban areas	Urban Atlas	Kmq	2,0	RE02
		Number of attraction places	OSM	num	1,0	RE03
Aesthetic information		Attractive landscape features	Panoramio	num	3,0	AI01

The spatial analysis lead to a categorisation of the features into three macro-functions, by which:

- "Regulation Function" (RF) is connecting to the capacity of the landscape to promote natural cycles through ecological processes. The RFs include two class of services related

to environmental regulation (e.g. protection areas, water bodies, forests and land without use) and water supply (e.g. drinking water and waterways). Both the classes convey the values of the spatial features that perform functioning of natural and anthropic ecosystem through the regulation of the physical environment.

- "Carrier Function" (CF) relates the services of transportation, mining, habitation, waste disposal and tourism-facilities to the substrate/medium through which they are able to produce benefit for the human-being. The Landscape Services for the CF category involve the network of roads and railway which regulate the mobility system, and the land use directed to the provisioning of suitable places for human settlements and the substrate fit for purpose of the resources extraction or waste cycle.
- "Information Function" (IF) relates material/immaterial cultural heritage to cultural life and leisure activities, by expressing the capacity of landscape to produce cultural, artistic, spiritual, historical, re-creational and aesthetic values.

Acquiring knowledge for the LS identification and evaluation involves manipulating data with different standard, format and scattered sources. According to Malczewski & Ogryczak, spatially explicit and implicit criteria have to be previously determined in order to structure the decision model (Malczewski & Ogryczak 1995). The majority data related to the focus area belong to spatially explicit criteria group, such as the geographic features of the "Urban Atlas" project and the OpenStreetMap (OSM) database. OSM is one of most well-known databases of crowdsourcing geographic information where geographic features about morphology, habitat, biodiversity, and networks at the urban scale can be easily downloaded and shared (Capineri et al. 2016). The critical ability of this informative system is related to the voluntary mapping of urban features by citizens observing and living the places. Moreover, VGI can fill the gap of the official agencies that lack up-to-date geographic information. Actually, there are some approaches for assuring and improving the quality of data in the VGI, e.g., crowdsourcing, social and geographic methods can be recognized (Goodchild & Li 2012).

In conclusion, "Panoramio" and "Flickr" databases are further examples of VGI that have been implemented in this research. An excerpt of a point pattern, acquired from the GUI with a programming code, have been processed in order to detect the most photographed places by citizens and tourists in the focus area. As an example, the indicator AI01, derived from this method, is able to simulate landscape attractiveness, as citizens or tourists perceive it.

5.4.2 Materiali e metodi

5.4.2 Materials and methods

As the previous case studies, the methodology (Figure 27) derived from the framework of the Multi-criteria Spatial Decision Support System (MC-SDSS), by following the four main steps (i), (ii), (iii), (iv) (cfr.5.2.2-5.3.2).

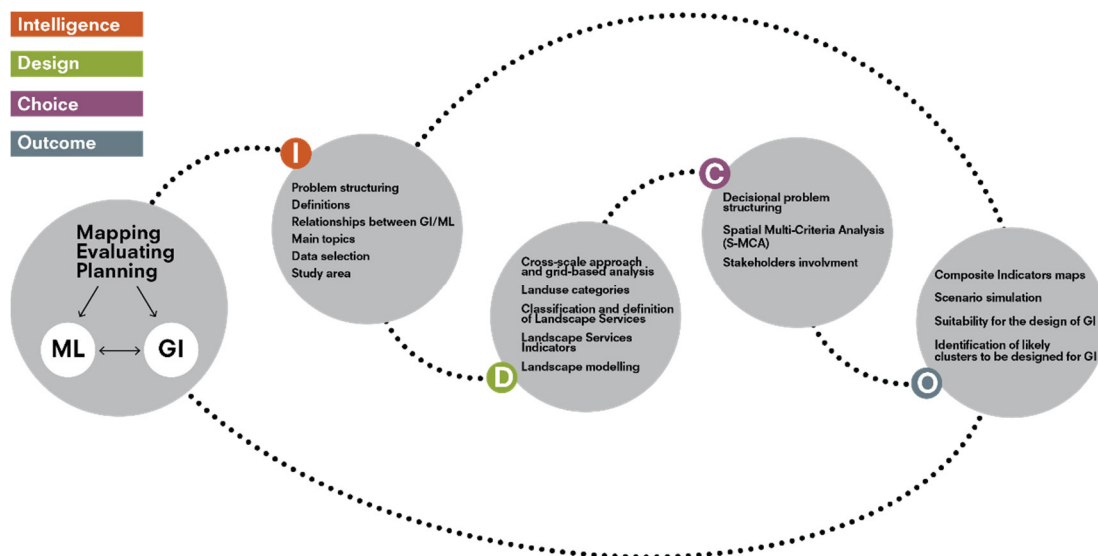


Figure 27 – The methodological framework of the MC-SDSS for the LUZ of Naples

The "Intelligence" phase (i) of the SDSS for the LUZ of Naples focus on identifying the main topics affecting the study area, by investigating the relationships between Green Infrastructure (GI) and Multifunctional Landscape (ML) in terms of definitions and operative approaches for evaluating and planning the LS/ES provided by GI and vice versa. The (i) steps seek to select data at different scales in order to foster the knowledge of multi-dimensional phenomena by checking the available data and by outlining the cognitive context. It was mentioned that data are concurrently derived from authoritative and un-official sources in order to reach a widest knowledge. Moreover, structuring a deeper knowledge is crucial for delimiting the focus area. Designing landscape's boundaries, indeed, can be very difficult within a multi-dimensional perspective, especially when a territory is complex and concurrently shaped by multiple landscapes. Sometimes it is necessary to set them with the support of groups of specialists.

Conceiving a spatial model, that is able to analyse the multi-dimensional features of the complex landscapes of Naples and its surroundings, characterize the "Design" phase (ii). A spatial representation model that assimilates the landscape to a mosaic of patches is performed. Indeed, the environmental structures are decomposable into systems and subsystems and, in order to understand the complex network of the human/natural components, a cross-scale approach is recommended (Forman & Godron 1986). As above-mentioned, 21 spatial indicators of LS were selected, structured and standardized according to a hierarchical categorisation. The (ii) step implies mapping the indicators of the selected LS in order to include each LS indicator within a spatial reference system by making benefits spatially explicit. Some operations through GIS software are performed in this phase with the purpose of standardizing data in relation to common parameters; thus, the spatial features are geo-referenced in the WGS84/UTM zone 33N coordinate system. In this case study, the

indicators have been standardized without assigning a preference direction, since the goals of the analysis are semi-structured and it is not feasible to define a normalization procedure without stakeholders' opinions. A Minimum Mapping Unit (MMU) is chosen for the spatial analysis, according to the Grid-Based approach (cfr.4.4). In this case study a regular grid-square of 500 square metres per cell is chosen as the homogeneous surface of the analysis.

The "Choice" phase (iii) involves setting the hierarchy of the decisional problem in order to finalize the evaluation process with the purpose of producing composite indicators maps to support the decision of suitable zones for the design of GI through a multi-stakeholder perspective. The multi-criteria evaluation of the relative importance and priorities of each LS indicator is performed through the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The AHP is a suitable method within decisional contexts in which qualitative and quantitative indicators are involved, since it allows comparing of heterogeneous aspects in a single scale value through a pairwise comparison of the elements within the hierarchy and through a consistency check of the judgments. In this step of analysis same weights have been attributed since the purpose is to check the model and to test global methodological framework. Indeed, the multifunctional landscape has been processed as a hierarchy of services in order to simplify the complexity and lay the groundwork for a deeper understanding of the trade-off among indicators. According to the levels of the hierarchical categorisation, the Multi-criteria Analytical Scoring Tool (MASCOT) software, provided by EnviroSPACE Laboratory at University of Geneva, Switzerland (Lacroix et al. 2014), was implemented in GIS environment to compare each sub-criteria through a weighting. MASCOT provided a distance-based method that aims at evaluating the spatial impact of each criterion in the context; namely, it allows using a distance decay, for which the spatial indicator gradually loses its intensity up to the limit of distance setting.

The "Outcome" (iv) of the evaluation process comes to: defining the "capacity matrix" that relates the LULC classes to their contribution to producing services (Table 6); processing composite indicators that rank the cells of the landscape spatial model in relation to the three above-mentioned macro-functions, by producing normalized index of carrier (Figure 28), information (Figure 29) and regulation (Figure 30) services per cell; generating a preliminary hypothesis for the allocation of GI by considering the feasible LULC classes (e.g. 1.Land without current use, 2.Green urban areas, 3.Sports and leisure facilities, 4.Agricultural areas, semi-natural areas and wetlands, 5.forests, 6.water) and the degree of landscape multifunctionality per cell (Figure 31).

Table 6 – The capacity matrix of the LULC classes in relation to their LS/ES

Macro-functions	Regulation			Carrier						Information					
Sub-function	Regulation of phisycal and biotic environment			Water supply	Transportation	Cultivation	Mining	Habitation	Waste disposal	Tourism-facilities	Cultural and artistic information	Spiritual and historical information	Re-creation	Aesthetic information	
Services	Drainage and natural irrigation	Flood prevention (e.g. by wetlands and forests)	Influence on climate	Provision of water for consumptive use (e.g. drinking, irrigation and industrial use)	Transportation by land and water	Food and raw materials from cultivated land and aquaculture	Minerals, oil, gold, etc.	Living space (ranging from small settlements to urban areas)	Space for solid waste disposal	Tourism-activities (outdoor sports, beach-tourism)	Use of nature as motive in books, film, painting, folklore, national symbols, architect, advertising, etc.	Use of nature for religious or historic purposes (i.e. heritage value of natural ecosystems and features)	Travel to natural ecosystems for eco-tourism and (re-creational) nature study	Enjoyment of scenery (scenic roads, housing, etc.)	
Urban Atlas landuse classes	30%	25%	20%	30%	25%	10%	5%	25%	5%	35%	60%	45%	60%	75%	
Continuous Urban fabric (S.L. > 80%)															
Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L.: 50% - 80%)															
Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L.: 30% - 50%)															
Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L.: 10% - 30%)															
Discontinuous Very Low Density Urban Fabric (S.L. < 10%)															
Isolated Structures															
Industrial, commercial, public, military and private units															
Fast transit roads and associated land															
Other roads and associated land															
Railways and associated land															
Port areas															
Airports															
Mineral extraction and dump sites															
Construction sites															
Land without current use (Terzo paesaggio/verde incolto)															
Green urban areas															
Sports and leisure facilities															
Agricultural Areas, semi-natural areas and wetlands															
Forests															
Water															
Number of classes:	20	6	5	4	6	5	2	1	5	1	7	12	9	12	15

5.4.3 Risultati

5.4.3 Outcomes

The multifunctional landscape approach was considered by including the multiple ecological, social, and economic functions that the landscapes provide for human well-being in specific contexts (De Groot 2006; De Groot et al. 2010).

In summary, the SDSS for the city of Naples and its surrounding municipalities aims at evaluating the landscape services and functions in order to visualize the critical zones with low values for which policy for improving the environmental quality is required. Thus, GIS allowed to provide the distribution and the quantification of the spatial phenomena of the territory. The complex values of the multifunctional landscape were organized in a hierarchy of functions and services in order to simplify the evaluation. Moreover, the dynamic change of landscape features needs flexible and up-to-date tools, easily accessed by both specialists and commons.

A step forward of this research should focus not only on the real expert preferences according to pre-selected criteria, but also on a common individuation of LS by local community and stakeholders. VGIs play an important role within the shared knowledge process while the evaluation makes a decisional process more democratic by combining user-generated data and people preferences. The maps of spatial criteria are useful for prioritization and problem identification when context-aware information are available. Moreover, the communication among stakeholders improves by displaying the spatial data maps, and the contribution of MCA increases the quality of the landscape planning and management.

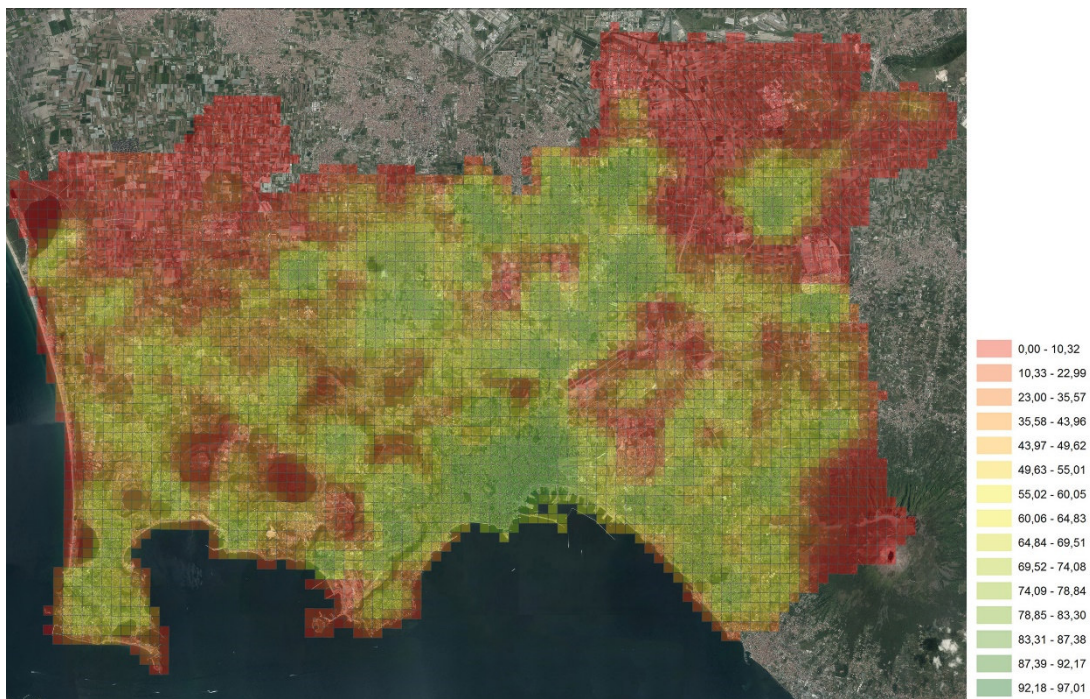


Figure 28 – Carrier Services Index

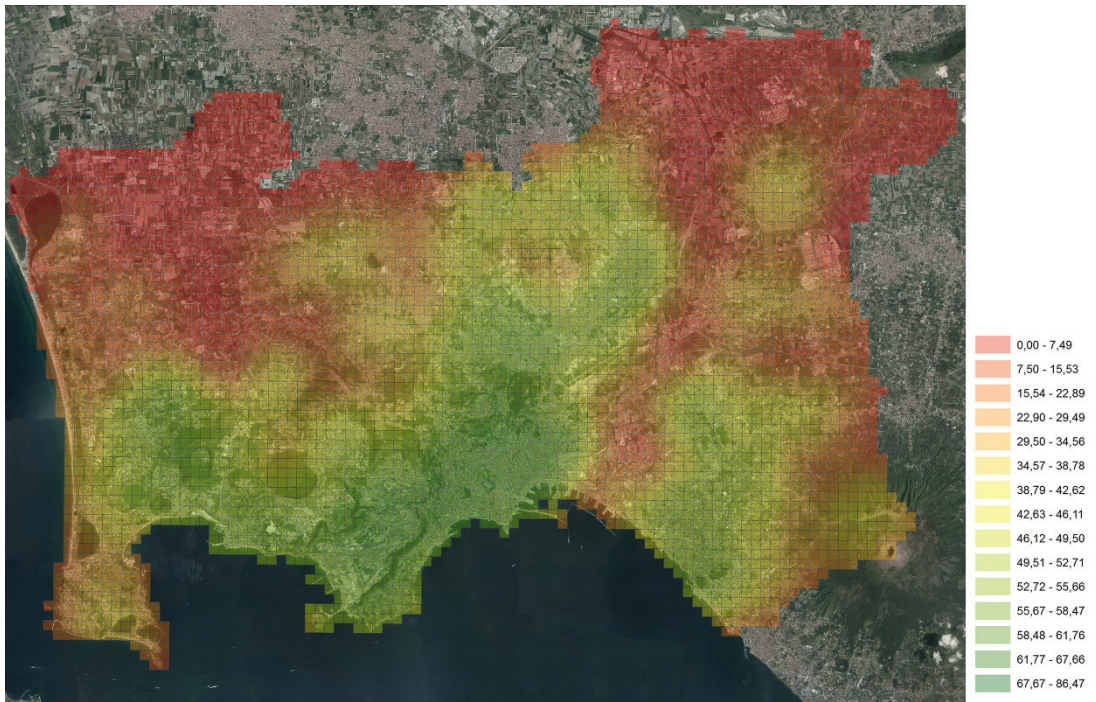


Figure 29 – Information Services Index

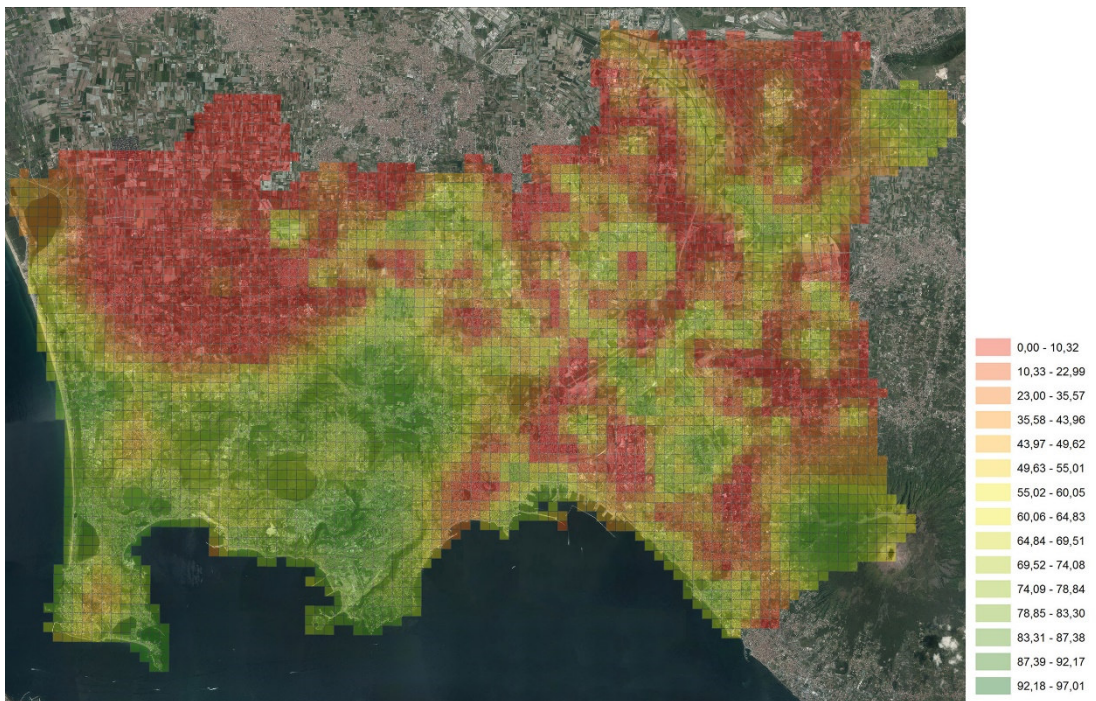


Figure 30 – Regulation Services Index

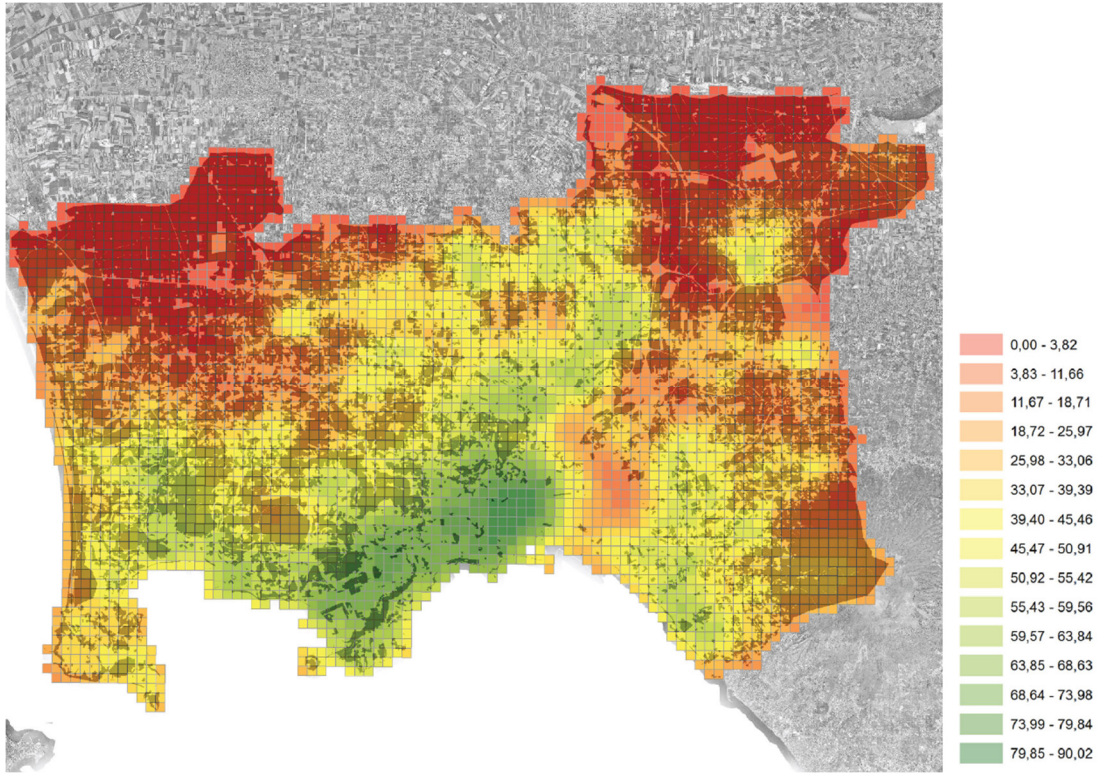


Figure 31 – Overall map of composite indicators of LS and geographical levels of GI

6 Proposta metodologica

6 Methodological proposal

6.1 Un approccio di Valutazione Ibrido per Paesaggi Multifunzionali (HEMuL)

6.1 A Hybrid Evaluation framework for Multifunctional Landscapes (HEMuL)

Gli approcci e gli strumenti finora descritti si possono considerare particolarmente efficaci nell'individuazione dei valori complessi legati alle varie forme di paesaggio, ma soprattutto per la valutazione delle interrelazioni che sussistono tra uomo e paesaggio. Il processo valutativo strutturato nei casi di studio analizzati permette di effettuare una mappatura delle diverse tipologie di valori e costituisce uno strumento di supporto alle decisioni, le cui potenzialità sono insite nel rendere spazialmente esplicite questioni multidimensionali difficilmente rilevabili con tecniche di indagine tradizionali.

L'individuazione di un approccio metodologico ibrido integra conoscenze che derivano da campi del sapere differenti in una logica multidisciplinare e transdisciplinare, strutturata secondo processi collaborativi che consentono la condivisione di obiettivi; e rafforza le azioni umane mirate a uno sviluppo sostenibile inclusivo delle istanze ambientali, sociali, ecologiche, economiche, attraverso i metodi e gli strumenti delle valutazioni, intese, in accordo ad una visione sistemica, come pensiero di processo (Funtowicz & Ravetz 2003).

Nei capitoli precedenti sono stati approfonditi gli approcci e gli strumenti che di recente sono stati strutturati e implementati a livello internazionale, analizzandone le criticità e le potenzialità.

Nel contempo, i tre casi di studio descritti rappresentano delle esperienze concrete necessarie per testare la metodologia in contesti operativi al fine di valutare il livello di efficacia, significatività e riproducibilità dell'approccio nel momento in cui cambiano le scale territoriali, i contesti decisionali e gli attori in gioco. Per queste ragioni, l'individuazione delle invarianti del sistema diventa una pratica essenziale per consolidare un modo di analizzare le questioni complesse legate al paesaggio, in cui le valutazioni diventano il driver per la costruzione di conoscenza e l'ideazione di strategie, tattiche ed azioni.

Dalle istanze desunte dalla revisione critica della letteratura finora consultata, è possibile delineare un approccio ibrido utile a strutturare Sistemi Spaziali di Supporto alla Decisione (SDSS), indirizzati allo studio dei paesaggi multifunzionali, che siano:

- **Inclusivi**, in quanto attenti ad includere nei processi decisionali i caratteri ecologici, culturali e sociali del paesaggio, spesso non considerati a causa delle difficoltà insite nella

individuazione ed esplicitazione dei relativi valori, ed in grado di tener conto delle preferenze dei diversi stakeholder e dei possibili conflitti;

- **Collaborativi**, in quanto significativi per l'attivazione di possibili sinergie tra sapere esperto e sapere comune nella costruzione di un processo di conoscenza condivisa e di un sistema collettivo di valori riconosciuti in uno specifico contesto decisionale;
- **Place-based**, in quanto orientati all'identificazione e alla localizzazione delle risorse multidimensionali che caratterizzano i diversi paesaggi, integrando gli approcci bottom-up e top-down non solo in fase di definizione degli obiettivi ma anche nella costruzione di basi conoscitive più ampie, propedeutiche alla valutazione dei paesaggi complessi;
- **Rappresentabili spazialmente**, in quanto in grado di garantire un'efficace comunicazione ed un'immediata comprensione, nonché un semplice utilizzo nell'ambito dei processi di valorizzazione e trasformazione dei paesaggi. In tale prospettiva, gli strumenti GIS e le tecniche di analisi spaziale si rivelano fondamentali nella definizione e nella fruizione del modello;
- **Dinamici**, in grado di tener conto della variabile "tempo" e di come possa influenzare l'articolazione e lo sviluppo dei processi decisionali, cercando di non trascurare, tuttavia, gli approcci statici utili ad una rapida quantificazione di LS/ES;
- **Smart**, in quanto attenti all'individuazione di processi innovativi, in grado di integrare innovazione sociale, innovazione territoriale e ICT, anche grazie alla possibilità di implementare i processi di valutazione spaziale dei paesaggi multifunzionali con la strutturazione di piattaforme web per la condivisione e diffusione di conoscenza, e la produzione di nuovi valori.

In tabella 6 sono stati messi a confronto i tre casi di studio analizzati, individuandone: gli obiettivi, i metodi di mappatura di LS/ES, le tipologie di modelli multi-criteri, i metodi di valutazione, i metodi di aggregazione degli indicatori spaziali compositi, i risultati ottenuti (mappe della multifunzionalità dei paesaggi), le potenzialità e le criticità degli approcci sperimentati a scale differenti (Table 7). Si può osservare come il processo di ibridazione dei metodi sia stato concepito a livelli diversi a seconda degli obiettivi, ma è fondamentale stato impiegato nella scelta delle modalità di mappatura, elaborazione, aggregazione e valutazione degli indicatori spaziali, semplici e compositi, intesi come *proxy* dei servizi ecosistemici e di paesaggio.

È possibile individuare tre fasi principali del processo di ibridazione, di seguito esplicitate:

- Ibridazione dei metodi di mappatura per l'individuazione di LS/ES (i);
- Ibridazione delle tecniche multi-criteri e dei metodi di aggregazione per la costruzione di indicatori spaziali compositi per la valutazione di LS/ES (ii);
- Ibridazione delle scale spaziali per testare il modello a livelli incrementali ed in contesti geografici diversi (iii).

Table 7 – The comparison among the three case studies' methods.

CASI DI STUDIO	OBIETTIVO	METODO DI MAPPATURA DEGLI INDICATORI DI LS/ES	TIPOLOGIA DI MODELLO SPAZIALE MULTI-CRITERI	METODO DI VALUTAZIONE	METODO DI AGGREGAZIONE PER INDICATORI SPAZIALI COMPOSITI	RISULTATI / MAPPE DELLA MULTIFUNZIONALITÀ DEI PAESAGGI	POTENZIALITÀ	CRITICITÀ
Caso n° 1	Strutturazione di un SDSS per la valutazione del paesaggio multifunzionale per i Comuni del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni.	Logico (funzione di produzione ecologica) + Estrapolazione/integrazione (trasferimento di beneficio)	Descrittivo/Prescrittivo <i>Value-based</i>	<i>Entropy-based weighting</i> + WLC	Additivo $M_{index} = \sum_{i=1}^m w_i M_i$	Mappe degli indicatori spaziali composti di LS/ES relativi a 3 classi (<i>Provisioning, Regulation e Cultural Services</i>), con indici di performance di multifunzionalità aggregati per celle (1X1Km).	Comunicabilità dei risultati; Semplicità nelle procedure di aggregazione dei pesi; Bilanciamento fra pesi oggetti e soggettivi.	Tempi lunghi di computazione dei pesi entropici in ambiente GIS; Totale compensazione fra gli indicatori dei LS; Scarsa considerazione dei benefici multipli che possono fornire alcuni servizi.
Caso n° 2	Valutazione di scenari di sviluppo turistico sostenibile per i Comuni del Gruppo di Azione Locale (GAL) Partenio.	Empirico/logico (funzione di produzione ecologica) + Estrapolazione/integrazione (trasferimento di beneficio)	Costruttivo <i>Alternative-based</i>	ANP + Metodo geometrico implementato in ambiente spaziale	Geometrico $M_{index} = \prod_{i=1}^m M_i^{w_i}$	Ranking di indicatori normalizzati, scenari di trasformazione, e mappa della rete con indici di multifunzionalità del paesaggio aggregati per celle (250X250m).	Compensazione parziale fra indicatori; Considerazione delle dipendenze interne ed esterne ai cluster tematici; Rappresentazione spaziale del network di LS/ES.	Difficoltà nella somministrazione dei questionari per i confronti a coppie ai DM; Complessità computazionale; Limitata comunicabilità dei risultati ai non-esperti di settore.
Caso n° 3	Identificazione, mappatura e valutazione di LS/ES nell'area metropolitana di Napoli.	Empirico (funzione di produzione ecologica) + Estrapolazione/integrazione (trasferimento di beneficio)	Prescrittivo <i>Value-based</i>	AHP + Distanza euclidea	Non compensativo $M_{index} = \sum_{k=1}^n w_k v(a_{ik}) \varepsilon_d$ con ε_d = distanza euclidea fra le <i>feature</i> spaziali.	Mappe degli indicatori spaziali composti di LS/ES relativi a 3 classi (<i>Carrier, Information e Regulation Services</i>), con indici di multifunzionalità parziali e totali aggregati per celle (500X500m).	Non compensazione fra indicatori; Semplicità di attribuzione delle priorità con i confronti a coppie; Considerazione della distanza di decadimento di un beneficio rispetto alla locazione geografica del servizio.	Aleatorietà delle distanze di analisi; Rigidità delle gerarchie dei servizi; Risultati fortemente soggetti alla qualità dei dati geografici.

Nel primo caso (i), le differenti tecniche di mappatura applicate ai casi di studio si sono avvalse dell'utilizzo ibrido di metodi logici, empirici, di estrapolazione e di integrazione per la costruzione dei database degli indicatori che hanno consentito di rappresentare spazialmente le componenti multidimensionali dei diversi contesti geografici, indagati in termini di LS e ES.

Nello specifico, la combinazione di metodi **logici**, di **estrapolazione** e di **integrazione** è stata finalizzata alla produzione degli indici dei servizi di approvvigionamento (provisioning) (Figure 33), regolazione (regulation) (Figure 37), integrità ecologica (ecological integrity) (Figure 36,52), e culturali (cultural) (Figure 46) per i casi studio n°1 e n°2. Gli indicatori spaziali, elaborati con l'ibridazione di questi tre approcci, sono stati costruiti con il metodo del "trasferimento di benefici", desunto dalla valutazione delle classi LULC e adottato dall'approccio di Burkhard et al. 2009 per determinare la capacità delle classi nella produzione di LS/ES, e riaggregando i valori per le UMM relative ai nuovi contesti di indagine. Questa operazione ha consentito di ottenere un ranking delle performance per UMM di questi servizi, esplicitato attraverso nuovi indicatori spaziali compositi.

I metodi **empirici** e di **estrapolazione**, inoltre, sono utilizzati in modo ibrido per l'elaborazione dei valori puntuali desunti dalla localizzazione spaziale di quei servizi che sono stati mappati mediante indagini sul campo, oppure con l'utilizzo di VGI e di dati geografici non ufficiali. Le percentuali di classi LULC per UMM, sulle quali ricadono i punti mappati con queste modalità, permettono la costruzione di statistiche spaziali e indagini a scale differenti, al fine di verificare la capacità ecosistemica dei paesaggi in modo qualitativo (sulla base delle preferenze degli esperti) e quantitativo (a seconda della disponibilità di dati e di strumenti d'indagine adeguati). Gli indicatori spaziali elaborati con queste modalità si riferiscono:

- Nel caso studio n°1, alle classi dei servizi di imprenditorialità (entrepreneurship) (Figure 35), svago (enjoyment) (Figure 40-42), e realizzazione personale (personal fulfilment) (Figure 44);
- Nel caso studio n°2, alle classi dei servizi di accoglienza turistica (tourism-facilities) (Figure 47,47), informazione artistica e culturale (cultural and artistic information) (Figure 54,55), e informazione estetica (aesthetic information) (Figure 56);
- Nel caso studio n°3, alle classi dei servizi di fornitura idrica (water supply) (Figure 62,63), trasporto (transportation) (Figure 64-68), smaltimento rifiuti (waste disposal) (Figure 71), accoglienza turistica (tourism-facilities) (Figure 72), informazione artistica e culturale (cultural and artistic information) (Figure 73), informazione storica e spirituale (spiritual and historical information) (Figure 74), ricreativi (re-creation) (Figure 76), e informazione estetica (aesthetic information) (Figure 78).

I restanti indicatori spaziali in relazione ai tre casi di studio, infine, sono stati elaborati grazie all'impiego di metodi **diretti**, utilizzando fonti ufficiali estratte da: censimenti Istat (Figure 49-50), database geografici dell'EEA (Figure 59-61,69,75,76), Rete Natura 2000 (Figure 38,39,53,58), o altre fonti istituzionali (Figure 34,45). Anche l'impiego dei metodi diretti, tuttavia, è stato

supportato dai metodi di integrazione nei casi in cui informazioni di per sé spazialmente implicite, o di natura non spaziale, siano state rese spazialmente esplicite (Figure 57).

L'ibridazione delle tecniche multi-criteri e dei metodi di aggregazione (ii) è stata, invece, concepita dall'uso combinato e sinergico dei metodi di valutazione impiegati per la risoluzione di problemi decisionali spaziali.

Nel caso studio n°1, ad esempio, è stato proposto un approccio oggettivo per l'attribuzione dei pesi agli indicatori, basato sul concetto di entropia dell'informazione proposto da Georgescu-Roegen (Georgescu-Roegen 1974). La generalizzazione di questo concetto, attraverso l'applicazione della relativa formulazione analitica, ha consentito di produrre un peso oggettivo che esprime il grado di entropia (inteso come grado di significatività) di ciascun indicatore, e che servirà, negli sviluppi futuri del caso di indagine, a bilanciare il peso soggettivo desunto dalle preferenze che potranno essere espresse da un gruppo di esperti, mediante l'utilizzo di un ulteriore metodo di valutazione. In questo caso, la combinazione lineare pesata (WLC), anche se con alcune limitazioni, consentirà di ottenere risultati significativi, e inclusivi di una conoscenza esperta sul paesaggio, combinando gli indicatori singoli in indici compositi che esprimono il grado di multifunzionalità per UMM del paesaggio in esame.

Nel caso studio n°2, invece, il metodo ANP è stato combinato con un metodo di aggregazione geometrica degli indicatori compositi, al fine di produrre un output spaziale che rendesse esplicite le preferenze degli stakeholder coinvolti, nei focus-group, in relazione ai diversi scenari di sviluppo sostenibile pre-configurati. In questo caso, l'analisi di rete è stata impiegata come il metodo più efficace per comprendere le interrelazioni fra LS/ES categorizzati in cluster differenti, allo scopo di: definire una mappa della multifunzionalità del paesaggio in cui sia possibile localizzare le aree più idonee (suitable) ad accogliere le strategie di trasformazione proposte; e, allo stesso tempo, generare un indicatore composito delle performance di sostenibilità del paesaggio in termini di produzione di LS e ES.

Nel caso studio n°3, infine, l'ibridazione è avvenuta implementando il metodo AHP in ambiente spaziale e introducendo la componente della "distanza di decadimento" di un effetto (beneficio) rispetto all'intorno spaziale (celle circostanti) dell'entità geografica che caratterizza il relativo servizio.

L'ibridazione delle scale spaziali (iii) serve a testare il modello a livelli incrementali e in contesti geografici diversi. L'analisi del paesaggio come sistema dinamico complesso (Cerreta & Poli 2013) implica, infatti, la necessità di costruire modelli *cross-scale* allo scopo di valutare gli impatti delle trasformazioni spaziali a scale differenti. La modellazione del paesaggio, concepita mediante l'utilizzo di griglie modulari costituite da UMM regolari, non solo è utile a semplificare, rendere omogenei e razionalizzare i processi di aggregazione multicriteri degli indicatori spaziali, ma consente anche di studiare l'impatto delle scelte di trasformazione, operate a scala vasta, su una scala di dettaglio, ad esempio nei contesti peri-urbani o urbani.

Il modello spaziale proposto all'interno della metodologia di questa tesi è stato concepito, infatti, per funzionare e produrre risultati a scale incrementali, che vanno dall' area vasta all' isolato urbano e di quartiere, con la finalità di comprendere in quale modo i valori di LS/ES cambiano all'interno di unità di mappatura più minute che vengono "annidate" in quelle più grandi, mantenendo lo stesso riferimento spaziale. L'analisi delle "celle annidate" (nested-cells) può generare risultati significativi, ma soprattutto estremamente divergenti rispetto a quelli iniziali, supportando con indicazioni utili le scelte di trasformazione, gestione e pianificazione dei paesaggi a diversi livelli istituzionali.

In conclusione, dall'analisi dei casi di studio è stato possibile desumere le invarianti metodologiche che hanno portato all'ideazione di un framework di valutazione ibrido per Paesaggi Multifunzionali (**Hybrid Evaluation framework for Multifunctional Landscapes – HEMuL**), che costituisce l'output di questo lavoro di ricerca.

L'approccio **HEMuL** è caratterizzato da 5 step principali che si rifanno ai 3 domini della conoscenza (sistemica, normativa e trasformativa) esplicitati nella LSS. Gli step metodologici, pur seguendo un ordine progressivo, possono essere ripercorsi ciclicamente nel momento in cui si acquisiscano nuove informazioni che siano in grado di finalizzare o implementare gli obiettivi iniziali, driver dei processi di valutazione. L'approccio proposto segue le quattro fasi fondamentali di "Intelligence", "Design", "Choice" e "Output" dei Sistemi di Supporto alla Decisione (SSD) (Simon 1960), con la peculiarità che la fase di Design, in cui viene concettualizzato e costruito il modello spaziale, evolve sinergicamente insieme alle fasi di conoscenza dei paesaggi (Intelligence) e di *decision-making* spaziale (Choice), cercando di superare in questo modo una gerarchia troppo rigida, in conflitto con i principi olistici alla base della LSS.

Si riporta in seguito una descrizione dettagliata dei 5 step che caratterizzano l'approccio **HEMuL**, e che sono rappresentati schematicamente in figura 32 (Figure 32):

- **Step n°1.** La prima fase del framework metodologico proposto consiste nella strutturazione del problema decisionale e nella definizione dei macro-obiettivi di indagine, a seconda dei quali dovrà essere orientata la scelta della scala di analisi. È stato evidenziato in precedenza come lo studio delle dinamiche che caratterizzano i paesaggi multifunzionali debba incentrarsi sulle diverse scale alle quali i servizi ecosistemici e di paesaggio sono forniti e/o fruiti, allo scopo di esplorare gli impatti delle scelte di trasformazione a vari livelli. Nel contempo, la definizione di una scala di indagine appropriata implica la scelta di una superficie statistica omogenea, sulla quale sia possibile aggregare i dati e gli indicatori che saranno elaborati nelle fasi successive del processo di valutazione. Le operazioni fin qui descritte, pur essendo propedeutiche alle fasi di "Design" del modello di rappresentazione spaziale, non hanno un intento meramente tecnico, ma diventano utili alla strutturazione del problema decisionale, soprattutto se gestite in maniera condivisa all'interno di gruppi

esperti. La scelta di un'unità minima di mappatura (UMM), intesa come fase necessaria a discretizzare i dati e le informazioni spaziali selezionate in fase di "Intelligence", infatti, non solo migliora le procedure di aggregazione degli indicatori compositi, ma supporta gli attori coinvolti nei processi decisionali nella visualizzazione globale e nell'utilizzo concreto di informazioni non strutturate, eterogenee e complesse. In conclusione, il primo step, prevedendo una sinergia fra le fasi di "Intelligence" e di "Design", ha lo scopo di: indirizzare la conoscenza verso la definizione degli obiettivi e la strutturazione del problema decisionale con un approccio esperto; concepire in via preliminare, attraverso la scelta di una UMM, il modello spaziale, che funzionerà a scale di indagine differenti; ed infine, selezionare e aggiornare ciclicamente i dati, provenienti da fonti differenti e attinenti agli obiettivi prefissati.

- **Step n°2.** La valutazione dei paesaggi multifunzionali richiede l'identificazione delle funzioni e dei servizi ecosistemici (ES) e di paesaggio (LS). Uno step fondamentale di questo processo implica la costruzione di un lessico condiviso incentrato sulle tematiche che si intendono affrontare, soprattutto in relazione ai termini "beneficio", "servizio" e "funzione". È stato già descritto come la ricerca scientifica, in questo campo di recente sviluppo, fornisca eterogenee, ambigue e talvolta vaghe definizioni di questi termini. Nonostante alcuni autori abbiano, a buon diritto, definito questa ambiguità come un elemento di forza, che incoraggia un approccio transdisciplinare e creativo (Boerema et al. 2017), la costruzione condivisa, e partecipata, di un lessico comune consente di affrontare in modo ottimale le questioni che si presenteranno in corso d'opera, incrementando gli approcci top-down con quelli bottom-up nella ridefinizione degli obiettivi iniziali. Un'altra fase di estrema importanza riguarda la classificazione dei diversi tipi di servizi che sono stati identificati in fase di "Intelligence", attraverso la scelta di un framework operativo di riferimento a cui aggiungere eventuali nuove categorie di servizi che possono essere rilevate in base ad un approccio *place-based*. La classificazione dei servizi, infatti, rende possibile la comprensione della distribuzione spaziale dei benefici, fornendo la possibilità ai DM di prevedere azioni "ritagliate" (tailored) sul paesaggio, considerando le caratteristiche fondamentali e i valori degli indicatori compositi di LS/ES per UMM. In base ai recenti avanzamenti in letteratura, è stata inoltre evidenziata l'importanza di adottare un approccio basato sul *Benefit-Centrism*, allo scopo di rilevare i benefici forniti dai servizi e le loro possibili scale/direzioni rispetto alla localizzazione dei servizi.
- **Step n°3.** Gli indicatori spaziali geografici, le metriche di paesaggio (landscape metrics) e le classi di uso/copertura del suolo (LULC), che derivano dall'elaborazione di dati forniti da fonti ufficiali, delle quali generalmente è possibile verificare l'attendibilità attraverso la consultazione dei meta-dati associati, compongono una *Hard Knowledge* che contribuisce a migliorare gli obiettivi top-down nei processi decisionali in cui sono coinvolti gruppi di

esperti per identificare e valutare LS/ES. Tuttavia, l'integrazione di indicatori qualitativi, in grado di misurare le percezioni di coloro che fruiscono dei servizi di paesaggio, serve a colmare il gap della *Hard Knowledge*, promuovendo una sostenibilità che considera molteplici livelli istituzionali e dimensioni culturali, sociali, fisiche nelle scelte di trasformazione dei paesaggi. Gli approcci bottom-up, e l'utilizzo di fonti non-ufficiali, possono essere impiegati per colmare il divario fra i domini della conoscenza esperta (hard) e comune (soft), grazie all'impiego di metodi e tecniche indirizzate ad elicitare i valori intangibili dei paesaggi multifunzionali. Fra i metodi più impiegati per elicitare questi valori si annoverano: i Participatory GIS (PP-GIS) (Brown & Raymond 2007), i questionari o i metodi di *soft knowledge* per identificare gli *shared-values* (Kenter et al. 2016), e i dati geografici desumibili dalla mappatura volontaria di utenti che vivono, conoscono e frequentano quotidianamente i territori, attraverso le piattaforme di *crowdsourcing* basate sui sistemi di Volunteered Geographic Information (VGI) (Flanagin & Metzger 2008). Gli approcci bottom-up e top-down, insieme ai domini della conoscenza (hard e soft) che ne derivano, se utilizzati in sinergia, consentono di implementare i dataset di indicatori spaziali, intesi come le *proxy* attraverso cui è possibile identificare, mappare, classificare e misurare le dinamiche dei paesaggi multifunzionali in termini di LS e ES.

- **Step n°4.** L'implementazione dei dataset di indicatori spaziali, realizzata attraverso l'uso dei metodi di *hard e soft computing* fin qui descritti, consente di ri-strutturare il problema decisionale, ripercorrendo gli step precedenti, in relazione all'acquisizione di un più ampio spettro di conoscenze, nonché di aggiornare e finalizzare il modello spaziale per la fase finale di "Choice" del *decision-making*. La mappatura dei servizi, raggiunta attraverso l'ibridazione dei metodi della "funzione di produzione ecologica" e del "trasferimento dei benefici", genera le mappe degli indicatori di LS/ES normalizzati in intervalli prescelti. La scelta della funzione di normalizzazione è influenzata dalla continuità o discontinuità dei valori ottenuti durante il processo di elaborazione degli indicatori. Per ragioni di semplicità, i casi di studio n°1 e n°2, qui presentati, si avvalgono di funzioni lineari che ricercano i valori di massimo (max) e di minimo (min), normalizzando i dati in intervalli variabili a seconda del caso da 0 a 1 o da 0 a 100, in base alle formule [5.1] e [5.2] precedentemente esplicitate (cfr. 5.2). Nel caso di studio n°3, invece, si è scelto di standardizzare i dati in intervalli omogenei senza assegnare una direzione di preferenza agli indicatori. Gli indicatori normalizzati e/o standardizzati secondo tali modalità sono quindi intesi come i criteri spaziali secondo i quali gli stakeholder (portatori di conoscenza esperta) e gli esponenti delle comunità locali coinvolti nei processi valutativi sono ingaggiati per esprimere le preferenze sulla base degli obiettivi, al fine di individuare in modo trasparente scenari di sviluppo sostenibile o di valutare alternative preferibili. Gli studi sulla sostenibilità, inoltre, costituiscono un campo privilegiato su cui sperimentare e applicare l'uso combinato di

tecniche di *decision-making* e metodi multi-criteri diversi (Mardani et al. 2015). I recenti approcci delineati dal campo delle "Hybrid Multi-Criteria Decision Making" (H-MCDM) offrono notevoli opportunità per introdurre nelle valutazioni della sostenibilità dei paesaggi entrambe le dimensioni soggettive e oggettive, attraverso l'uso combinato dei molteplici metodi di attribuzione dei pesi che possono essere riscontrati in letteratura (Ibáñez-Forés et al. 2014). Lo step n°4 è, in tal senso, orientato a rispondere in modo operativo alla sfida di selezionare più metodi di valutazione, a seconda del contesto decisionale, idonei a risolvere più *task* contemporaneamente e integrare i risultati per la decisione finale del processo di valutazione. Nello specifico, l'ibridazione dei metodi multi-criteri in fase di "Choice" ha una duplice funzione. Da un lato, supporta gli esperti nella determinazione dei pesi e dei valori che saranno attribuiti ai criteri decisionali e che saranno, in fase finale, integrati nella funzione valore di utilità multi-attributo. Dall'altro, aiuta gli stakeholder a riflettere più attentamente sulle preferenze che derivano dall'uso simultaneo dei metodi oggettivi e soggettivi per l'attribuzione dei pesi. L'approccio H-MCDM consente, infine, di applicare in questo step, in cui le fasi di "Design" lavora in sinergia con la fase di "Choice", metodi qualitativi e quantitativi per: generalizzare i problemi decisionali; valutare gli indicatori spaziali di sostenibilità del paesaggio; e derivare ulteriori criteri di valutazione per future analisi, innescando processi retroattivi che rendono l'approccio HEMuL ripercorribile in tutti i suoi step.

- **Step n°5.** I risultati del processo di valutazione sono indirizzati alla costruzione di mappe della multifunzionalità, che servono da sistema di supporto alla decisione per scegliere e localizzare azioni di trasformazione o di mitigazione degli impatti sul paesaggio. Gli indicatori compositi della multifunzionalità, che derivano dall'aggregazione dei diversi indicatori spaziali organizzati in categorie di servizi, presentano un duplice livello di lettura, in base alle due macro-categorie di SDSS individuate in precedenza: *Alternative-based* o *Value-based*. Nel primo caso l'approccio HEMuL sarà finalizzato a generare mappe di indicatori spaziali compositi utili a localizzare azioni mirate (tailored) che tengono conto dei caratteri tangibili/intangibili dei paesaggi e dei valori di multifunzionalità per ciascuna UMM, allo scopo di individuare i cluster che raggiungono le performance migliori e sui quali poter attivare le strategie di sviluppo sostenibile mediante la scelta delle soluzioni preferibili. Nel secondo caso, invece, le strategie di intervento, che si esplicitano nella scelta di soluzioni possibili, sono generate dalla comprensione delle questioni complesse legate al paesaggio e dalla necessità di concepire soluzioni indirizzate al miglioramento delle performance delle UMM, espresse dai valori più bassi degli indicatori compositi.

L'approccio HEMuL può essere adottato a vari livelli istituzionali per implementare il *decision-making* spaziale orientato alle scelte di trasformazione (caso studio n°1), valorizzazione (caso studio n°2) e gestione (caso studio n°3) sostenibile di LS e ES.

In tale prospettiva, è possibile individuare almeno 3 livelli di *governance* per i processi valutativi, che si riferiscono ai seguenti strumenti istituzionali:

- Valutazioni d'Impatto Territoriale (VIT) – Territorial Impact Assessment (TIA). Le Valutazioni d'Impatto Territoriale si costituiscono come recenti strumenti istituzionali, proposti dalla normativa europea (ESPON 2017), che possono essere applicati per identificare gli impatti potenziali delle politiche europee a scala nazionale, regionale e locale, evidenziando in modo particolare la loro dimensione spaziale attraverso l'utilizzo di dati geografici ed indicatori spaziali (Fischer et al. 2015). Le VIT, in qualità di strumenti istituzionali recenti, non hanno ancora un apparato metodologico definito nei dettagli e per questo motivo sono aperte a suggerimenti e proposte innovative per un loro sviluppo come strumenti di *governance* a livelli multipli. In tale prospettiva, l'approccio HEMuL, ponendosi come piattaforma operativa multi-livello, può avere un impatto in fase di preparazione dei modelli spaziali a scala vasta per la valutazione dei LS e degli ES, allo scopo di implementare le fasi di "Intelligence" e di "Design" grazie all'introduzione dell'approccio ibrido suggerito.
- Valutazioni Ambientali Strategiche (VAS) – Strategic Environmental Assessment (SEA). In questo caso l'approccio HEMuL potrebbe essere utile al miglioramento delle fasi di "scoping" e di scelta delle azioni di piano, implementando, nel primo caso, la *Hard e Soft Knowledge* attraverso l'uso combinato dei metodi di mappatura di LS/ES e degli strumenti della GIS-science, e migliorando, nel secondo caso, i sistemi di attribuzione dei pesi ai criteri spaziali ed i metodi di aggregazione dei risultati mediante l'approccio H-MCDM. Le criticità e le potenzialità dell'integrazione del concetto di Paesaggio Multifunzionale nell'ambito delle VAS saranno oggetto del capitolo successivo (cfr.6.2).
- Valutazioni di Impatto Ambientale (VIA) – Environmental Impact Assessment (EIA). Nel caso delle VIA, invece, l'approccio multi-scalare proposto, attraverso la definizione dei valori degli indicatori per *nested-cell*, consentirebbe di prevedere gli impatti che le trasformazioni a scala urbana esercitano a scala territoriale in termini di flussi ambientali, economici e sociali. In questo modo, la valutazione di scenari a scale differenti, operata su una superficie di analisi omogenea, consentirebbe la scelta di soluzioni di intervento preferibili che possono essere valutate razionalmente e simultaneamente a scale molteplici.

Per quanto riguarda i contesti decisionali di applicabilità dell'approccio HEMuL è, invece, possibile fare riferimento ai tradizionali livelli istituzionali della pianificazione, di seguito elencati:

- Pianificazione Territoriale – Territorial Planning (TP).
- Pianificazione Strategica – Strategic Planning (SP).
- Progettazione Urbana – Urban Design (UD).

6.2 Potenzialità e criticità dell'approccio nei contesti istituzionali

6.2 Potential and critical aspects of the approach in the institutional context

Le questioni attualmente aperte nel dibattito internazionale circa l'approccio LS/ES riguardano: la necessità di integrare i nuovi modelli di valutazione dei servizi ecosistemici con le procedure consolidate di valutazione ambientale (VAS, VIA, LCA, etc.) e, più in generale, con i processi di *Decision-Making* (i); i limiti delle analisi economiche tradizionali nell'individuazione dei valori di alcuni di questi servizi (ii); la costruzione di un linguaggio comune alle molteplici discipline coinvolte nei processi di valutazione e di pianificazione, che apre il campo al concetto di LS come specificazione di quello di ES (iii); la disponibilità di dati per la costruzione di indicatori adeguati alle diverse scale di indagine, nonché le difficoltà dovute ai costi e alle specializzazioni necessarie per una verifica della loro attendibilità (iv).

Le problematiche più specifiche, emergenti nell'ambito della prima questione (i), si riferiscono alla pratica delle valutazioni ambientali e alla mancanza di componenti relazionali esplicite che comportino una facile integrazione fra queste ed il concetto di Paesaggio Multifunzionale (Baker et al. 2013). Alle difficoltà di integrazione si aggiungono vari problemi di inefficacia nelle procedure, evidenziati in letteratura da Baker et. al. (2013), e di seguito criticamente analizzati.

Mancanza di coerenza e di qualità nella fase di screening. Si rileva frequentemente una netta dicotomia fra piani, programmi, progetti e le valutazioni degli impatti con conseguente riduzione dell'efficacia nell'attuazione delle misure di mitigazione o compensazione.

Mancanza di un'efficace fase di *scoping* a monte della valutazione. La fase di *scoping* costituisce il sostrato delle valutazioni ed è di fondamentale importanza per il coinvolgimento degli *stakeholders*; tuttavia, l'avversione al rischio, la scorretta pianificazione e l'influenza degli attori economici più rilevanti sono alcuni dei principali motivi di inefficacia di tale fase.

Raccolta ed uso delle informazioni delle linee guida inefficace all'interno della valutazione, soprattutto in relazione ai loro sviluppi successivi. La mancanza di integrazione fra le diverse questioni ambientali porta al cosiddetto "effetto silo", secondo cui gli indicatori non sono relazionati fra di loro in modo tale da far emergere un quadro significativo delle questioni rilevanti e dei trends in atto sul territorio. Spesso, infatti, le linee guida si riducono ad un'istantanea poco significativa piuttosto che ad un'analisi accurata e utile alla formulazione di obiettivi.

Mancanza di alternative originali e ragionevoli. L'ambito ristretto delle alternative che i soggetti proponenti e i politici considerano limita notevolmente la possibilità di concepire alternative più robuste dal punto di vista ambientale.

Limitata comprensione e copertura degli effetti cumulativi e delle loro implicazioni. La combinazione di vari metodi che siano coerenti con tutti i temi ambientali comporta spesso una

scarsa comunicazione della significatività delle procedure di valutazione. La complessità del sistema socio-ecologico, la non adeguata integrazione delle questioni ambientali e un *overlay* tematico effettuato su confini ristretti contribuisce alla mancanza di considerazione degli effetti cumulativi (Cooper & Sheate 2002).

Inadeguata conformità alle gerarchie di mitigazione. Le gerarchie di mitigazione previste dalla Commissione Europea (European Commission (EC) 2009) nelle pratiche di valutazione ambientale sono costituite da quattro fasi consecutive: previsione, riduzione, mitigazione e compensazione. Tuttavia le pratiche attuali si concentrano prevalentemente sulla mitigazione piuttosto che sulle azioni di previsione degli impatti.

Mancanza di preventive consultazioni e di un efficace coinvolgimento delle comunità locali. Il crescente antagonismo fra i soggetti proponenti e i politici diventa spesso una mancata opportunità di raccogliere informazioni dagli *stakeholders* locali a causa di uno scarso riconoscimento del valore del coinvolgimento e di un più ampio processo decisionale. In sintesi, le valutazioni ambientali vengono viste come un ostacolo piuttosto che come uno strumento utile a supportare i processi decisionali e, invece che utilizzate, vengono tollerate (Eales & Sheate 2011).

Le problematiche evidenziate possono essere parzialmente superate attraverso un'implementazione dei processi di valutazione che includa l'approccio dei Landscape e degli Ecosystem Services. Infatti, la difficoltà resta nell'effettiva integrazione procedurale fra quest'ultimo e le valutazioni ambientali, nonché nella preventiva individuazione dei vantaggi e degli svantaggi che derivano dal suo utilizzo.

I principali vantaggi evidenziati in letteratura sono insiti: in primo luogo, nella nuova prospettiva semantica in cui il paesaggio viene concepito, trasformandosi da catalizzatore di impatti a fornitore di servizi; in seguito, nella concezione di beneficio, inteso come il prodotto finale di un servizio ambientale fruito dall'uomo (Boyd & Banzhaf 2007), quale termine utile a migliorare la comunicazione fra *stakeholders*, *Decision-Makers* e comunità locali; inoltre, nel superamento del divario fra questioni economiche ed ambientali, esplorando i più ampi e lungimiranti benefici che si possono ottenere dalla conservazione degli ecosistemi anche in termini economici; e, per concludere, nel ribaltamento della pratica comune per la quale si valutano impatti di obiettivi dati a priori, piuttosto che farli scaturire dall'analisi delle componenti ambientali in fase preliminare.

Insieme ai vantaggi, tuttavia, sussistono alcuni svantaggi dovuti all'integrazione del concetto di E.S. con le procedure di valutazione ambientale. Tali svantaggi sono evidenti: nella scarsa efficacia della terminologia legata al concetto di E.S. dal punto di vista della comunicazione fra tutti gli *stakeholders*; nell'alto grado di incertezza che i professionisti si trovano ad affrontare durante l'individuazione delle relazioni fra i servizi e i processi ecosistemici, i quali per loro natura seguono andamenti non-lineari; nella natura contestata delle valutazioni

dei servizi ecosistemici rispetto al *framework* legislativo consolidato delle valutazioni ambientali, in particolare riguardo all'effettiva valenza legale di alcune decisioni basate su una valutazione monetaria dei servizi; nel rischio di accrescere il numero degli step operativi e delle risorse necessarie per effettuare una significativa valutazione dei servizi ecosistemici, aumentando la complessità delle procedure; nella dubbia rilevanza dell'approccio considerato all'interno di specifici piani o programmi, in particolar modo quelli incentrati sulle attività umane, sull'ambiente costruito o sul patrimonio culturale; e per concludere, nella possibile incompatibilità fra il concetto di mitigazione/compensazione di un servizio ecosistemico e il *framework* legislativo delle valutazioni ambientali, entro il quale il concetto di mitigazione è connesso a quello di riduzione/compensazione di un danno a qualcosa che ha un valore intrinseco, mentre per quei servizi ecosistemici in cui prevalgono valori di non trasferibilità e non sostituibilità diventa necessaria una revisione semantica del concetto di mitigazione.

7 Conclusioni e sviluppi futuri

7 Conclusions and further developments

Come già evidenziato (cfr.1.4), l'obiettivo della tesi concerne l'individuazione dei caratteri multifunzionali dei paesaggi e dei valori complessi che ne derivano, al fine di strutturare un framework di valutazione ibrido che, integrando approcci teorici, analitici ed esperienziali, riesca a migliorare le procedure di valutazione a diversi livelli istituzionali, e il dialogo all'interno dei processi decisionali indirizzati alla pianificazione e alla gestione di LS e ES.

La risposta alle domande di ricerca ha comportato l'ideazione dell'approccio operativo "HEMuL", indirizzato a rendere operativi i principi teorici della CEP e a suggerire nuove modalità di mappare e valutare i paesaggi multifunzionali, così come previsto dal target 2 (Azione 5) di *EU Biodiversity Strategy for 2020*.

È stato osservato nei capitoli precedenti come uno degli aspetti che l'approccio metodologico proposto cerca di implementare consista nell'indagine sulle dinamiche dei paesaggi a scale differenti. In base ad un approccio *cross-scale*, infatti, le *patch*, nelle quali può essere concettualmente scomposto e valutato il paesaggio, si organizzano secondo un ordine gerarchico a più livelli, in accordo con le strutture ambientali caratterizzate da insiemi di sistemi e sotto-sistemi, ed inglobate a loro volta in sistemi più grandi (Ferrari & Pezzi 2013). Considerare tali gerarchie e la loro interdipendenza consente di comprendere la natura delle reti che le componenti ambientali ed antropiche formano all'interno del sistema paesaggio, allo scopo di ponderare le scelte in modo da non interferire con gli ecosistemi naturali e sociali.

I metodi H-MCDM consentono, d'altra parte, di analizzare le *patch* dettagliatamente, attraverso una valutazione ibrida delle *performance* di sostenibilità dei paesaggi, che derivano dall'elaborazione spaziale degli indicatori multidimensionali e dall'attribuzione di pesi oggettivi e soggettivi a ciascun indicatore considerato in fase di valutazione. Tali metodi consentono, inoltre, di sviluppare approcci adattivi di ricerca che siano utili a comprendere le interazioni e le correlazioni fra trasformazioni, pattern e funzioni del paesaggio.

La ricerca sui paesaggi multifunzionali deve essere indirizzata alla caratterizzazione della natura esatta dei benefici generati dal paesaggio e dall'individuazione dei principali beneficiari, focalizzandosi, nei diversi ambiti della pianificazione, sulla scelta di soluzioni che mettano in relazione le dinamiche di produzione dei servizi con i loro fruitori (Tratalos et al. 2016). In questa prospettiva, la misura dei livelli qualitativi di tali servizi si pone come uno step fondamentale per

l'integrazione di alcune questioni rilevanti che devono essere affrontate nelle scelte di piano, quali ad esempio: la comprensione dei caratteri eterogenei del paesaggio, l'analisi della dimensione degli spazi (LULC) che determinano un contributo nella fornitura dei diversi tipi di servizi, il livello di accessibilità a tali servizi; nonché la tutela della biodiversità, la valorizzazione dei caratteri estetici e culturali ed, in senso più ampio, il miglioramento del livello di multifunzionalità delle *patch* da trasformare o conservare. La valutazione dei paesaggi multifunzionali e del loro sistema socio-ecologico (SES) diventa, in questo senso, il campo privilegiato per la costruzione di un modello integrato per la gestione e la pianificazione del paesaggio.

La corrispondenza biunivoca fra gli approcci teorici esplorati in letteratura e le forme di conoscenza esperienziale derivanti dalla ricerca operativa arricchisce la comprensione delle componenti multidimensionali del paesaggio, riducendo il gap tra i modelli conoscitivi e il mondo reale. Riferendosi ai diversi contesti decisionali, inoltre, alcuni studi hanno implementato l'applicabilità degli strumenti della GIS-science estendendoli ai processi di partecipazione pubblica attivati per agevolare interventi di trasformazione del territorio che non solo accolgono i feedback dei soggetti interessati, ma che rendono anche tali soggetti attori dei processi di trasformazione.

I P-GIS (Participatory Geographic Information Systems) si pongono, a tal riguardo, come recenti strumenti di analisi qualitativa e quantitativa volti alla produzione di conoscenza e di azioni collaborative per lo sviluppo sostenibile del paesaggio, attraverso le tecniche di analisi spaziale e le forme di coinvolgimento della popolazione mediante interviste aperte, strutturate o semi-strutturate (Brown et al. 2014). In particolare, tale approccio tende ad implementare il riconoscimento di valori complessi legati al senso di appartenenza ad un luogo, attraverso la loro mappatura; infatti, impiegando strumenti quantitativi e qualitativi, in base a tale approccio, è possibile definire una mappa di valori intrinseci, sociali, biologici, spirituali, estetici, ecc., difficilmente desumibili da dati hard che descrivono le componenti oggettive di un territorio. La costruzione di questo strumento di supporto alle decisioni collaborative può contribuire a ridurre i rischi relativi a quelle scelte di trasformazione che possono avere impatti negativi sul senso di appartenenza e sull'identità dei luoghi (Brown & Raymond 2007).

Attualmente, tra i framework integrati più completi per la valutazione e la pianificazione collaborativa del paesaggio *web-based* è annoverabile il GeoDesign. Questo può essere definito come un processo strutturato utile a sistematizzare ed organizzare problemi decisionali complessi di natura spaziale. Si pone in tal senso come un approccio metodologico/operativo che permette l'interazione di saperi esperti e non esperti, che interagiscono secondo logiche collaborative interattive. Quando ci si interfaccia con questioni complesse, i team di esperti generalmente adottano ciascuno la propria strategia in senso verticale al fine di fornire raccomandazioni su come affrontare il problema decisionale. Contemporaneamente altri team

di persone non specializzate, ma tuttavia interessate ai processi decisionali cercano di correlarsi orizzontalmente alle questioni affrontate dagli esperti. Il Geodesign è appunto il processo che, in senso generale, consente l'interazione fra queste due diverse strategie organizzative (verticali e orizzontali) (Steinitz 1990). Attraverso i suoi due principali modelli di Valutazione e Intervento, che si dividono ciascuno in tre step metodologici fondamentali, il *framework* operativo del GeoDesign permette la gestione e la condivisione di informazioni e dati raccolti in mappe spaziali, che costituiscono le basi conoscitive fondamentali del territorio oggetto di indagine. Le valutazioni spaziali diventano quindi il nucleo di tutto il processo metodologico che parte dalla costruzione della conoscenza e arriva alla definizione di azioni, attraverso un continuo monitoraggio degli impatti *cross-scale*. L'interattività del processo consente non solo un confronto simultaneo sui temi in gioco da parte dei partecipanti alle sessioni di Geodesign, ma anche l'effettiva possibilità di osservare in tempo reale le proposte di tutti i partecipanti. Il tempo è probabilmente l'elemento più importante nell'ambito di un processo collaborativo *web-based* perché solo grazie alla costruzione di una time-line è possibile valutare i tempi di realizzazione delle azioni ed i loro costi in modo interattivo.

Gli strumenti e i metodi finora descritti possono fornire un contributo notevole, ciascuno nelle diverse fasi dei processi di pianificazione. I P-GIS, infatti, dovrebbero garantire l'inclusione, in fase di valutazione, di istanze sociali, percettive e fisiche legate ai caratteri identitari del paesaggio e misurabili tramite le *landscape metrics*. Tale processo implementa la costruzione della conoscenza alla base delle valutazioni integrate. Il Geo-design, a sua volta, integrando le istanze specifiche derivanti da processi valutativi ben strutturati, amplifica la comprensione dei caratteri multidimensionali emergenti sul territorio e migliora il grado di trasparenza e democrazia nei contesti decisionali.

Attualmente, la ricerca scientifica, orientata alla pianificazione e alla gestione del paesaggio come sistema complesso, richiede l'utilizzo degli strumenti della GIS-science nei processi di *graphic-design* e *web-design* per lo sviluppo di piattaforme di visualizzazione e valutazione dei paesaggi multifunzionali (Hayek et al. 2016). La conoscenza esperta dei sistemi informativi entra in gioco nel momento in cui diventa necessario gestire lo sviluppo, l'aggiornamento e l'implementazione di queste piattaforme. Alcuni autori hanno evidenziato che il coinvolgimento pubblico, supportato da strumenti legislativi e migliorato nelle sue procedure da strumenti tecnico/informatici in grado di guidare i processi partecipativi, esercita un impatto positivo sul *decision-making* e sulle VAS (Rega & Baldizzone 2015; Cord et al. 2017). Allo stesso tempo, l'integrazione del concetto di LS/ES nei metodi di pianificazione dei paesaggi complessi, se gestita in modo strutturato, genera un'interfaccia fra politica e ricerca scientifica che mira ad accrescere il livello di sostenibilità multidimensionale nelle scelte di piano (Förster et al. 2015).

La categorizzazione dei servizi ecosistemici e di paesaggio, in aggiunta, consente di comprendere la distribuzione spaziale dei benefici, al fine di ideare strategie mirate che

includano le caratteristiche tangibili/intangibili dei paesaggi, rappresentate dai valori degli indici compositi per UMM. La mappatura di LS/ES, in qualità di processo che comporta l'elaborazione di dati spazialmente espliciti, supporta i decisori nella comprensione delle relazioni fra gli elementi e nell'analisi dei paesaggi intesi come sistemi dinamici complessi (Cerreta & Poli 2013, 2017).

Tuttavia, l'approccio HEMuL, basandosi su un processo di generalizzazione e di semplificazione del modello-paesaggio, comporta alcune limitazioni, nonché la costante necessità di validare le UMM rispetto ai contesti reali di indagine, poiché, come è stato osservato in precedenza (cfr.4.3), la qualità dei dati raccolti in fase iniziale influenza in modo sostanziale i risultati delle analisi. Uno dei principi fondamentali della GIS-science, infatti, implica la dipendenza spaziale di dati ed indicatori rispetto alla scala di analisi, e ciò comporta la necessità di stabilire le scale di indagine e le unità minime di riferimento fin dalle prime fasi di strutturazione degli obiettivi del problema decisionale (Intelligence), nella considerazione che distanze di analisi e risoluzioni dei dati diverse possono portare a risultati completamente differenti (O'Sullivan & Unwin 2014). È stato però evidenziato nei casi di studio che la scelta di una griglia con unità di mappatura regolari garantisce l'opportunità di sviluppare analisi a scala di dettaglio, scomponendo le unità più grandi in celle nidificate (nested) senza perdere il riferimento spaziale e con il vantaggio di poter confrontare i risultati a scale differenti.

In conclusione, i processi di valutazione che si avvalgono di dati spazialmente espliciti offrono un grande potenziale in termini di miglioramento della comunicazione fra gli attori dei processi decisionali, consentendo di visualizzare il pattern spaziale del paesaggio in funzione delle sue caratteristiche multidimensionali, che si esplicitano nei vari tipi di servizi forniti all'uomo. La prospettiva di ricerca sui paesaggi multifunzionali diventa, in questo senso, il contesto giusto sul quale testare la selezione di strategie di sviluppo del paesaggio e cooperare per la fase di "risalita" (breakthrough) dell'Antropocene, migliorando la consapevolezza delle forti relazioni che sussistono fra l'essere umano e l'ecosistema dei paesaggi.

Una combinazione sapiente degli approcci teorici, dei metodi multicriteri e degli strumenti di analisi spaziale fin qui descritti si pone, infine, come presupposto fondamentale per l'inclusione dei Landscape Services e degli Ecosystem Services nei processi di pianificazione e gestione sostenibile dei paesaggi multifunzionali.

8 Mappe degli indicatori spaziali dei Paesaggi Multifunzionali
8 Maps of the spatial indicators of the Multifunctional Landscapes



CASE STUDY N°1

Cilento, Vallo di Diano e Alburni National Park

Maps of the spatial indicators

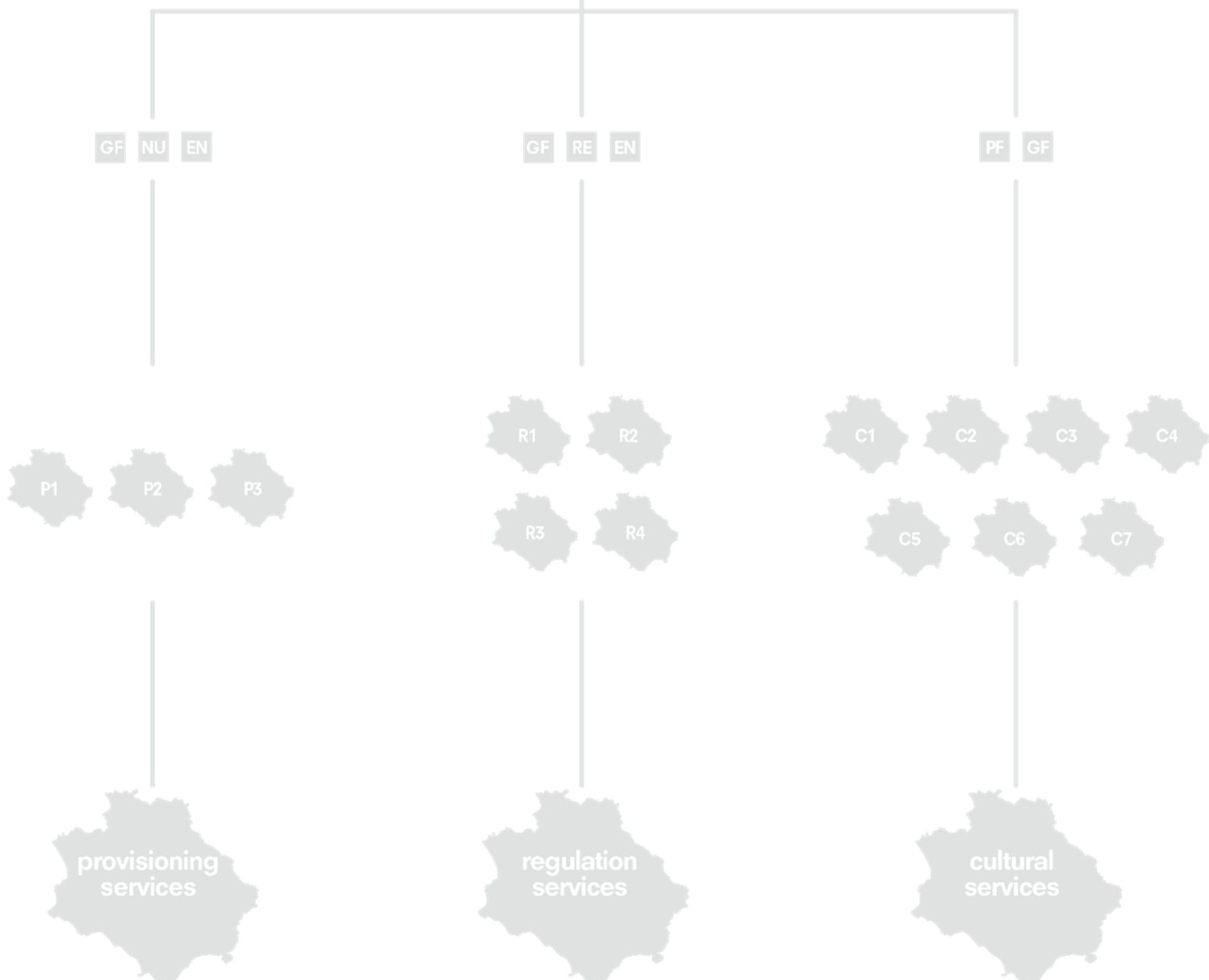
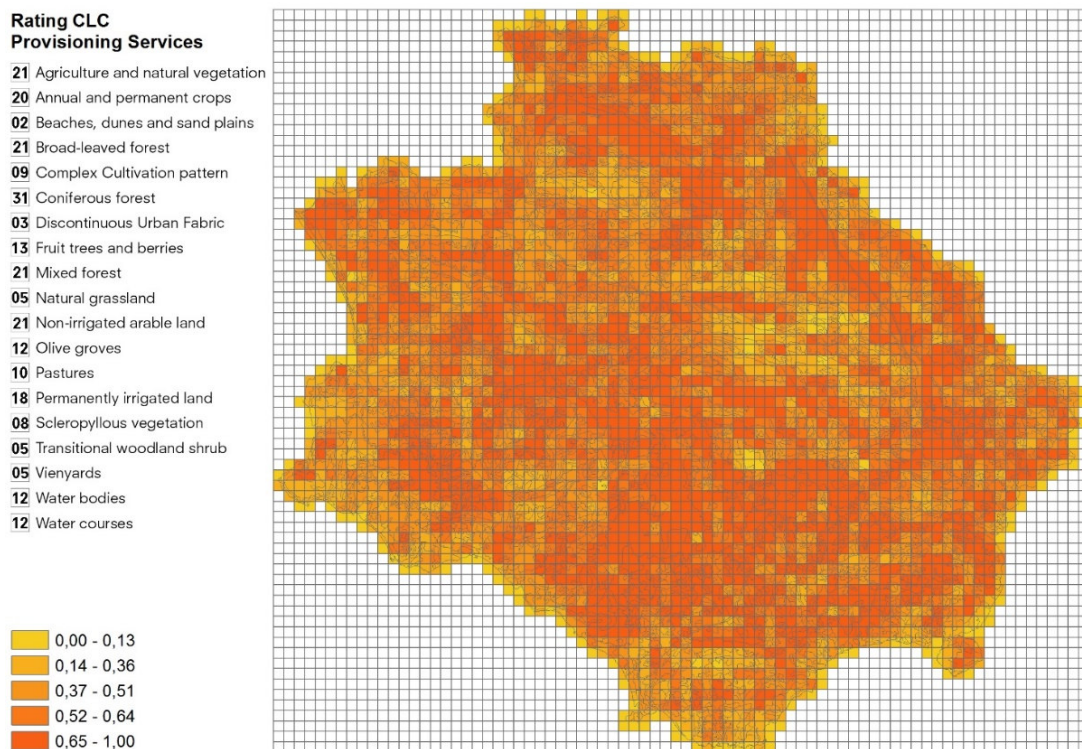


Figure 33 – Provisioning Services Index revisited from Burkhard et al., 2012



Description: The map shows the value per cell of the CLC classes according to their capacity to provide provisioning services. The scores (on left side), derived from the assessment matrix of Burkhard et al. 2012, are allocated for each surface of land use per cell and the standardized weighted average is performed in order to compute the final value.

Code: P1

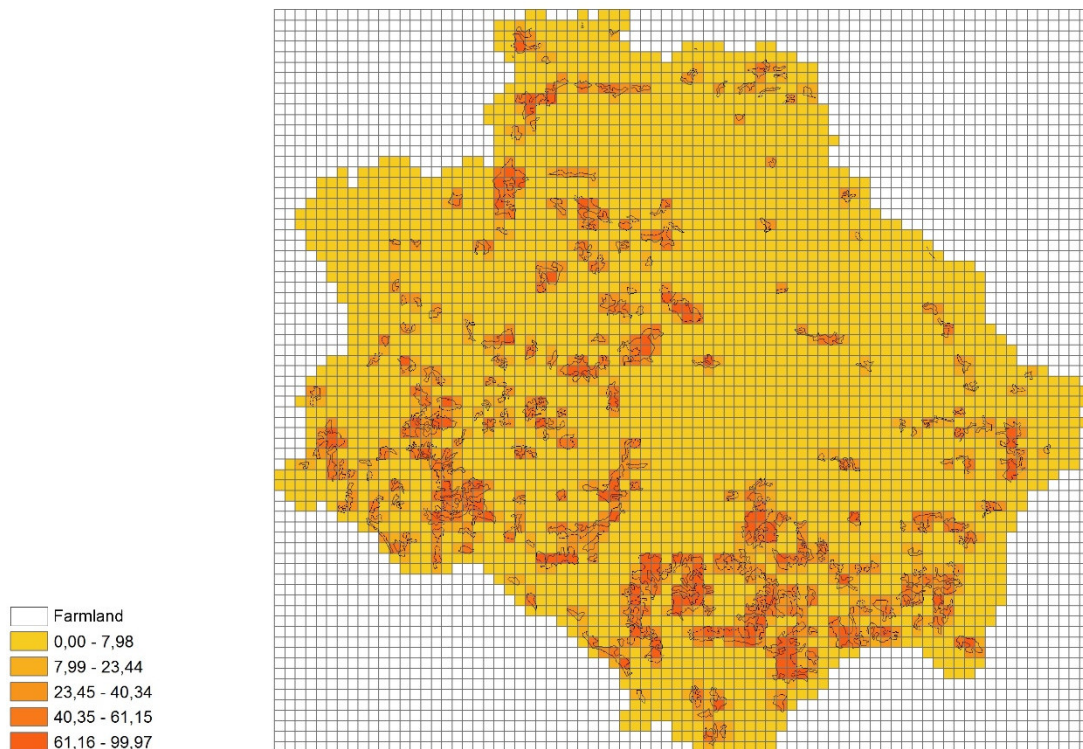
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 1000x1000 metres

Source: Burkhard et al. 2012

Figure 34 – Percentage of farmland



Description: The map shows the surface of farmland per cell. The farmlands of the CNP provide raw food material very important for the local firms and they can be crucial for boosting the economic development of the territory.

Code: P2

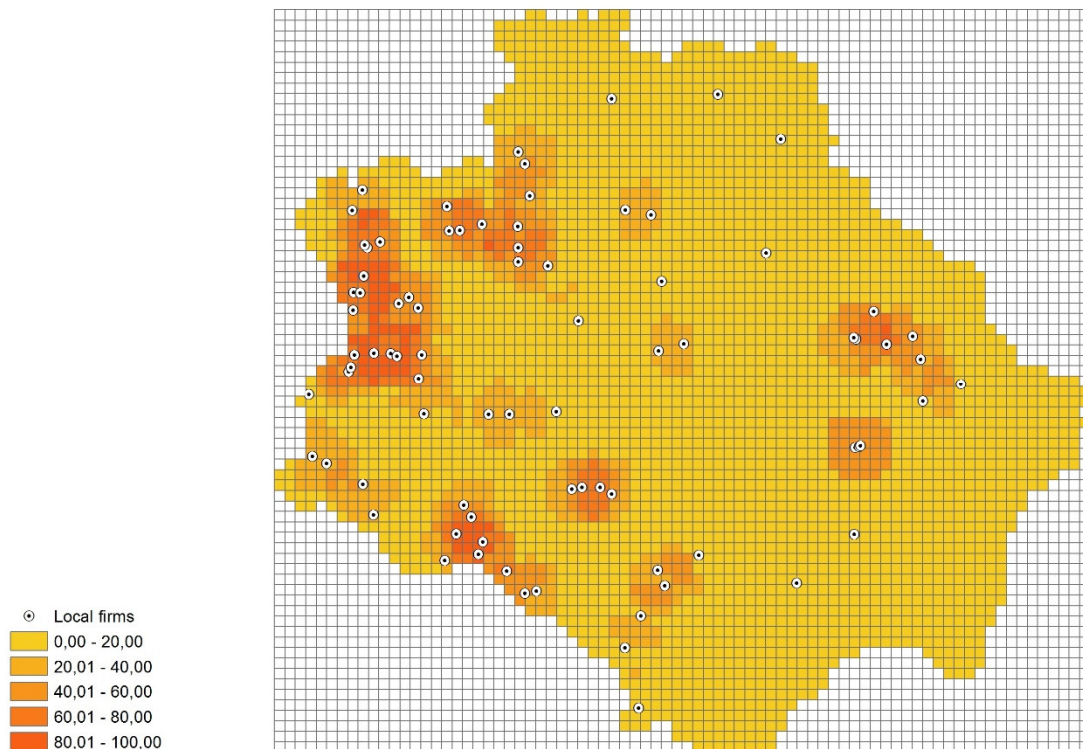
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 1000x1000 metres

Source: Corine Land Cover (CLC)

Figure 35 – Density index of the local products firms in 1 km



Description: The map identifies the cluster in which local products firm are most concentrated by considering a buffer distance of 1 Km.

Code: P3

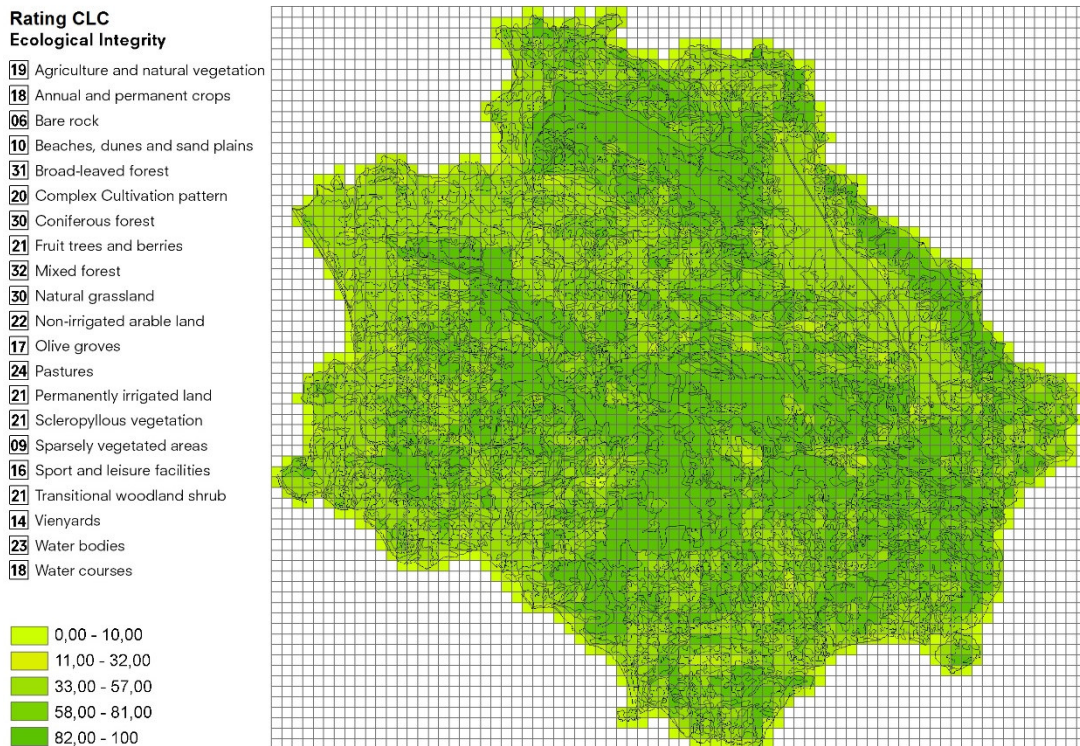
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 1000x1000 metres

Source: Google Earth / on field survey

Figure 36 – Ecological Integrity Index revisited from Burkhard et al. 2012



Description: The map shows the value per cell of the CLC classes according to their ecological integrity, which represent the sum of the different contributions of ecosystems to provide regulation, provisioning and cultural services. The scores (on left side), derived from the assessment matrix of Burkhard et al. 2012, are allocated for each surface of landuse per cell and the standardized weighted average is performed in order to compute the final value.

Code: R1

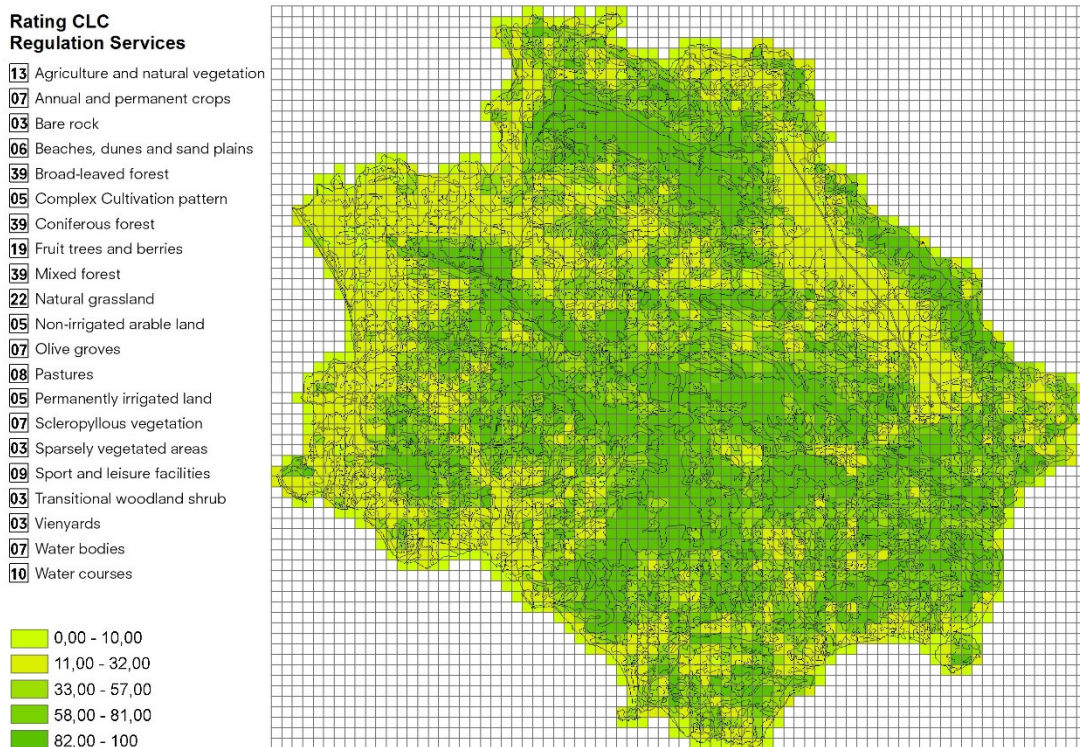
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 1000x1000 metres

Source: Burkhard et al. 2012

Figure 37 – Regulation Services Index revisited from Burkhard et al. 2012



Description: The map shows the value per cell of the CLC classes providing regulation services. The scores (on left side), derived from the assessment matrix of Burkhard et al. 2012, are allocated for each surface of landuse per cell and the standardized weighted average is performed in order to compute the final value.

Code: R2

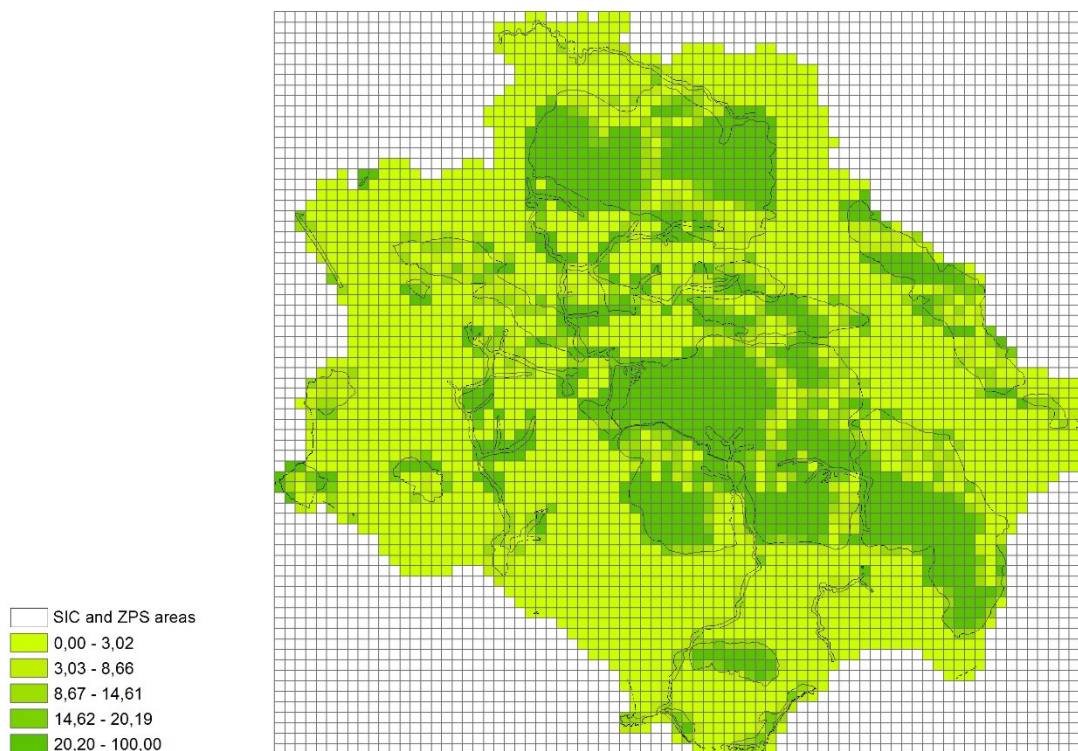
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 1000x1000 metres

Source: Burkhard et al. 2012

Figure 38 – Surface of natural reservoir



Description: The map includes the percentage per cell of "Communitarian Interest Sites" (SIC) and "Special protection zones" (ZPS). These areas provide a relevant contribution to the regulation services maintenance/conservation.

Code: R3

Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 1000x1000 metres

Source: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM)

Figure 39 – Surface of Important Bird Areas (IBA)



Description: The map shows the surface per cell of the Important Bird Area (IBA). The IBA are crucial for biodiversity safeguard and, contemporary, they provide environmental regulation services (e.g. clean water, air pollution remediation and nature watching).

Code: R4

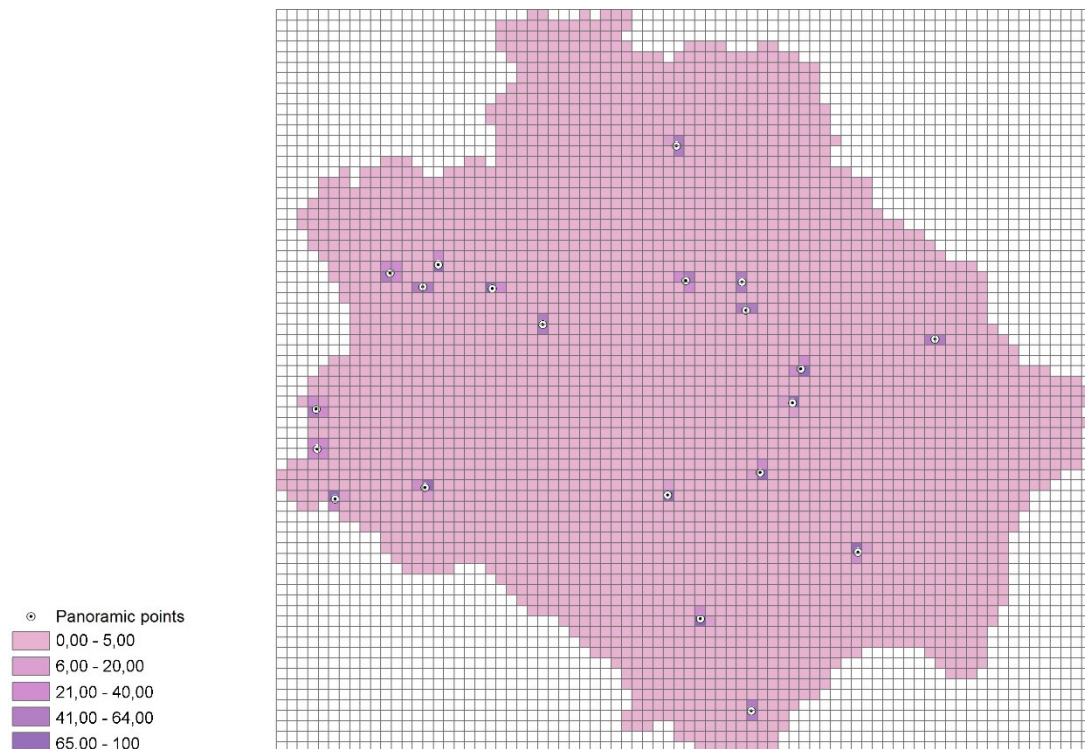
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 1000x1000 metres

Source: Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM)

Figure 40 – Density index of accessibility to panoramic points in 1 km



Description: The map visualizes the minimum distance, within a buffer of 1Km, between the cells' centroids and the panoramic points. The shorter the distance, the greater the opportunity of enjoying landscape views.

Code: C1

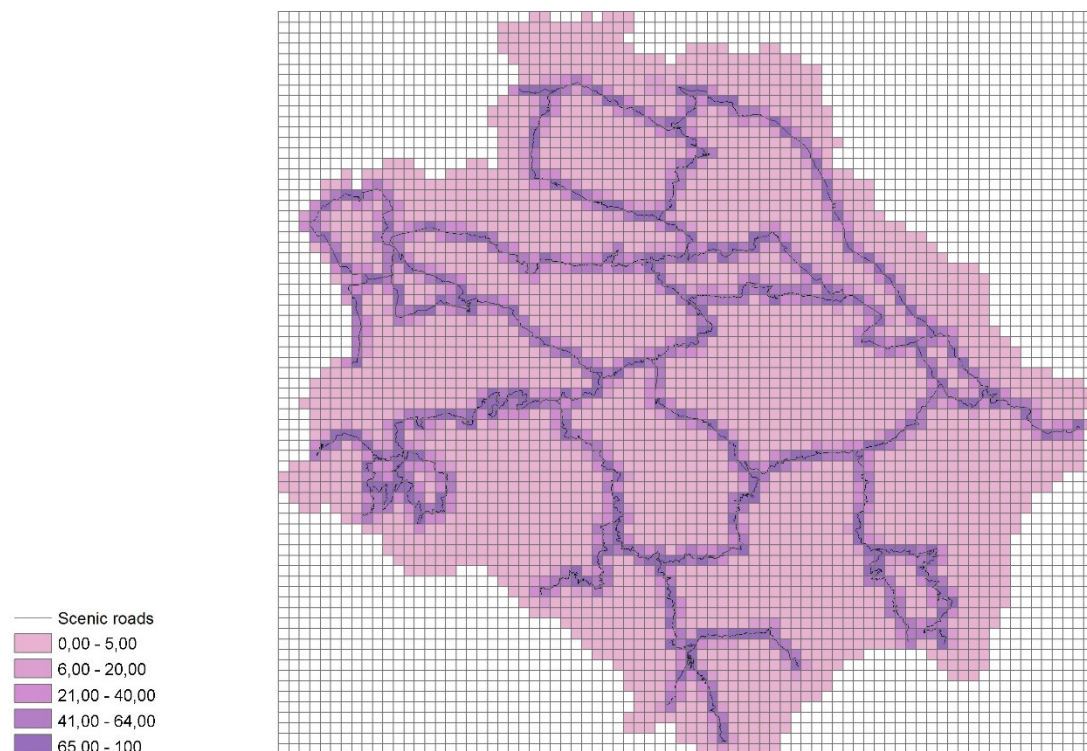
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: minimizing (-)

MMU: 1000x1000 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 41 – Density index of accessibility to scenic road in 1 km



Description: The map visualizes the minimum distance, within a buffer of 1Km, between the cells' centroids and the scenic roads of the landscape. The shorter the distance, the greater the opportunity of travelling along a scenic road.

Code: C2

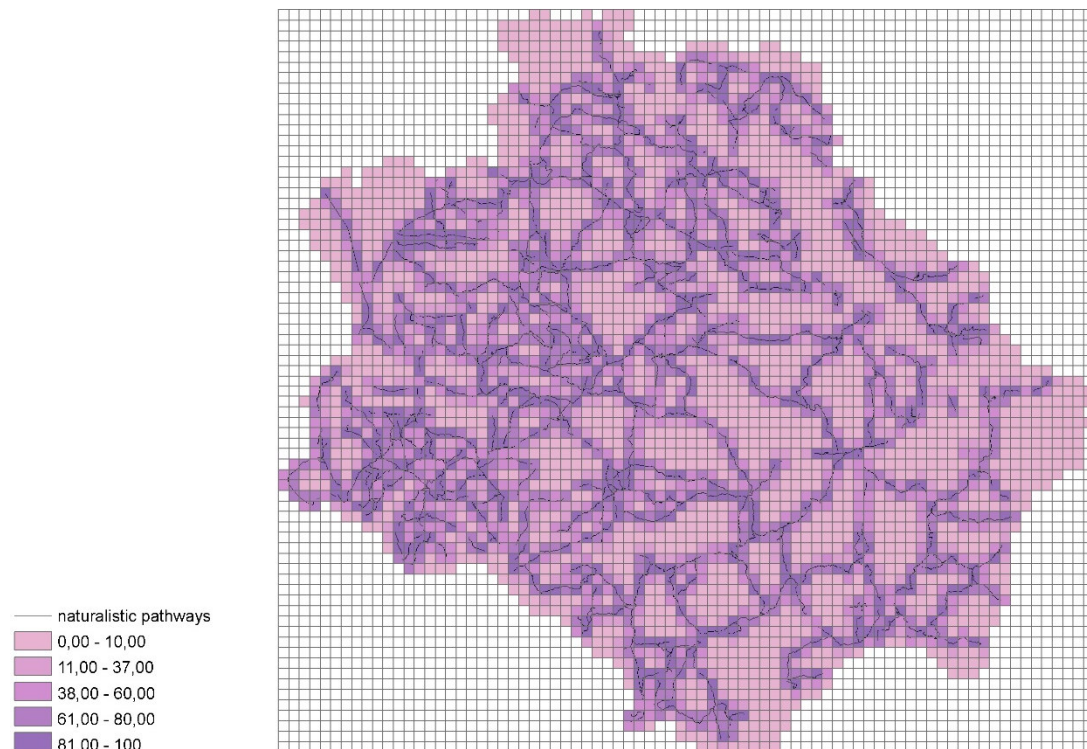
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: minimizing (-)

MMU: 1000x1000 metres

Source: <http://www.cilentoediano.it>

Figure 42 – Density index of accessibility to naturalistic pathways in 1 km



Description: The map visualizes the minimum distance, within a buffer of 1Km, between the cells' centroids and the naturalistic pathway of the landscape. The shorter the distance, the greater the opportunity of travelling along a naturalistic pathway.

Code: C3

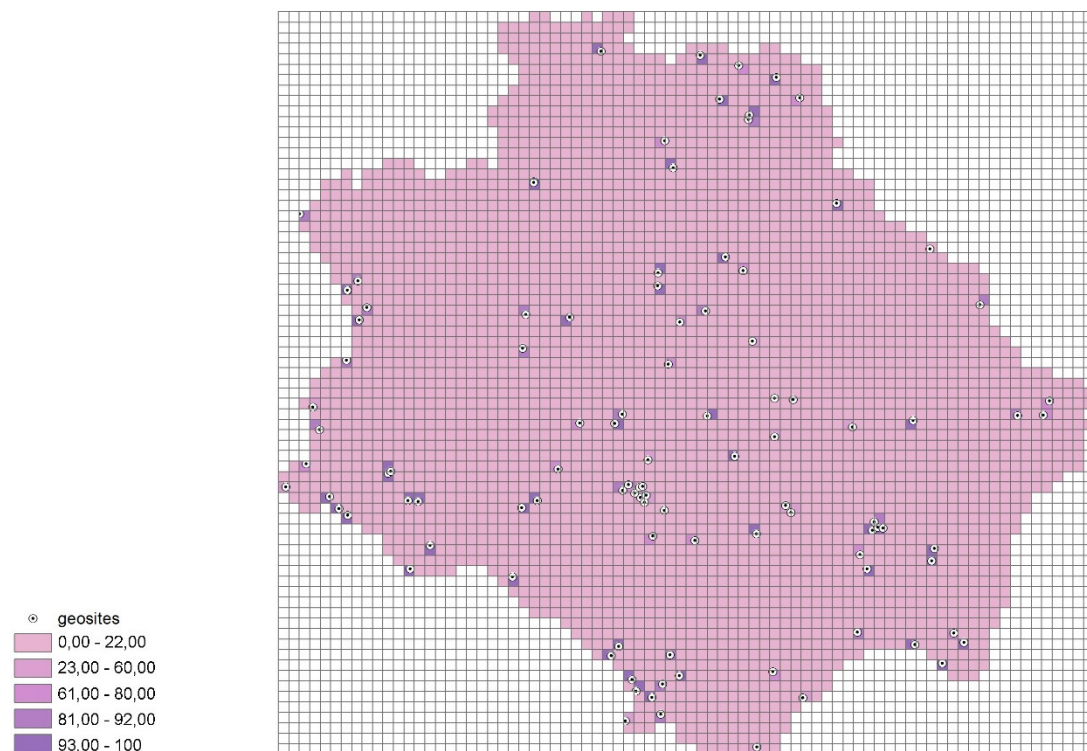
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: minimizing (-)

MMU: 1000x1000 metres

Source: <http://www.cilentoediano.it> / OpenStreetMap

Figure 43 – Density index of accessibility to geo-sites in 5 km



Description: The map shows the minimum distance, within a buffer of 5Km, between the cells' centroids and the geo-sites. The shorter the distance, the greater the opportunity of visiting a geo-site.

Code: C4

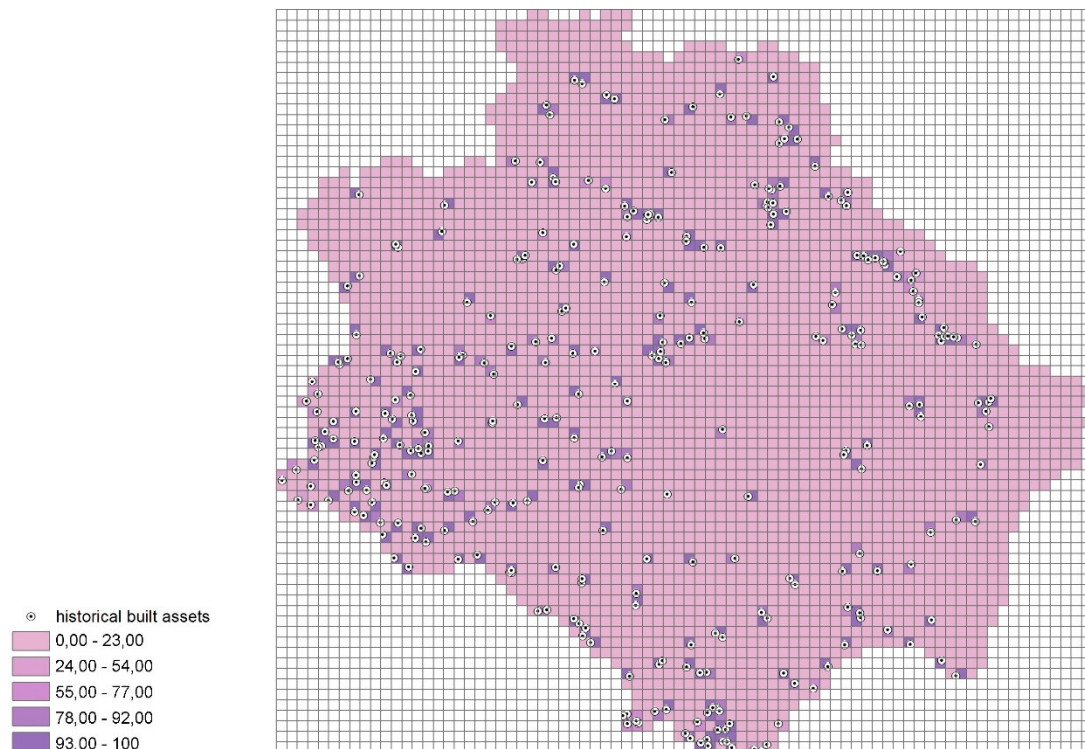
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: minimizing (-)

MMU: 1000x1000 metres

Source: <http://www.cilentoediano.it>

Figure 44 – Density index of accessibility to historical built assets in 5 Km



Description: The map shows the minimum distance, within a buffer of 5Km, between the cells' centroids and the historical built assets. The shorter the distance, the greater the opportunity of visiting an asset.

Code: C5

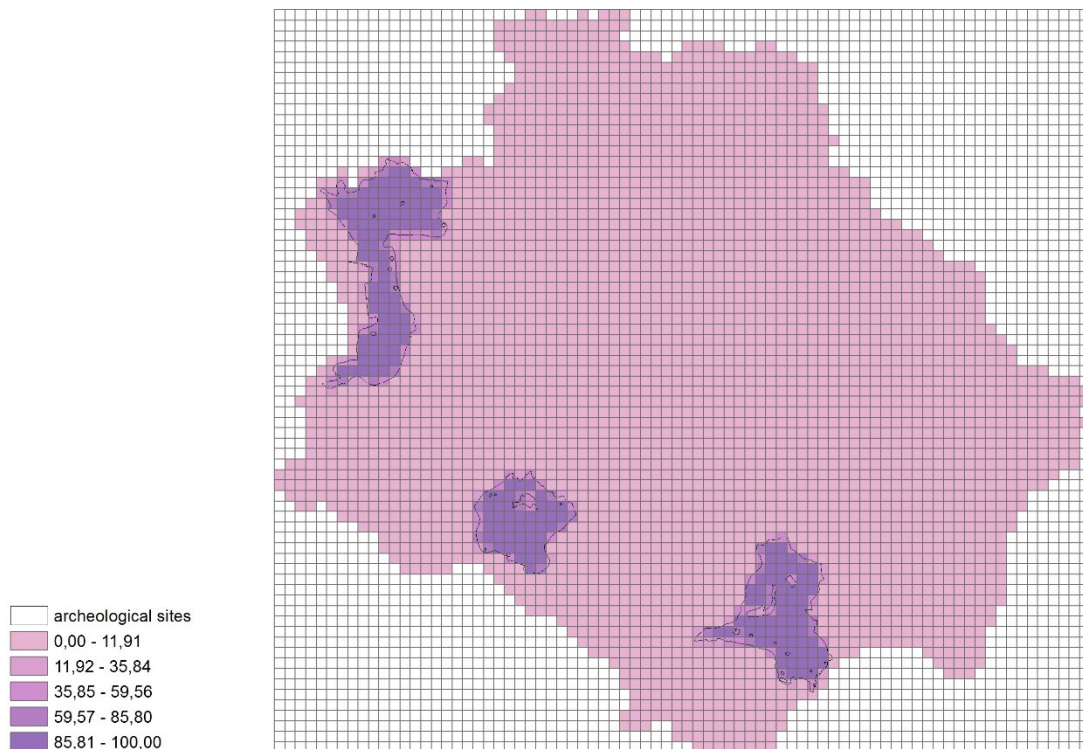
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: minimizing (-)

MMU: 1000x1000 metres

Source: <http://www.cilentoediano.it> / on field survey

Figure 45 – Percentage of archaeological sites



Description: The map shows the surface of archaeological areas per cell. The archaeological areas of the CNP (e.g. Paestum archaeological park, or Velia ruins) are very important as landmark and cultural locations for all the world people.

Code: C6

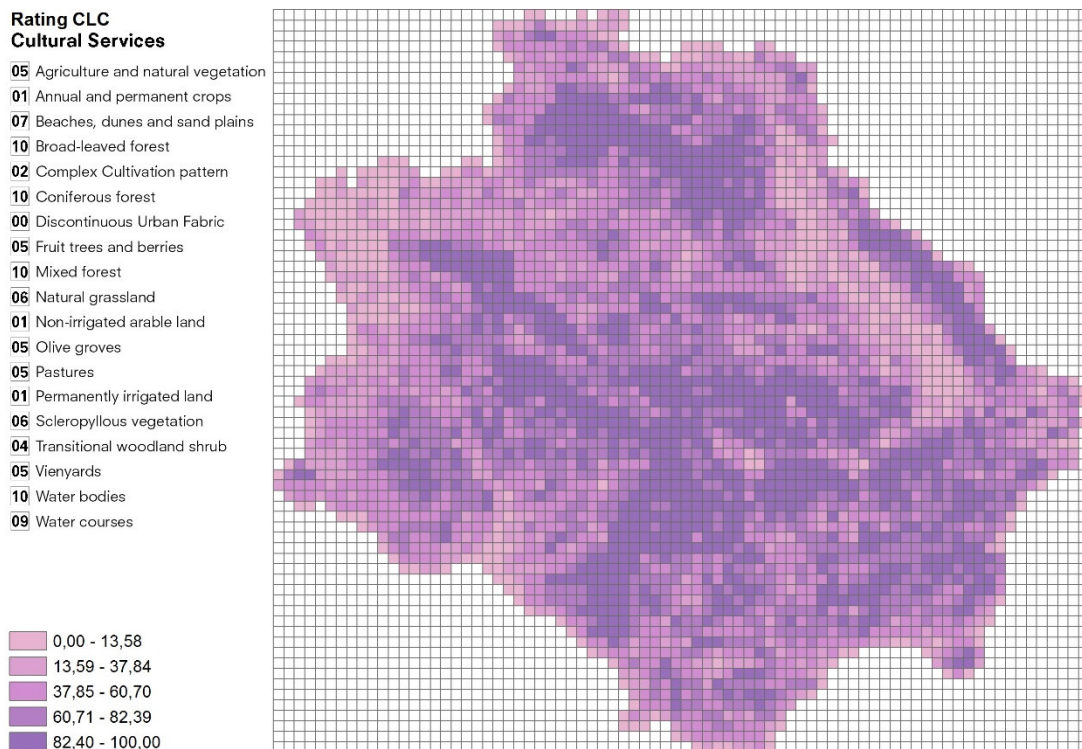
Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 1000x1000 metres

Source: <http://www.cilentoediano.it>

Figure 46 – Cultural Services Index



Description: The map shows the value per cell of the CLC classes according to their capacity to provide cultural services. The scores (on left side), derived from the assessment matrix of Burkhard et al. 2012, are allocated for each surface of land use per cell and the standardized weighted average is performed in order to compute the final value.

Code: C7

Geographic Reference System: WGS84_UTM32N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 1000x1000 metres

Source: Burkhard et al. 2012



CASE STUDY N°2

Partenio Regional Park Maps of the spatial indicators



TF HA TR

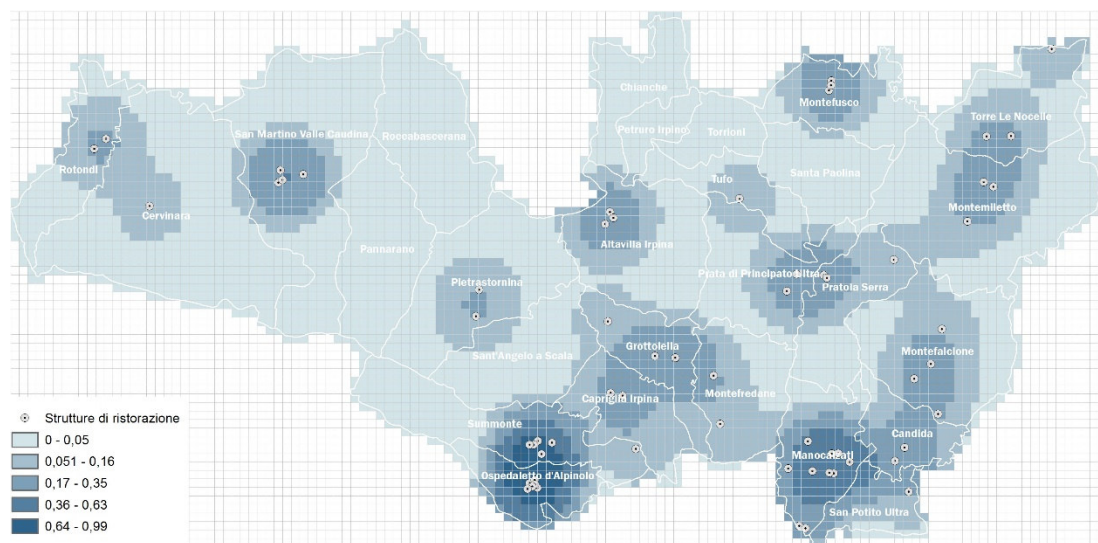
CU

CI AI

ER



Figure 47 – Density of accommodations in 5Km



Description: The map identifies the highest concentration of the touristic facilities points (e.g. hotel, B&B, guesthouse) through kernel density estimation in a bandwidth of 5Km.

Code: CAR01

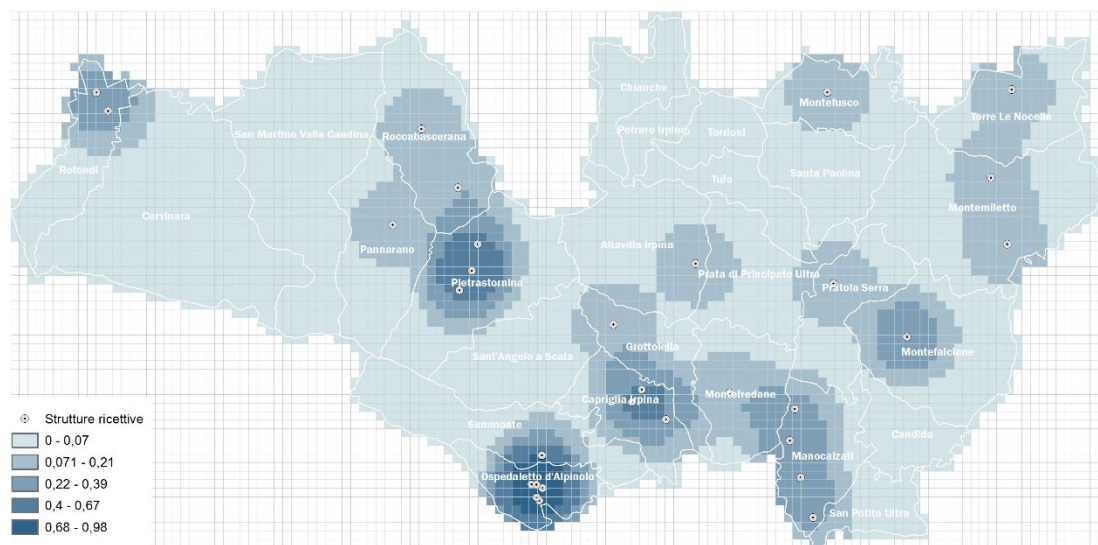
Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM) / on field survey

Figure 48 – Density of food services in 5Km



Description: The map identifies the highest concentration of food services points (e.g. restaurant and holiday farm) through kernel density estimation in a bandwidth of 5Km.

Code: CAR02

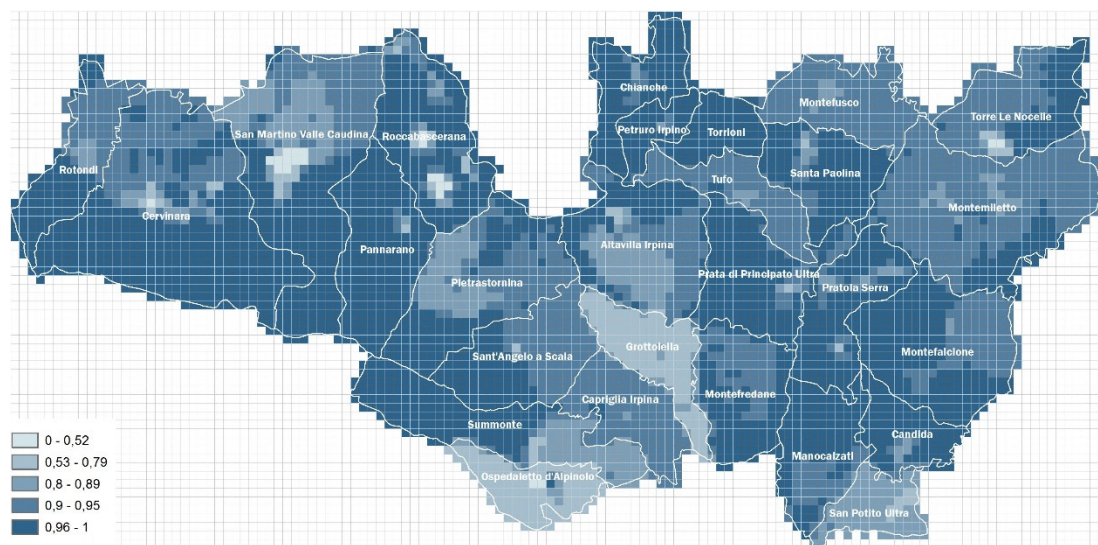
Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM) / on field survey

Figure 49 – Uninhabited housing Index



Description: The map shows institutional dataset of the census zones with information about the state of the housing abandon. Data have been aggregated on the MMU by computing the number of abandoned housed per square cell surface.

Code: CAR03

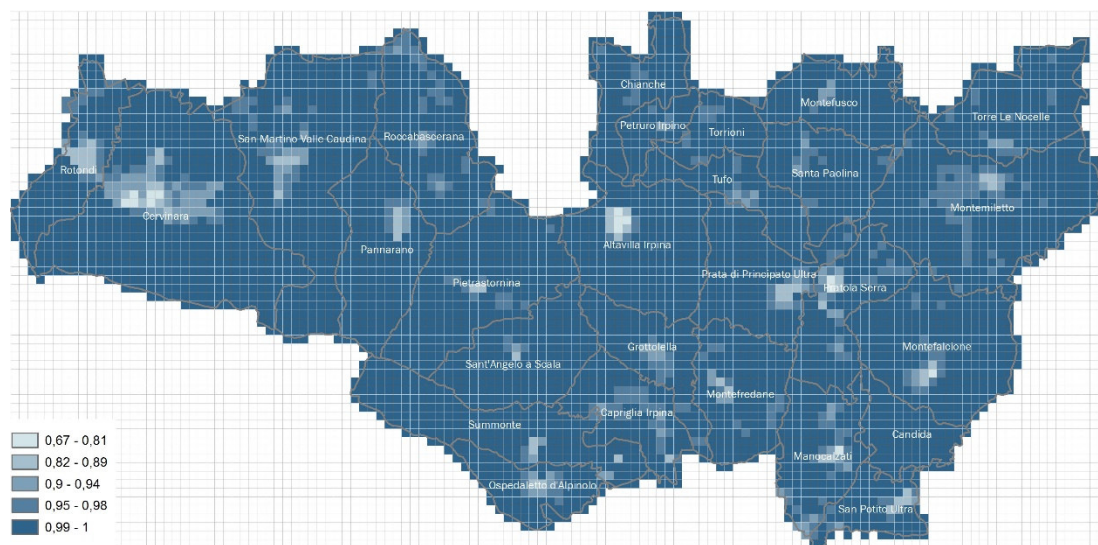
Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: minimizing (-)

MMU: 250x250 metres

Source: ISTAT – Italian national institute of statistics

Figure 50 – Housing density



Description: The map shows institutional dataset of the census zones with information about the housing density. Data have been aggregated on the MMU by computing the number of houses per square cell surface. The indicator has been minimized since low density represent the peculiar feature of this type of landscape.

Code: CAR04

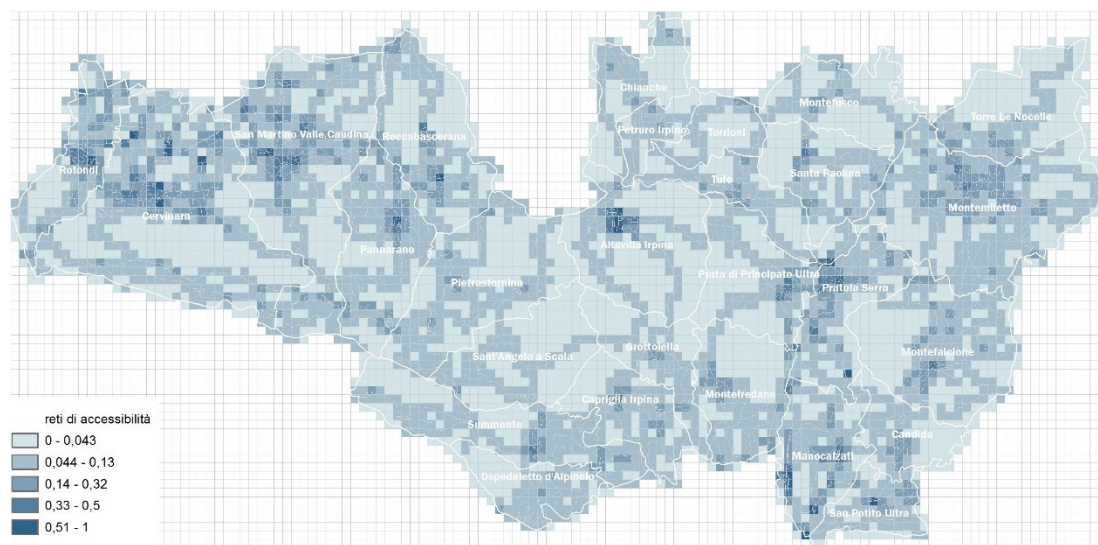
Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: minimizing (-)

MMU: 250x250 metres

Source: ISTAT – Italian national institute of statistics

Figure 51 – Index of accessibility



Description: The map shows the network of railways and roads by computing the values through the length of the street per cell.

Code: CAR05

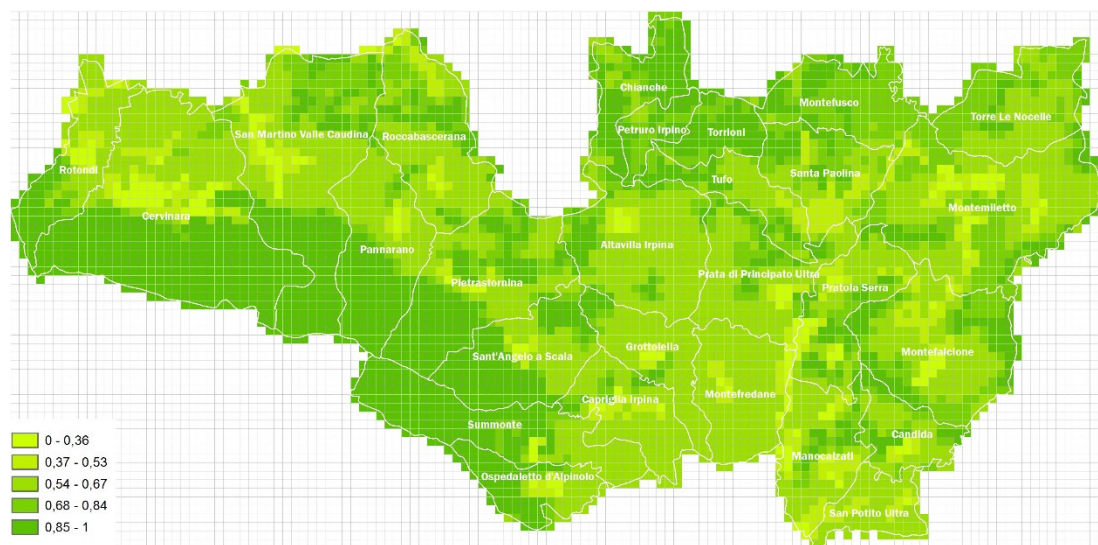
Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 52 – Ecological integrity index



Description: The map shows the value per cell of the CLC classes according to their ecological integrity, which represent the sum of the different contributions of ecosystems to provide regulation, provisioning and cultural services.

Code: REG01

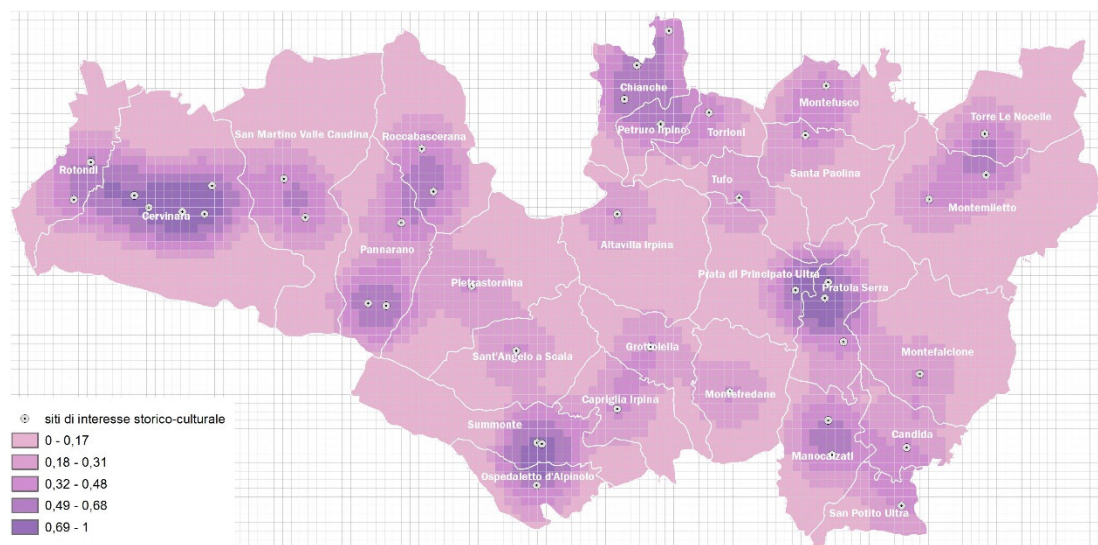
Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 250x250 metres

Source of raw data: Burkhard et al. 2012

Figure 54 – Density of cultural sites in 5 Km



Description: The map shows the kernel density estimation of cultural sites in a bandwidth of 5 Km.

Code: INF01

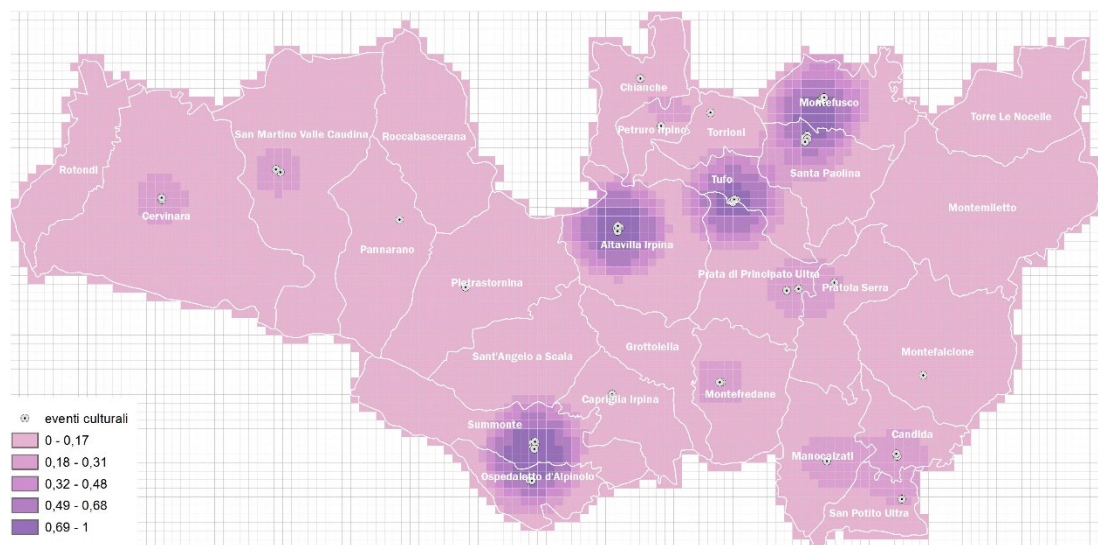
Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap / on field survey

Figure 55 – Index of cultural events



Description: The map highlights the cultural vitality of the examined landscape by identifying the number of the cultural events and their type/frequency. This indicator is an example of spatially implicit criteria.

Code: INF02

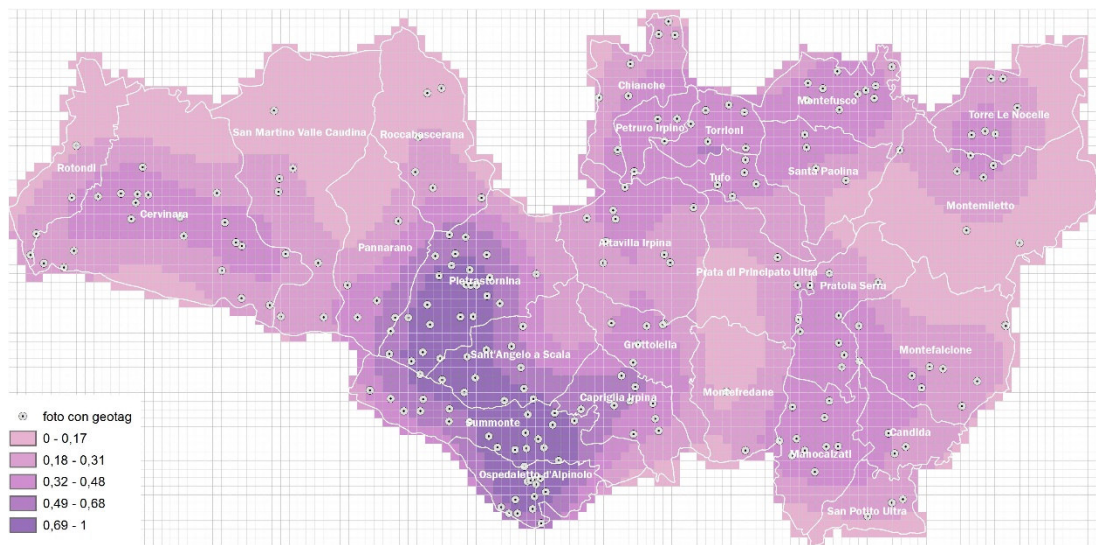
Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 250x250 metres

Source: <http://www.galpartenio.it> / on field survey

Figure 56 – Density of most photographed places



Description: The map represents an excerpt of a point pattern, based on a code which identifies most photographed places by citizens and tourists in the study area. It simulates landscape attractiveness, as citizens or tourists perceive it.

Code: INF03

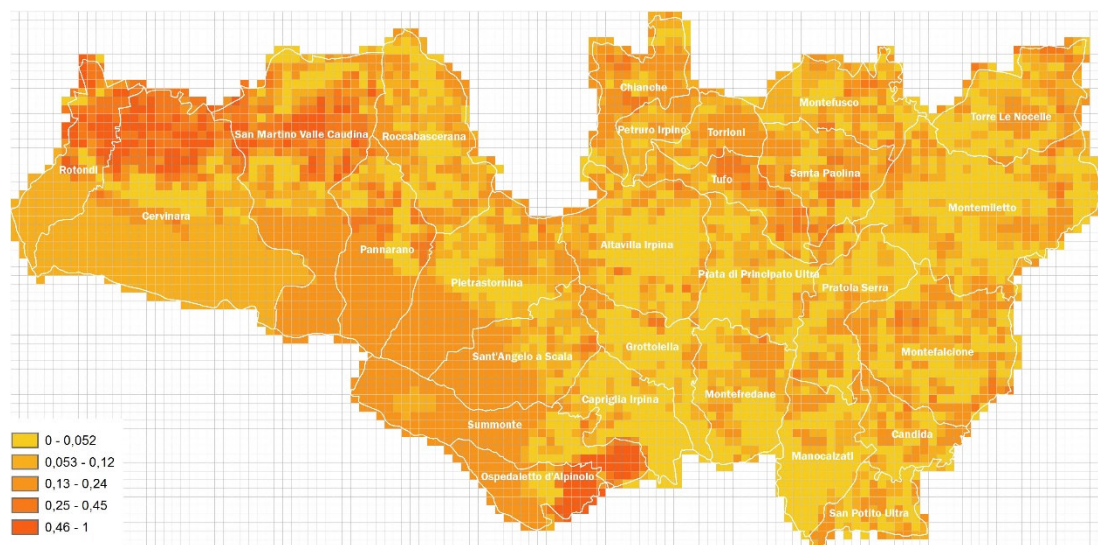
Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 250x250 metres

Source: <http://www.flickr.com>

Figure 57 – Mean value of agricultural soils



Description: the map represents the combination of the specific classes of CLC and the mean value of the land provided by the institutional dataset of the Italian "Agenzia delle Entrate". This processing has made spatially explicit the approximated quality of the agricultural production.

Code: PRO01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

Normalization: maximizing (+)

MMU: 250x250 metres

Source: Corine Land Cover / <http://www.agenziaentrate.gov.it>

CASE STUDY N°3

The Larger Urban Zones of Naples

Maps of the spatial indicators



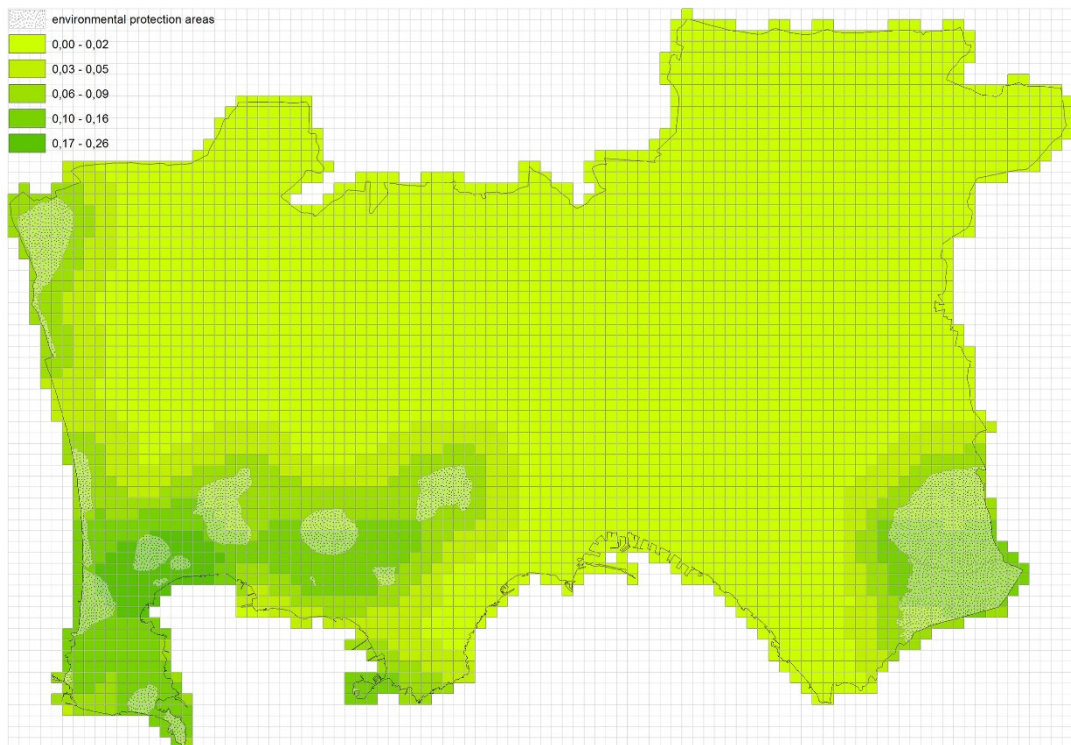
ER WS

TR MI HA WD TF

CA SH RE AI



Figure 58 – Surface of environmental protection areas



Description: The map includes the surface per cell of "Communitarian Interest Sites" (SIC) and "Special protection zones" (ZPS). These areas provide a relevant contribution to the regulation services maintenance/conservation.

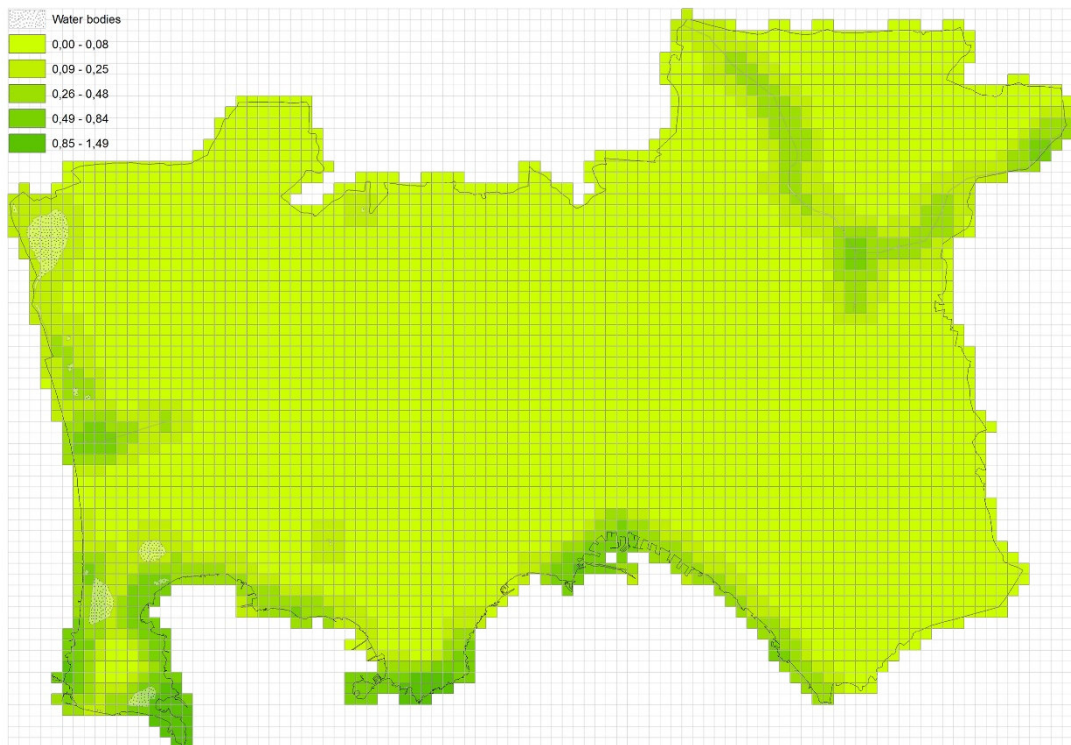
Code: ER01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Natura 2000 (MATTM)

Figure 59 – Surface of water bodies



Description: The map shows the surface per cell of water bodies. For certain locations, the indicator has to be considered a landscape "dis-service" since the quality of water near the urban centre are compromised by pollution. More detailed data needs in these cases.

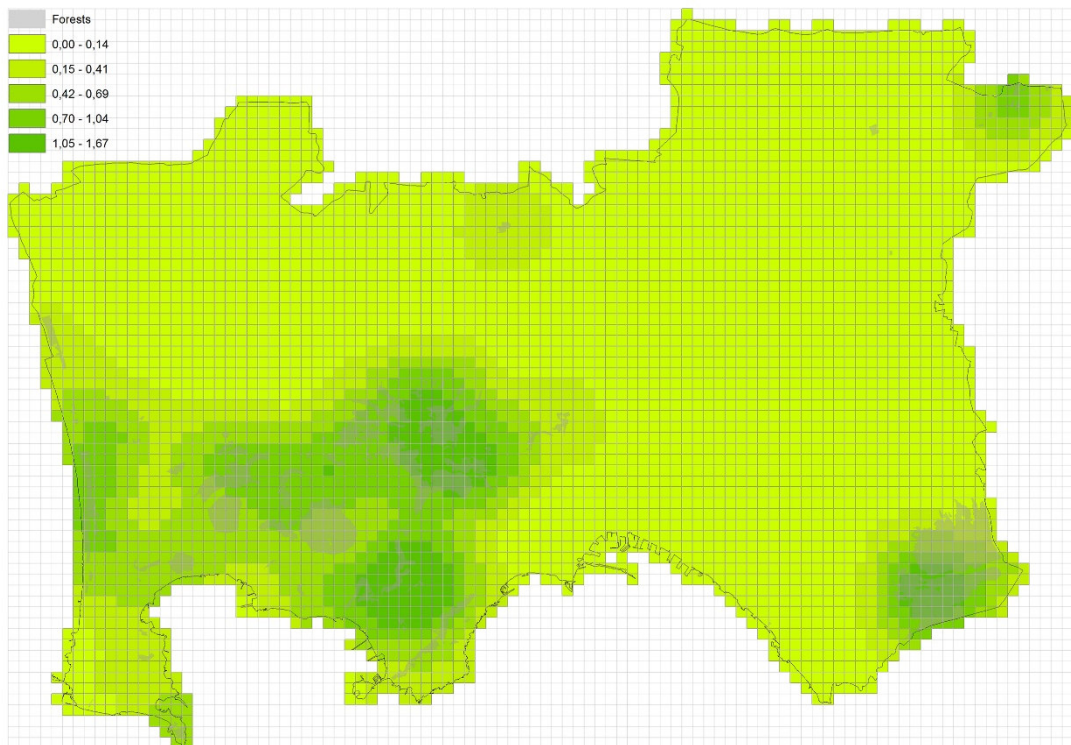
Code: ER01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Urban Atlas (EEA)

Figure 60 – Surface of forests



Description: The map shows the surface per cell of water bodies. These areas provide a relevant contribution to the regulation services maintenance/conservation.

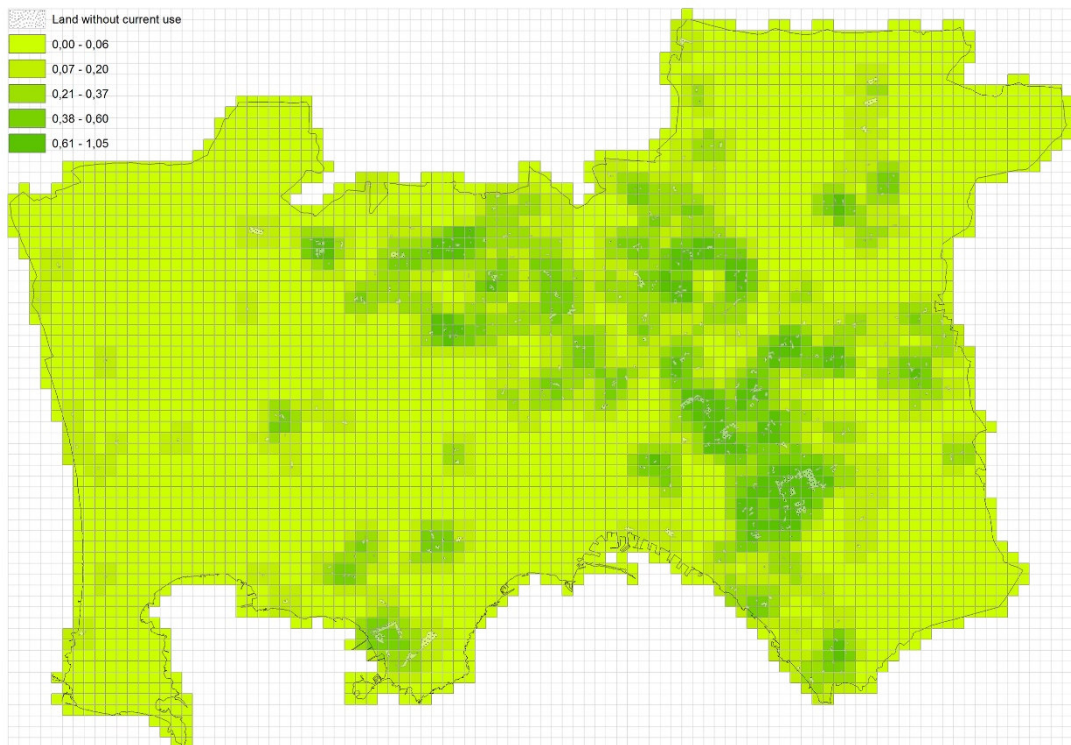
Code: ER03

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Urban Atlas (EEA)

Figure 61 – Surfaces of land without use



Description: The map shows the surface per cell of water bodies. These areas, if correctly managed, could provide a contribution to the regulation services maintenance/conservation. They could be conceived as "Third Landscape" spaces (Clément & De Pieri 2005).

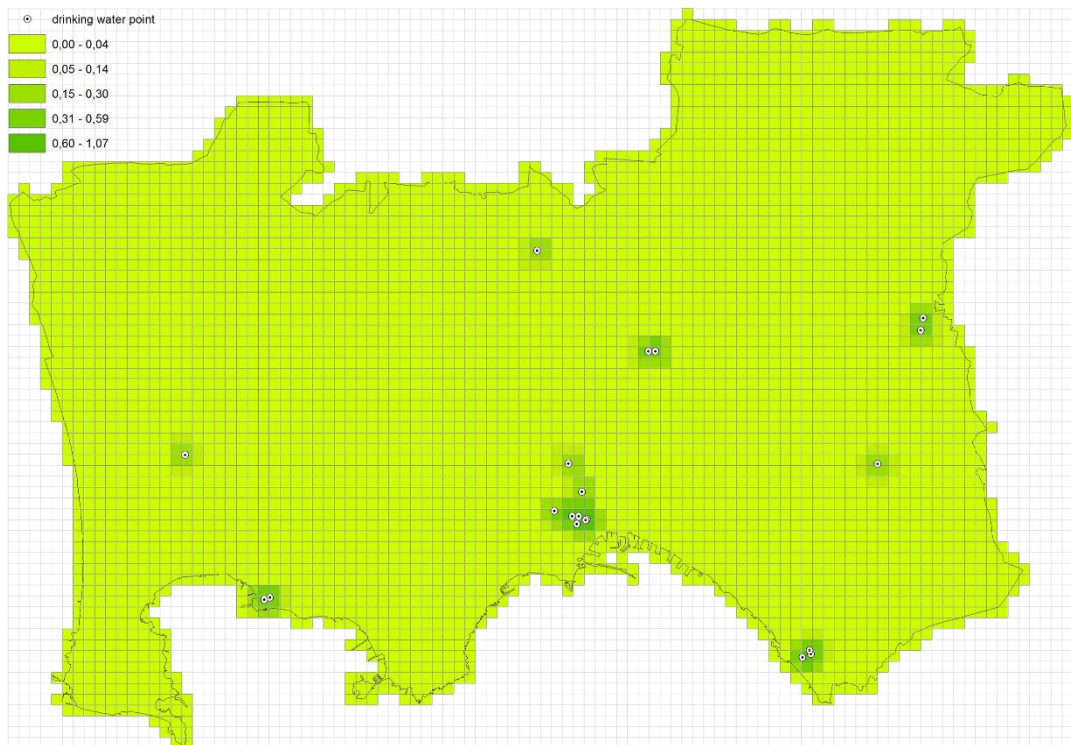
Code: ER04

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Urban Atlas (EEA)

Figure 62 – Drinking water points



Description: The map shows the points for clean water provisioning in the urban centre.

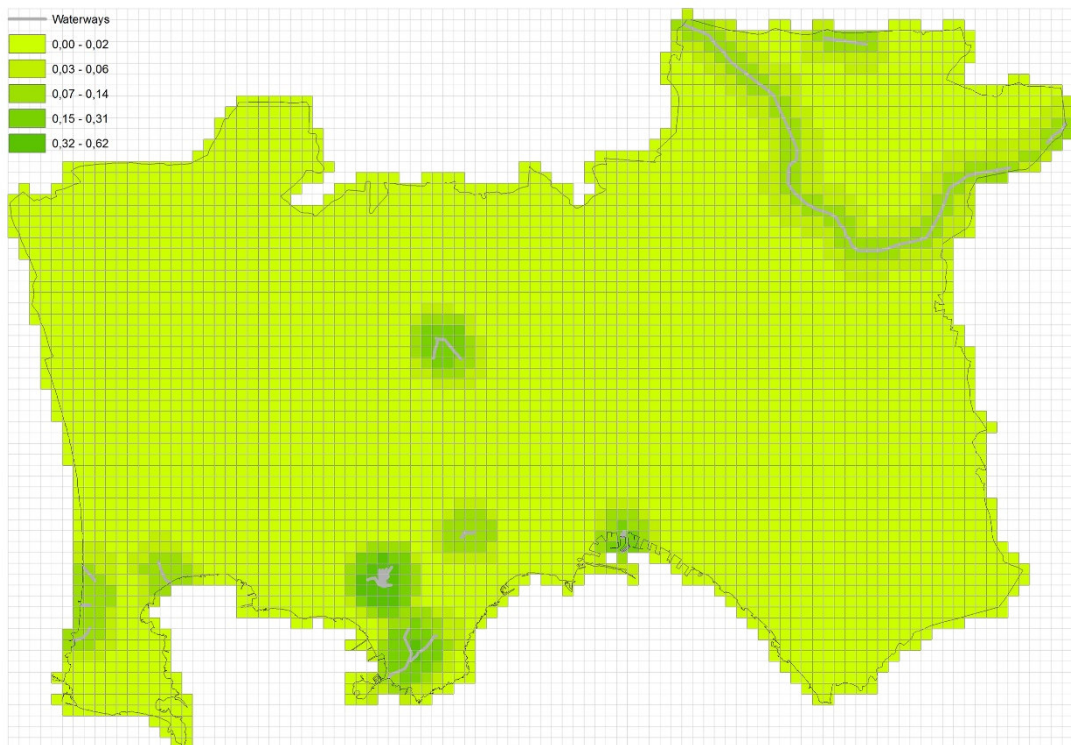
Code: WS01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 63 – Length of waterways



Description: The map shows the waterways (e.g. pipeline, streams, etc.) by computing the values through the distance between the cell and the nearest waterway.

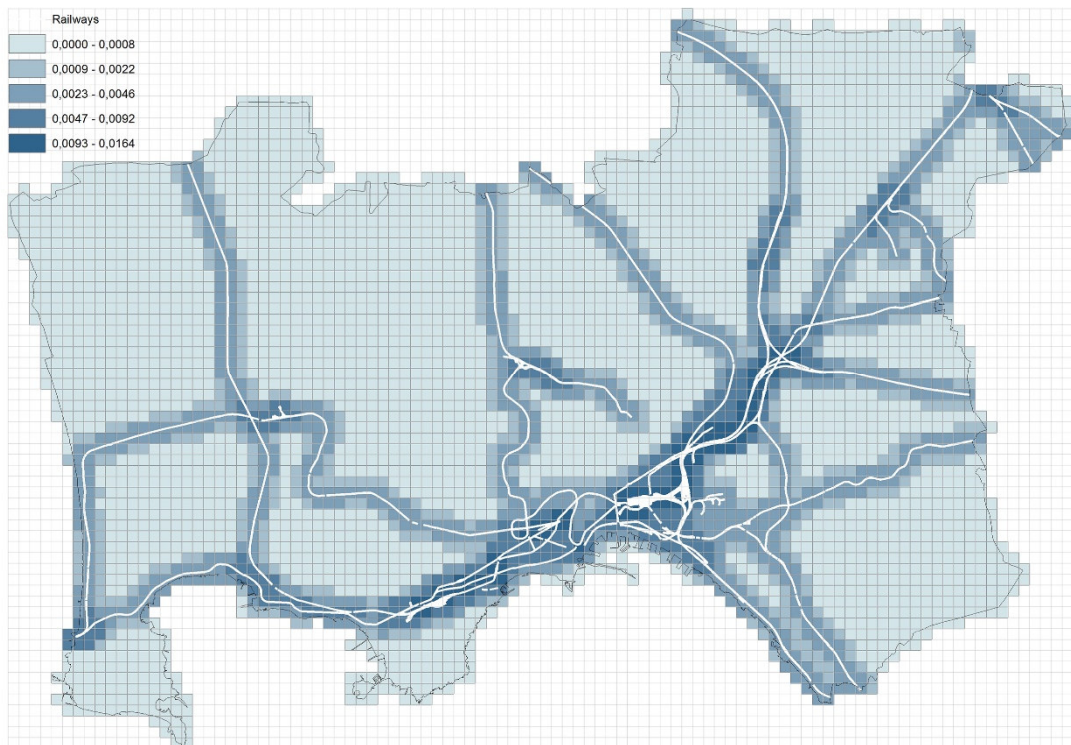
Code: WS02

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 64 – Length of Railways



Description: The map shows the network of railways by computing the values through the distance between the cell and railways' track.

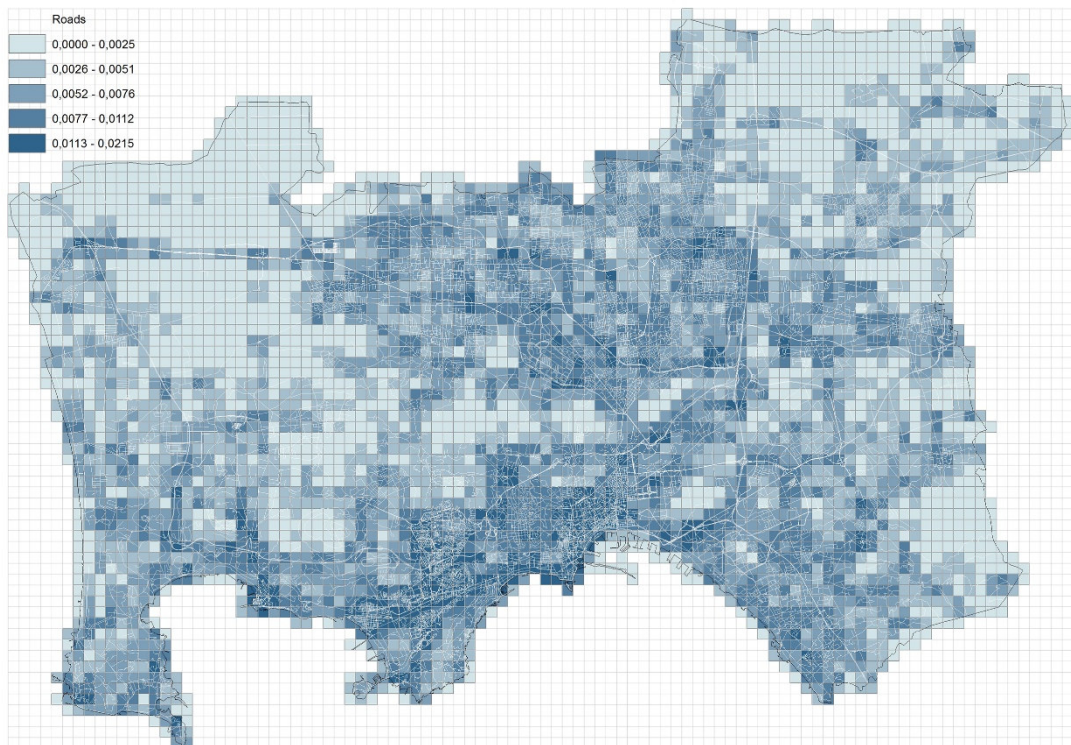
Code: TR01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 65 – Length of Roads



Description: The map shows the network of roads by computing the values through the distance between the cell and road's track.

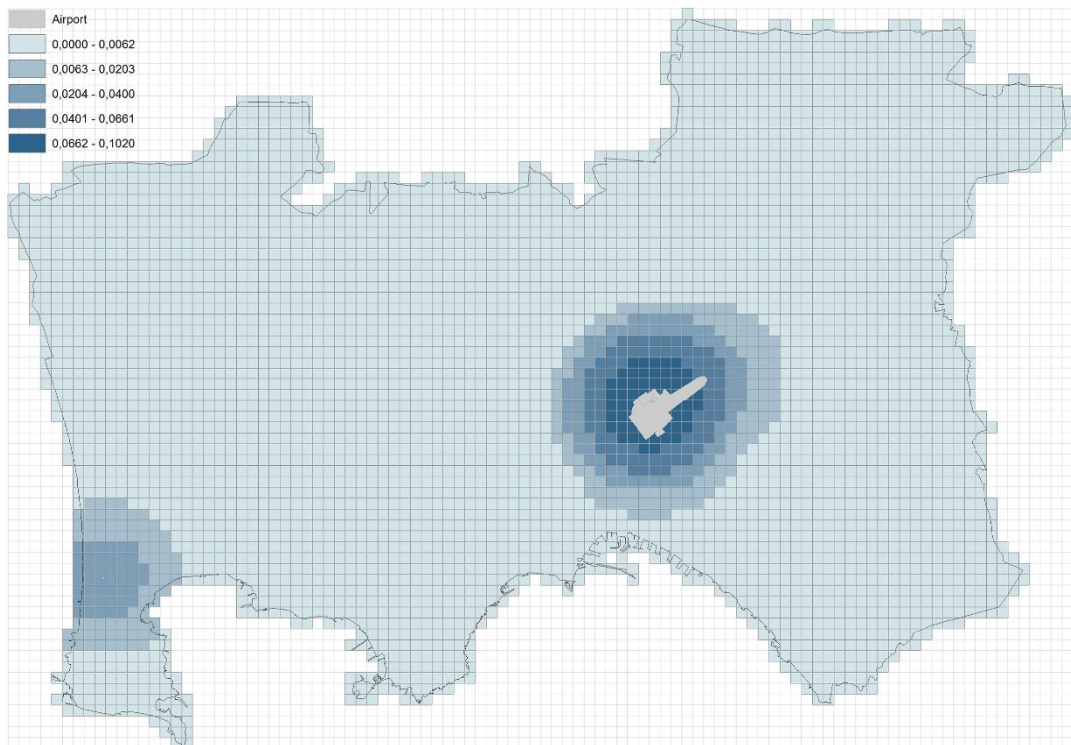
Code: TR02

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 66 – Surface of Airport



Description: The map shows the surfaces addressed to airport and the buffer of influence for the surroundings.

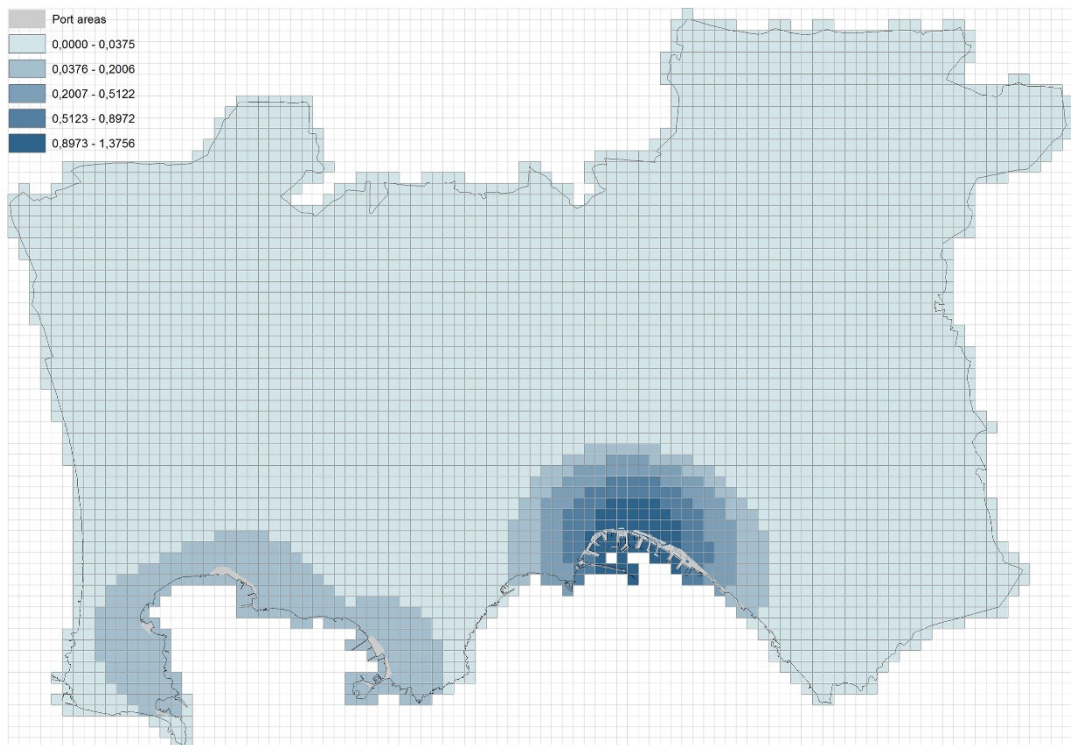
Code: TR03

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Urban Atlas (EEA)

Figure 67 – Surface of Port areas



Description: The map shows the surface of the coast addressed to port-functions and the buffer of influence for the surroundings in terms of noise, pollution, transportation of people and wares, and proximity to boarding points.

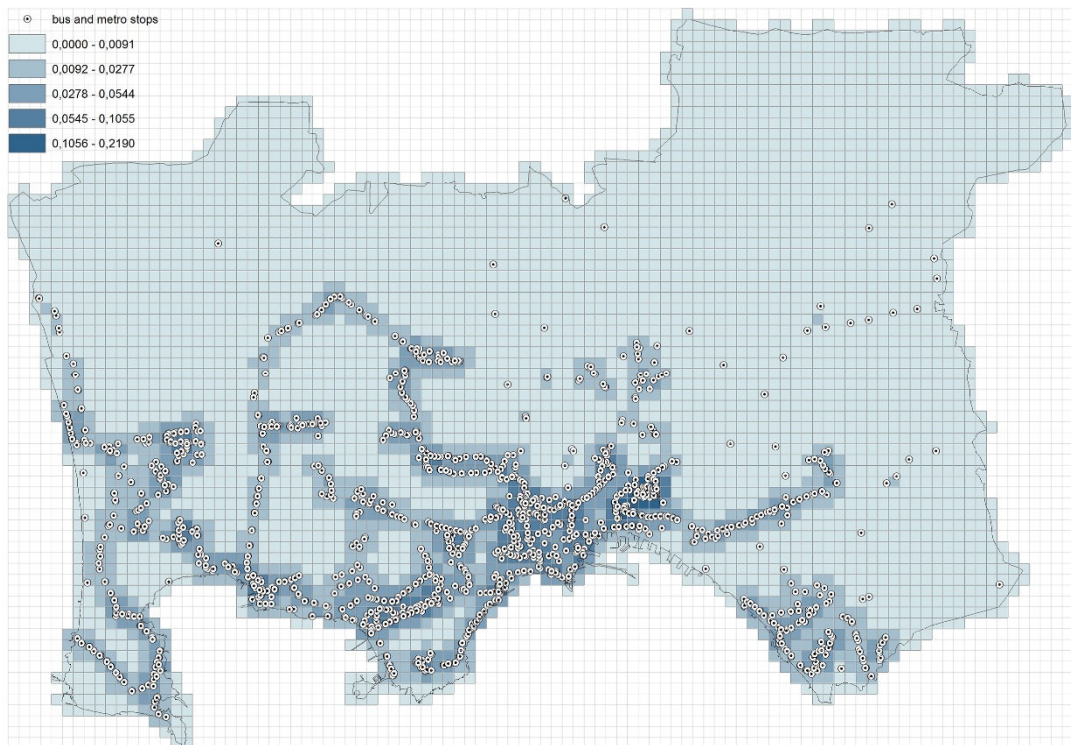
Code: TR04

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Urban Atlas (EEA)

Figure 68 – Bus-metro stops



Description: The map identifies the location of bus-metro stops by visualizing the most accessible zones of the focus area.

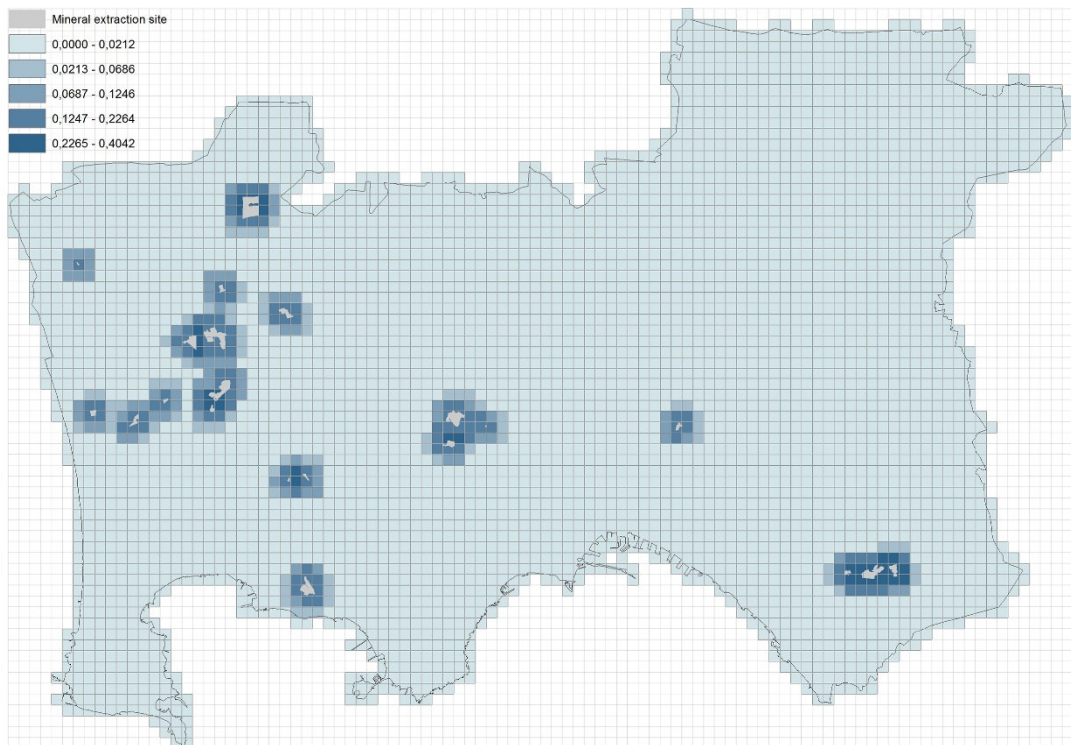
Code: TR05

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 69 – Surface of mineral extraction sites



Description: The map shows the caves by which is possible to extract raw materials for construction sector.

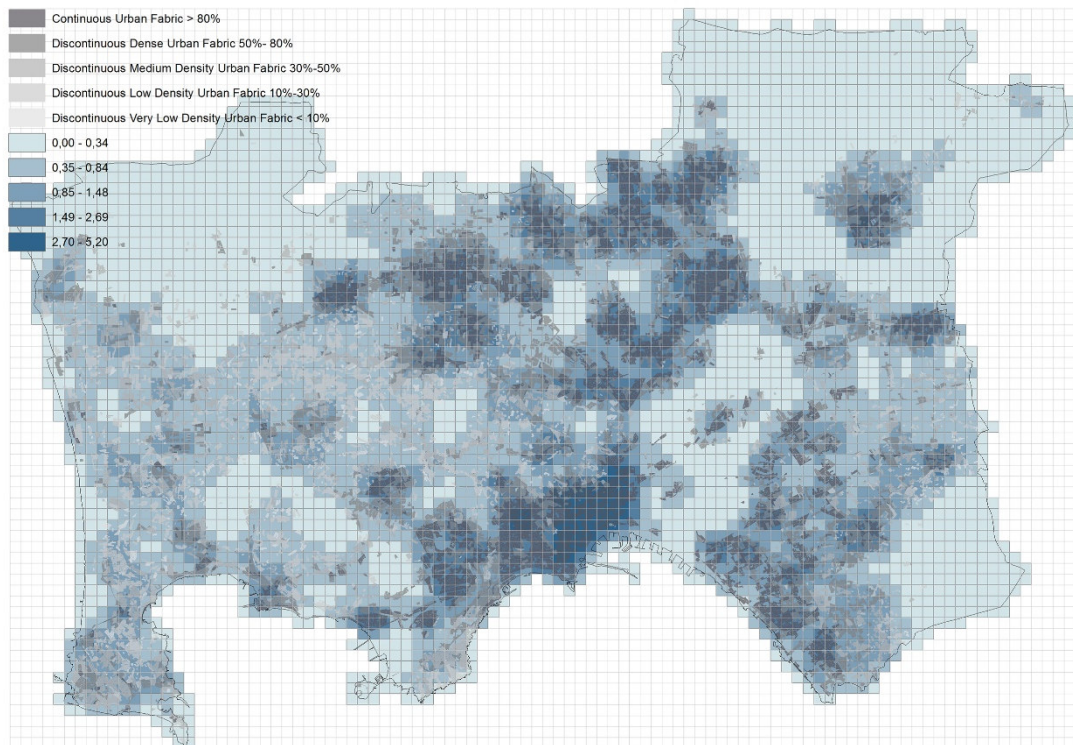
Code: MI01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Urban Atlas (EEA)

Figure 70 – Surface of Habitation density



Description: The map shows institutional dataset of the EEA with information about the housing density. Data have been aggregated on the MMU through the spatial AHP procedures by computing the number of houses per square cell surface. The indicator has been maximized since high density zones can reduce the urban sprawl that is a phenomenon affecting the fringe area of Naples.

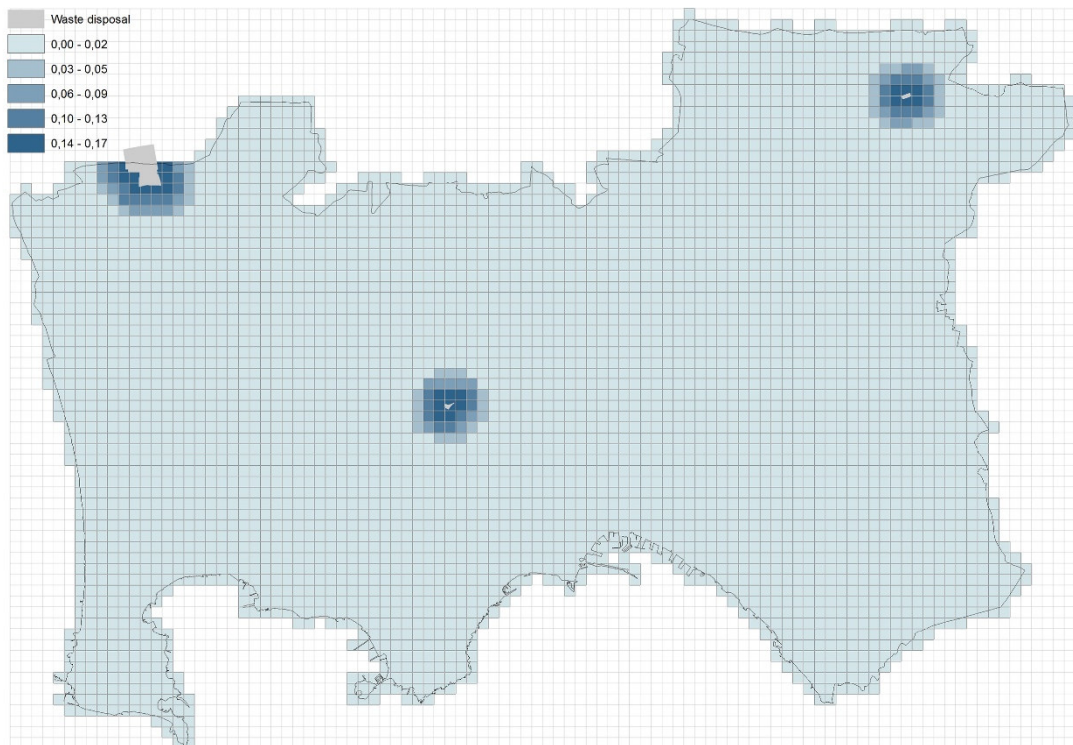
Code: HA01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Urban Atlas (EEA)

Figure 71 – Surface of solid waste disposals



Description: The map localizes the waste disposals which gather waste from the study area.

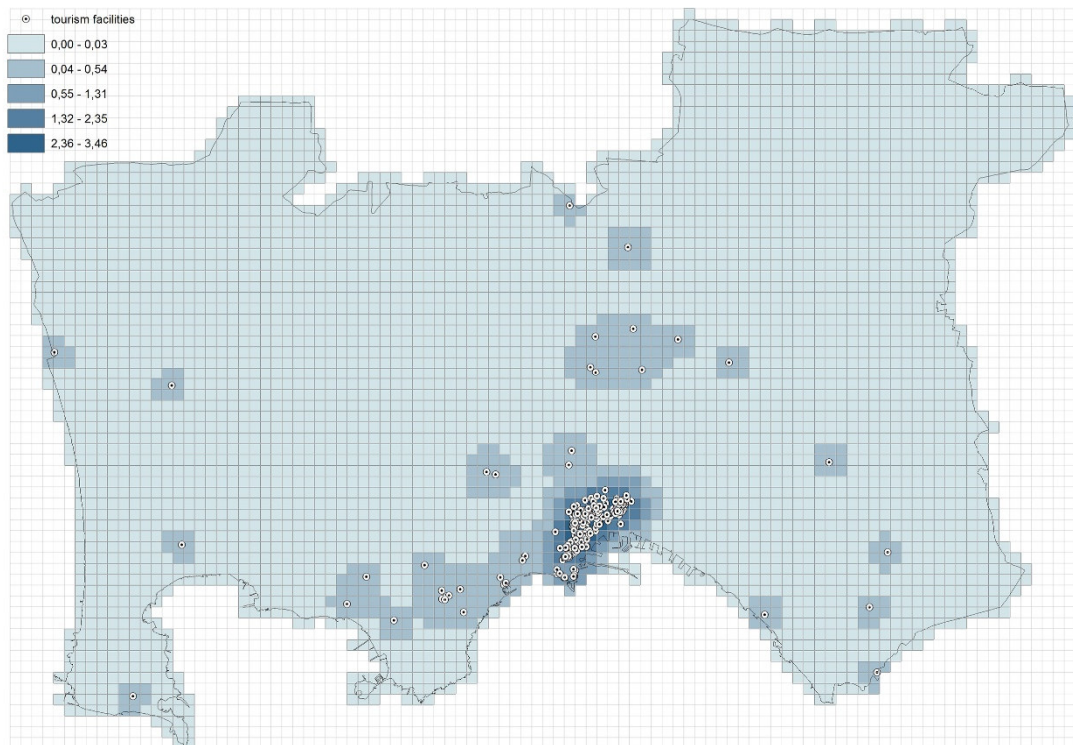
Code: WD01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 72 – Number of touristic accommodation



Description: The map show identifies the highest concentration of the touristic facilities points (e.g. hotel, B&B, guesthouse).

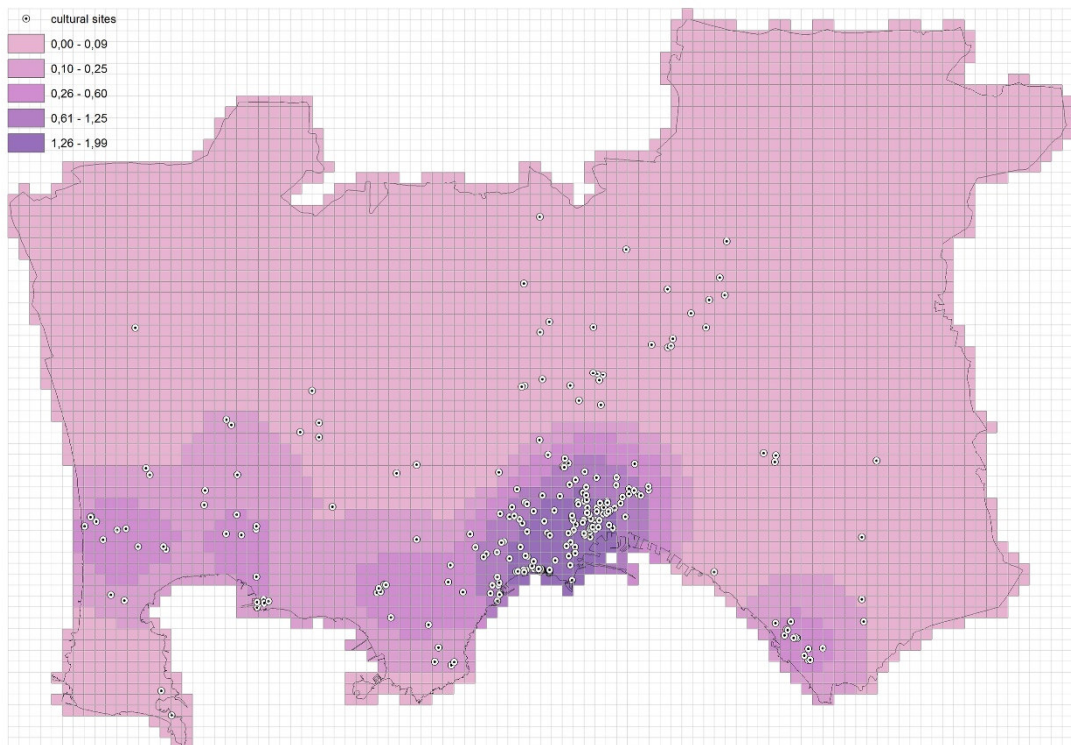
Code: TF01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 73 – Number of cultural sites



Description: The map highlights the cultural heritage of the examined landscape by identifying the number of the cultural sites.

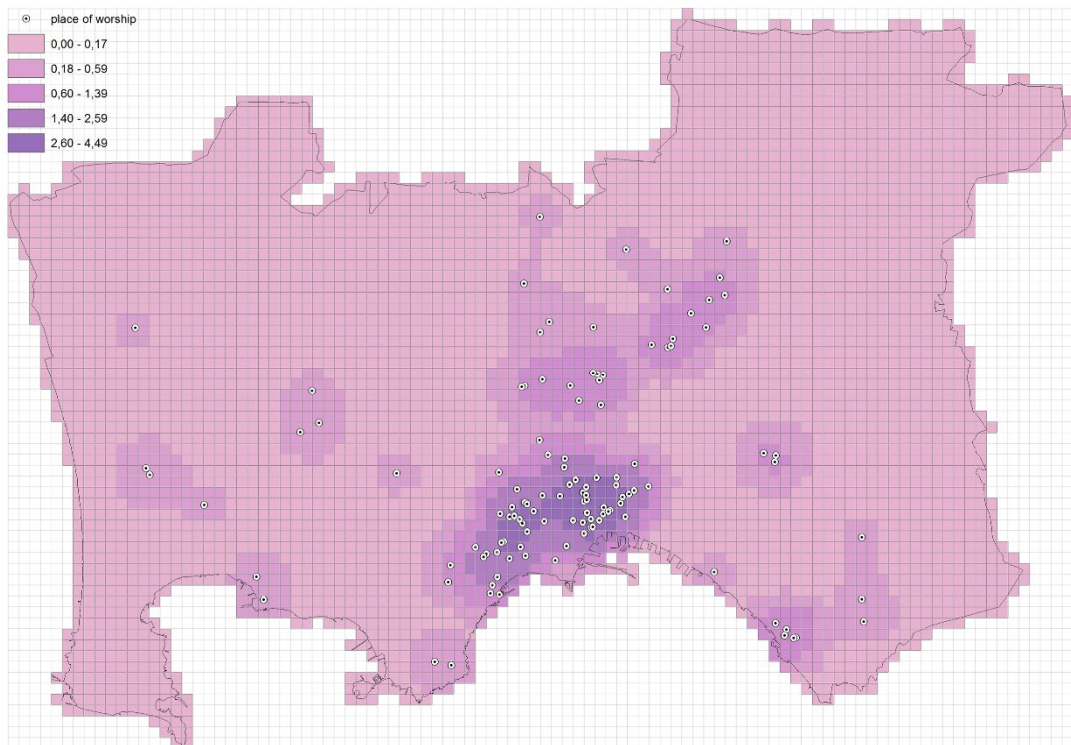
Code: CA01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 74 – Number of places of worship



Description: The map shows the density of place of worship which are related to the landscape spiritual values.

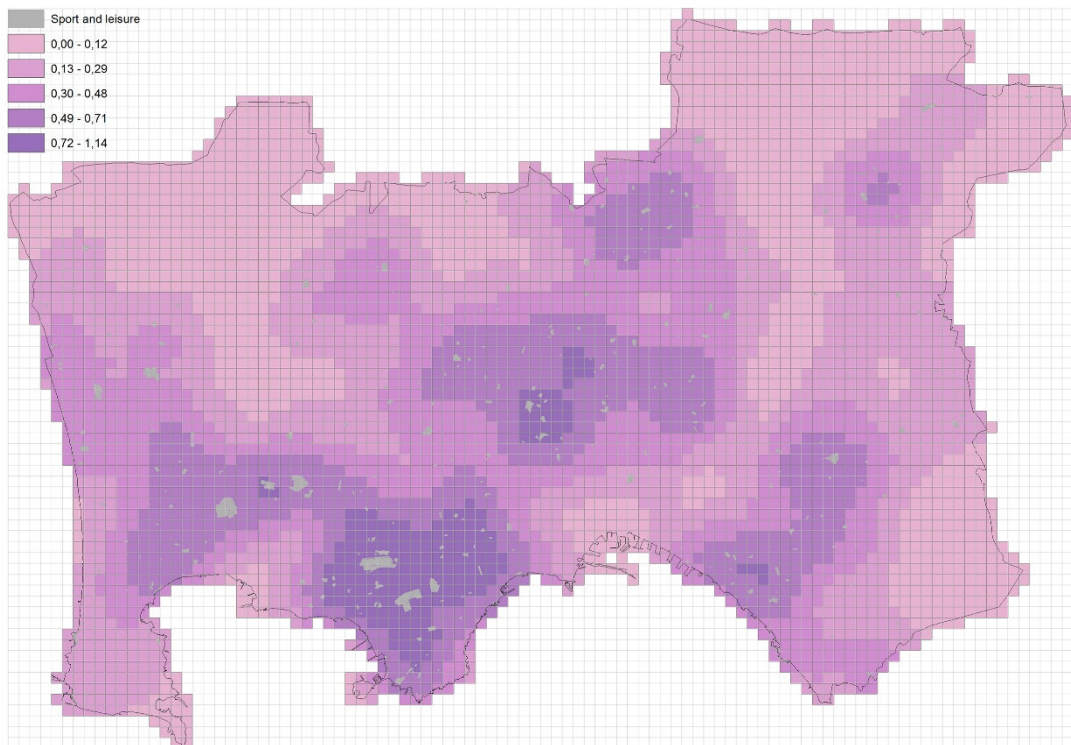
Code: SH01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM)

Figure 75 – Surface of sport and leisure



Description: The map shows the density of sport and leisure surface which are very important since they contribute to regulation and cultural functions of the landscape.

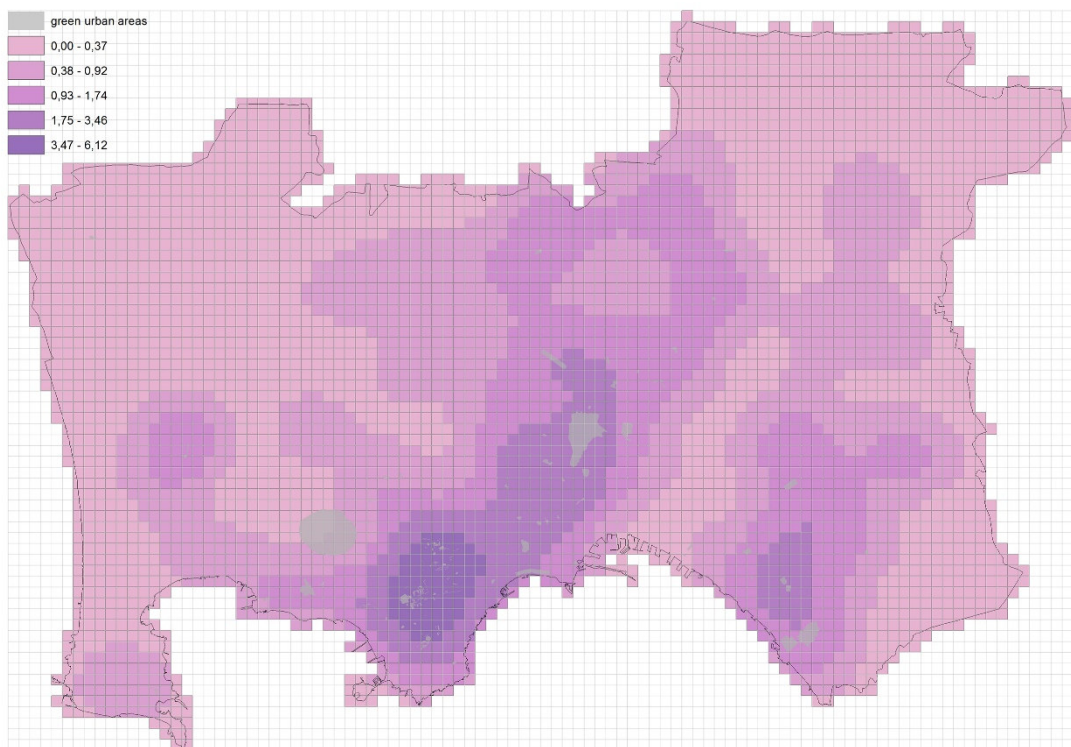
Code: RE01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Urban Atlas (EEA)

Figure 76 – Surface of green urban areas



Description: The map shows the density of green urban areas which are very important since they contribute to regulation and cultural functions of the landscape.

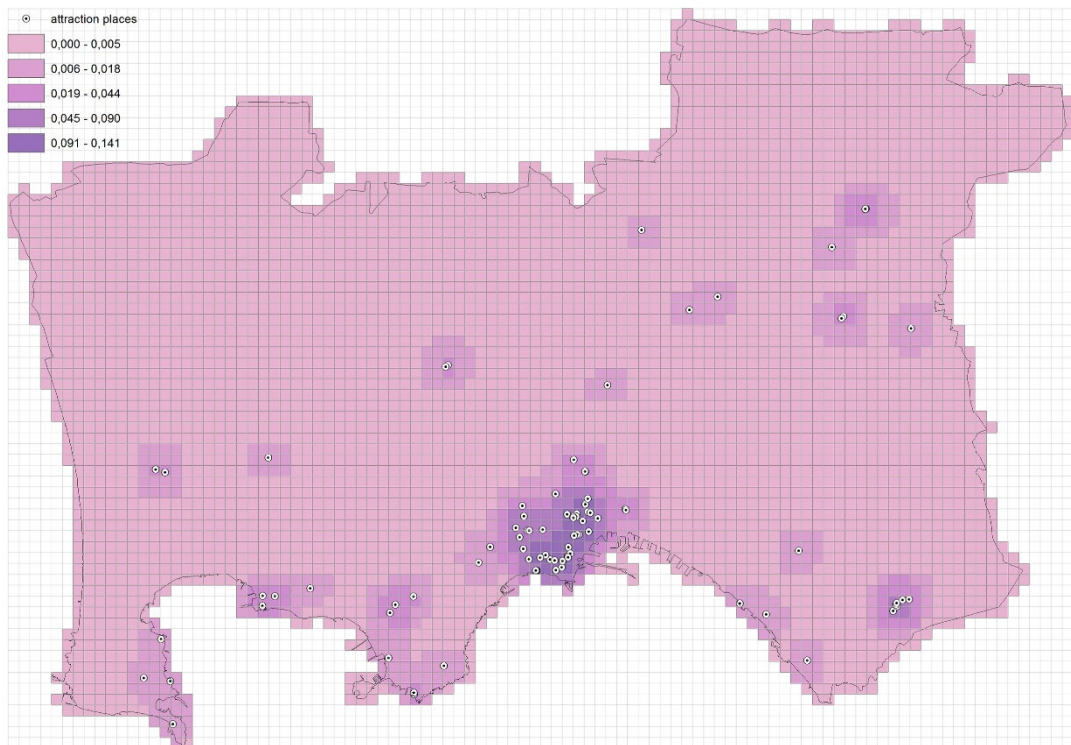
Code: RE02

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: Urban Atlas (EEA)

Figure 77 – Number of attraction places



Description: The indicator represents places of attraction which polarize the flows of tourists and citizens (i.e. theatres, cinema, and observatories).

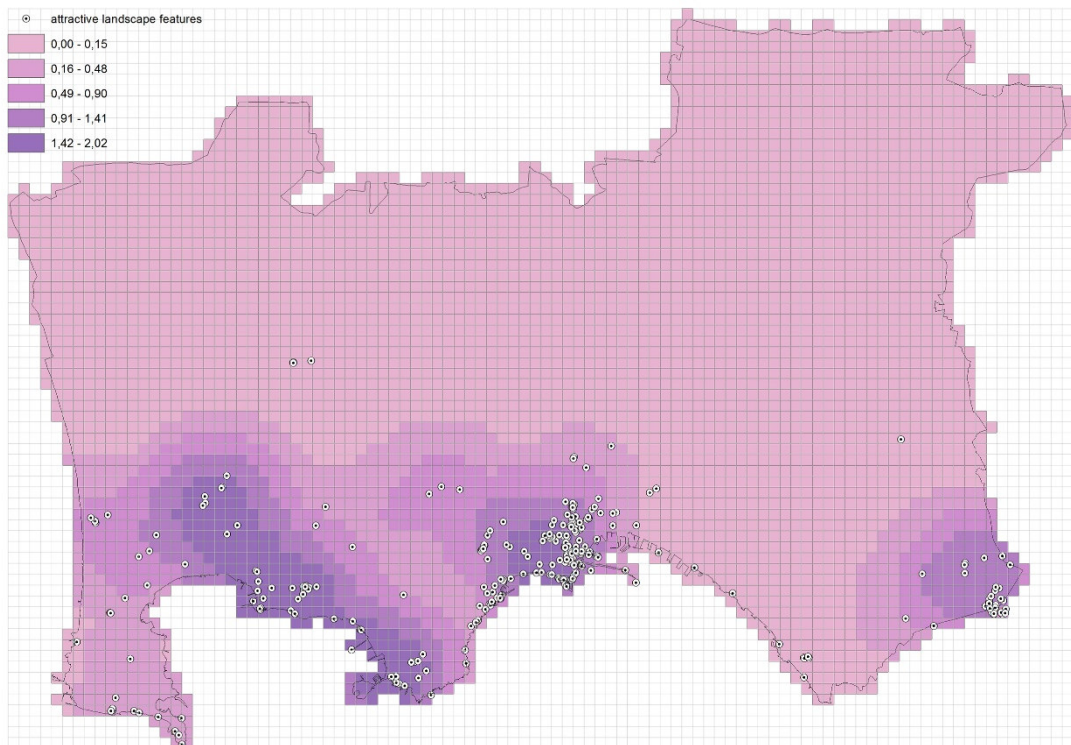
Code: RE03

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source: OpenStreetMap (OSM) project

Figure 78 – Attractive landscape features



Description: The indicator represents an excerpt of a point pattern, based on a code which identifies most photographed places by citizens and tourists in the study area. It simulates landscape attractiveness, as citizens or tourists perceive it.

Code: AI01

Geographic Reference System: WGS84_UTM33N

MMU: 250x250 metres

Source of row data: www.panoramio.com / www.flickr.com

9 Bibliografia

9 Bibliography

- Abson D et al. (2014) Ecosystem services as a boundary object for sustainability. *Ecological Economics* 103 (7):29-37.
- Adamowicz W , Boxall P , Williams M , Louviere J (1998) Stated preference approaches for measuring passive use values: choice experiments and contingent valuation. *American journal of agricultural economics* 80 (1):64-75.
- Alberini A , Kahn J (2006) Handbook on contingent valuation. Springer Berlin, Germany.
- Andrew ME , Wulder MA , Nelson TA , Coops NC (2015) Spatial data, analysis approaches, and information needs for spatial ecosystem service assessments: a review. *GIScience & Remote Sensing* 52 (3):344-373.
- Antrop M (2001) The language of landscape ecologists and planners: a comparative content analysis of concepts used in landscape ecology. *Landscape and Urban planning* 55 (3):163-173.
- Antrop M (2006) Sustainable landscapes: contradiction, fiction or utopia? *Landscape and Urban planning* 75 (3):187-197.
- Antrop M , Sevenant M , Tagliafierro C , Van Eetvelde V , Witlox F (2013) Setting a framework for valuing the multifunctional landscape and its multiple perceptions. In: *The Economic Value of Landscapes*. Routledge, London, UK; New York, NY, USA, pp 23-52.
- Attardi R , Canta A , Torre CM (2014) Urban design, institutional context and decision-making process. Two cases of waterfront regeneration in apulia (italy). *BDC Bollettino Del Centro Calza Bini* 14 (1):129-143.
- Baker J , Sheate W , Phillips P , Eales R (2013) Ecosystem services in environmental assessment—help or hindrance? *Environmental Impact Assessment Review* 40 (4):3-13.
- Barreto L , Ribeiro M , Veldkamp A , Van Eupen M , Kok K , Pontes E (2010) Exploring effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis. A case study of the Balsas sub-basin, Maranhão State, Brazil. *Ecological Indicators* 10 (5):1055-1063.
- Bartel A (2000) Analysis of landscape pattern: towards a 'top down'indicator for evaluation of landuse. *Ecological Modelling* 130 (1):87-94.
- Bastian O , Grunewald K , Syrbe R-U , Walz U , Wende W (2014) Landscape services: the concept and its practical relevance. *Landscape Ecology* 29 (9):1463-1479.
- Bebbington J , Brown J , Frame B (2007) Accounting technologies and sustainability assessment models. *Ecological Economics* 61 (2):224-236.
- Belton V , Gear T (1983) On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies. *Omega* 11 (3):228-230.
- Bernetti I (2007) Strumenti metodologici per la gestione del paesaggio nella pianificazione territoriale. *Aestimum* 1 (1):103-120.
- Biermann F et al. (2016) Down to earth: contextualizing the Anthropocene. *Global Environmental Change* 39 (7):341-350.

- Birch CP , Oom SP , Beecham JA (2007) Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. *Ecological Modelling* 206 (3):347-359.
- Boerema A , Rebelo AJ , Bodi MB , Esler KJ , Meire P (2017) Are ecosystem services adequately quantified? *Journal of Applied Ecology* 54 (2):358-370.
- Bolliger J , Bättig M , Gallati J , Kläy A , Stauffacher M , Kienast F (2011) Landscape multifunctionality: a powerful concept to identify effects of environmental change. *Regional Environmental Change* 11 (1):203-206.
- Bottero M , Ferretti V (2011) Assessing urban requalification scenarios by combining environmental indicators with the Analytic Network Process. *Journal of Applied Operational Research* 3 (2):75-90.
- Bottero MC , Ferretti V (2013) Opportunità e rischi per la regione metropolitana Torino-Milano: una proposta metodologica per la valutazione. In: Fratesi U.Pellegrini G (eds) *Territorio, istituzioni, crescita. Scienze regionali e sviluppo del paese*. Franco Angeli, Milano, pp 399-422.
- Boyd J , Banzhaf S (2007) What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological economics* 63 (2):616-626.
- Brander LM , Koetse MJ (2011) The value of urban open space: Meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results. *Journal of environmental management* 92 (10):2763-2773.
- Brauman KA , Daily GC , Duarte TK , Mooney HA (2007) The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environment and Resources* 32 (1):67-98.
- Brookshire DS , Thayer MA , Schulze WD , d'Arge RC (1982) Valuing public goods: a comparison of survey and hedonic approaches. *The American Economic Review* 72 (1):165-177.
- Brown G , Raymond C (2007) The relationship between place attachment and landscape values: Toward mapping place attachment. *Applied geography* 27 (2):89-111.
- Brown G , Weber D , De Bie K (2014) Assessing the value of public lands using public participation GIS (PPGIS) and social landscape metrics. *Applied Geography* 53 (9):77-89.
- Brundtland G et al. (1987) *Our common future (Brundtland report)*.
- Bruns D , Green BH (2001) Identifying Threatened Landscape, Valued Landscapes. In: Green B (ed) *Threatened landscapes. Conserving cultural environments*. Taylor & Francis, available online: <http://www.tandfebooks.com/action/showBook?doi=10.4324%2F9780203220894&>,
- Burkhard B , Kroll F , Müller F , Windhorst W (2009) Landscapes' capacities to provide ecosystem services—a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online* 15 (1):1-22.
- Burkhard B , Kroll F , Nedkov S , Müller F (2012) Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* 21 (10):17-29.
- Butler R et al. (2009) *Green infrastructure: connected and multifunctional landscapes*. Landscape Institute, London, UK.
- Cabeza M , Moilanen A (2006) Replacement cost: A practical measure of site value for cost-effective reserve planning. *Biological Conservation* 132 (3):336-342.
- Campagna M (2005) *GIS for sustainable development*. Crc Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
- Cannemi M (2012) *Processo Analitico in Rete (ANP) come strumento di supporto alle politiche di sviluppo delle energie rinnovabili*. Università di Catania, available online: <http://archivia.unict.it/handle/10761/1038>

- Capineri C et al. (2016) European handbook of crowdsourced geographic information. Ubiquity Press, available online: <https://povesham.wordpress.com/2016/09/12/new-book-european-handbook-of-crowdsourced-geographic-information/>
- Capra F (1984) Il punto di svolta. Giangiaco­mo Feltrinelli Editore, Milano.
- Capra F (1996) La rete della vita. Una nuova visione della natura e della scienza. Bur Rizzoli, Pordenone.
- Cerreta M (2010) Thinking through complex values. In: Making Strategies in Spatial Planning. Springer, pp 381-404.
- Cerreta M (2012) Cilento Labscape. Un modello integrato per l'attivazione di un Living Lab nel Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano. Università degli Studi di Napoli Federico II, available online: <http://hdl.handle.net/11588/575914>
- Cerreta M , Mele RA landscape complex values map: integration among soft values and hard values in a spatial decision support system. In: Murgante B et al. (eds) Computational Science and Its Applications - ICCSA 2012, 2012. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 653-669.
- Cerreta M , Poli G (2013) A complex values map of marginal urban landscapes: An experiment in Naples (Italy). International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IJAEIS) 4 (3):41-62.
- Cerreta M , Cannatella D , Poli G , Sposito S Climate change and transformability scenario evaluation for venice (italy) port-city through anp method. In: International Conference on Computational Science and Its Applications, 2015. Springer, pp 50-63.
- Cerreta M , Panaro S , Poli G A Knowledge-Based Approach for the Implementation of a SDSS in the Partenio Regional Park (Italy). In: Murgante B et al. (eds) Computational Science and Its Applications - ICCSA 2016, 2016. Springer, Cham, pp 111-124.
- Cerreta M , Poli G (2017) Landscape Services Assessment: A Hybrid Multi-Criteria Spatial Decision Support System (MC-SDSS). Sustainability 9 (8):1311.
- Chen Y , Yu J , Khan S (2010) Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. Environmental Modelling & Software 25 (12):1582-1591.
- Chiang AC , Keoleian GA , Moore MR , Kelly JC (2016) Investment cost and view damage cost of siting an offshore wind farm: A spatial analysis of Lake Michigan. Renewable Energy 96 (Part A):966-976.
- Clément G , De Pieri F (2005) Manifesto del Terzo paesaggio. Quodlibet, Capodarco di Fermo (AP).
- Codice dei beni culturali e del paesaggio (22 Gennaio 2004). Decreto Legislativo n. 42. Repubblica Italiana.
- Cooper LM , Sheate WR (2002) Cumulative effects assessment: A review of UK environmental impact statements. Environmental Impact Assessment Review 22 (4):415-439.
- Cord AF et al. (2017) Towards systematic analyses of ecosystem service trade-offs and synergies: Main concepts, methods and the road ahead. Ecosystem services (Article in press).
- Costanza R et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387 (6630):253-260.
- Council of Europe (2000) European Landscape Convention.
- Council of Europe (2005) Council of Europe Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society. CETS No.199. Faro, 27-X-2005.

- Cronon W (1996) *Uncommon ground: Rethinking the human place in nature*. WW Norton & Company, New York (US) and London (UK).
- Cuthill M (2010) Strengthening the 'social' in sustainable development: Developing a conceptual framework for social sustainability in a rapid urban growth region in Australia. *Sustainable Development* 18 (6):362-373.
- Daily G (1997) *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC and Covelo, California.
- Daily GC et al. (2009) Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7 (1):21-28.
- Dakin S (2003) There's more to landscape than meets the eye: towards inclusive landscape assessment in resource and environmental management. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien* 47 (2):185-200.
- Daniel TC , Vining J (1983) Methodological issues in the assessment of landscape quality. In: *Behavior and the natural environment*. Springer, pp 39-84.
- De Groot R (1992) *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*. Wolters-Noordhoff Groningen, NL.
- De Groot R , Wilson M , Boumans RM (2002) A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41 (3):393-408.
- De Groot R (2006) Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75 (3):175-186.
- De Groot R , Alkemade R , Braat L , Hein L , Willemen L (2010) Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7 (3):260-272.
- Douai A (2009) Value theory in ecological economics: The contribution of a political economy of wealth. *Environmental Values* 18 (3):257-284.
- Eales RP , Sheate WR (2011) Effectiveness of policy level environmental and sustainability assessment: challenges and lessons from recent practice. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 13 (1):39-65.
- Ehrlich P , Ehrlich A (1981) Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species. *Humboldt Journal of Social Relations* 9 (2):231-233.
- Englund O , Berndes G , Cederberg C (2017) How to analyse ecosystem services in landscapes—A systematic review. *Ecological Indicators* 73 (2):492-504.
- ESPON (2017) *Inspire Policy Making with Territorial Evidence*. Accessed 12-09 2017
- European Commission (2012) *What is a city? - Spatial units*. Accessed 12-01 2017.
- European Commission (EC) *Conclusion from conference for the 25th anniversary of the EIA Directive: successes — failures — perspectives*. In: *25th Anniversary of the EIA Directive: Successes – Failures – Prospects*, Leuven, Belgium, 2009. Available online: <http://ec.europa.eu/environment/eia/conference.htm>
- European Environment Agency (2006) *Guide to geographical data and maps*. available online: https://www.pik-potsdam.de/glowa/pdf/eea_gisguide_v2.pdf
- European Parliament and Council (2007) *Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) 2007/2/EC*. Available online: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=celex%3A32007L0002>

- Fagerholm N , Käyhkö N , Ndumbaro F , Khamis M (2012) Community stakeholders' knowledge in landscape assessments—Mapping indicators for landscape services. *Ecological Indicators* 18:421-433.
- Farina A , Belgrano A (2004) The eco-field: a new paradigm for landscape ecology. *Ecological Research* 19 (1):107-110.
- Feindt PH , Oels A (2005) Does discourse matter? Discourse analysis in environmental policy making. *Journal of Environmental Policy & Planning* 7 (3):161-173.
- Feizizadeh B , Jankowski P , Blaschke T (2014) A GIS based spatially-explicit sensitivity and uncertainty analysis approach for multi-criteria decision analysis. *Computers & Geosciences* 64:81-95.
- Ferrari C , Pezzi G (2013) *L'ecologia del paesaggio*. Il Mulino, Bologna.
- Fischer TB et al. (2015) Territorial Impact Assessment of European Draft Directives—The Emergence of a New Policy Assessment Instrument. *European Planning Studies* 23 (3):433-451
- Fisher B , Turner RK , Morling P (2009) Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68 (3):643-653.
- Flanagin AJ , Metzger MJ (2008) The credibility of volunteered geographic information. *GeoJournal* 72 (3-4):137-148.
- Forman RT , Godron M (1986) *Landscape ecology*. Jhon Wiley & Sons, New York, US.
- Förster J et al. (2015) Assessing ecosystem services for informing land-use decisions: a problem-oriented approach. *Ecology and Society* 20 (3):31
- Frank S , Fürst C , Koschke L , Makeschin F (2012) A contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. *Ecological Indicators* 21 (10):30-38.
- Fry GL (2001) Multifunctional landscapes—towards transdisciplinary research. *Landscape and Urban Planning* 57 (3):159-168.
- Funtowicz S , Martinez-Alier J , Munda G , Ravetz J (2002) *Multicriteria-based environmental policy. Implementing Sustainable Development. Integrated Assessment and Participatory Decision-making Processes*. Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Funtowicz S , Ravetz J (2003) Post-normal science. *Online Encyclopedia of Ecological Economics* International Society for Ecological Economics, available online: <http://www.ecoeco.org/publica/encyc.htm>
- Fusco Girard L (1987) *Risorse architettoniche e culturali: valutazioni e strategie di conservazione: una analisi introduttiva*. Franco Angeli, Napoli.
- Fusco Girard L , Nijkamp P (1997) *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio, vol 74*. FrancoAngeli, Napoli.
- Fusco Girard L , Cerreta M , De Toro P (2012) Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographical Information Systems (GIS): an Integrated spatial assessment for planning strategic choices. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process* 4 (1):6736-6744.
- Fusco Girard L , Cerreta M , De Toro P (2014) Integrated assessment for sustainable choices. *Scienze Regionali*
- Gallopin GC , Funtowicz S , O'Connor M , Ravetz J (2001) Science for the Twenty-First century: From social contract to the scientific core. *International Social Science Journal* 53 (168):219-229.

- Gan X et al. (2017) When to use what: Methods for weighting and aggregating sustainability indicators. *Ecological Indicators* 81:491-502.
- Garnåsjordet PA , Aslaksen I , Giampietro M , Funtowicz S , Ericson T (2012) Sustainable development indicators: from statistics to policy. *Environmental Policy and Governance* 22 (5):322-336.
- Geneletti D (2005) Multicriteria analysis to compare the impact of alternative road corridors: a case study in northern Italy. *Impact Assessment and Project Appraisal* 23 (2):135-146.
- Georgescu-Roegen N (1974) *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press: Cambridge, MA, US.
- Golub AL (1997) *Decision Analysis: An Integrated Approach*. Wiley, New York, US.
- Gómez-Baggethun E , Barton DN (2013) Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics* 86 (2):235-245.
- Goodchild MF , Haining RP (2004) GIS and spatial data analysis: Converging perspectives. *Papers in Regional Science* 83 (1):363-385.
- Goodchild MF , Li L (2012) Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial statistics* 1 (5):110-120.
- Grêt-Regamey A , Altwegg J , Sirén EA , van Strien MJ , Weibel B (2017) Integrating ecosystem services into spatial planning—A spatial decision support tool. *Landscape and Urban Planning* 165 (9):206-219.
- Guerry AD et al. (2015) Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (24):7348-7355.
- Gupta JN , Forgionne GA , Mora M (2006) *Intelligent decision-making support systems: foundations, applications and challenges*. Springer-Verlag London, UK.
- Haase D et al. (2014) A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation. *Ambio* 43 (4):413-433.
- Haines-Young R , Potschin M (2012) *CICES Version 4: Response to Consultation*. Centre for Environmental Management, University of Nottingham.
- Hayek UW , Teich M , Klein T , Grêt-Regamey A (2016) Bringing ecosystem services indicators into spatial planning practice: Lessons from collaborative development of a web-based visualization platform. *Ecological Indicators* 61 (2):90-99.
- Hermann A , Schleifer S , Wrбка T (2011) The concept of ecosystem services regarding landscape research: a review. *Living Reviews in Landscape Research* 5 (1):1-37.
- Hermann A et al. (2014) Assessment framework for landscape services in European cultural landscapes: An Austrian Hungarian case study. *Ecological Indicators* 37 (2):229-240.
- Hobbs RJ et al. (2014) Managing the whole landscape: historical, hybrid, and novel ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12 (10):557-564.
- Höfer T , Sunak Y , Siddique H , Madlener R (2016) Wind farm siting using a spatial Analytic Hierarchy Process approach: A case study of the Städteregion Aachen. *Applied Energy* 163 (C):222-243.
- Ibáñez-Forés V , Bovea M , Pérez-Belis V (2014) A holistic review of applied methodologies for assessing and selecting the optimal technological alternative from a sustainability perspective. *Journal of Cleaner Production* 70 (5):259-281.

- Ioja IC , Hossu CA , Niță MR , Onose DA , Badiu DL , Manolache S (2016) Indicators for environmental conflict monitoring in Natura 2000 sites. *Procedia Environmental Sciences* 32:4-11.
- Jankowski P (1995) Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International journal of geographical information systems* 9 (3):251-273.
- Johnson GW , Bagstad KJ , Snapp RR , Villa F (2012) Service path attribution networks (SPANs): a network flow approach to ecosystem service assessment. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IJAEIS)* 3 (2):54-71.
- Jones KB et al. (2008) Landscape approaches to assess environmental security: summary, conclusions, and recommendations. *Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security*:475-486.
- Kato S , Ahern J (2009) Multifunctional landscapes as a basis for sustainable landscape development. *Journal of the Japanese Institute of Landscape Architecture* 72 (5):799-804.
- Keeney RL (1996) Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives. *European Journal of Operational Research* 92 (3):537-549.
- Kenter J et al. (2014) UK National Ecosystem Assessment Follow-on. Work Package 6: Shared, plural and cultural values of ecosystems.
- Kenter J et al. (2016) Shared values and deliberative valuation: Future directions. *Ecosystem services* 21 (10):358-371.
- Kinzig A , Starrett D (2003) Coping with uncertainty: a call for a new science-policy forum. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 32 (5):330-335.
- Knight JF , Lunetta RS (2003) An experimental assessment of minimum mapping unit size. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 41 (9):2132-2134.
- Knowledge Economy Indicators (2005) Work Package 7, State of the Art Report on Simulation and Indicators.
- Kordi M , Brandt SA (2012) Effects of increasing fuzziness on analytic hierarchy process for spatial multicriteria decision analysis. *Computers, Environment and Urban Systems* 36 (1):43-53.
- Kremer P , Hamstead ZA , McPhearson T (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 (8):57-68.
- Lacroix P , Santiago H , Ray N (2014) Mascot: Multi-criteria analytical scoring tool for arcgis desktop. *International Journal of Information Technology & Decision Making* 13 (06):1135-1159.
- Lafortezza R , Carrus G , Sanesi G , Davies C (2009) Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. *Urban Forestry & Urban Greening* 8 (2):97-108.
- Lamarque P , Quétier F , Lavorel S (2011) The diversity of the ecosystem services concept and its implications for their assessment and management. *Comptes rendus biologies* 334 (5):441-449.
- Laszlo E (2008) Quantum shift in the global brain: How the new scientific reality can change us and our world
- Laurans Y , Rankovic A , Billé R , Pirard R , Mermet L (2013) Use of ecosystem services economic valuation for decision making: Questioning a literature blindspot. *Journal of Environmental Management* 119 (4):208-219.
- Lewis SL , Maslin MA (2015) Defining the anthropocene. *Nature* 519 (7542):171-180.

- Li W , Li L , Goodchild MF , Anselin L (2013) A geospatial cyberinfrastructure for urban economic analysis and spatial decision-making. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2 (2):413-431.
- Li X , Mander Ü (2009) Future options in landscape ecology: development and research. *Progress in Physical Geography* 33 (1):31-48.
- Li Y , Shen Q , Li H (2004) Design of spatial decision support systems for property professionals using MapObjects and Excel. *Automation in Construction* 13 (5):565-573.
- Limburg KE , O'Neill RV , Costanza R , Farber S (2002) Complex systems and valuation. *Ecological Economics* 41 (3):409-420.
- Lombardi P , Lami IM , Bottero M , Grasso C Application of the Analytic Network Process and the Multi-modal framework to an urban upgrading case study. In: *International conference on whole life urban sustainability and its assessment*, Glasgow, 2007. pp 27-29.
- Lovell ST , Johnston DM (2009) Creating multifunctional landscapes: how can the field of ecology inform the design of the landscape? *Frontiers in Ecology and the Environment* 7 (4):212-220.
- Luesink E (2013) Cultural heritage as specific landscape service stimulus of cultural heritage in the Netherlands. Wageningen University Netherlands.
- Maes J et al. (2012) Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services* 1 (1):31-39.
- Maes J et al. (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.
- Malczewski J , Ogryczak W (1995) The multiple criteria location problem: 1. A generalized network model and the set of efficient solutions. *Environment and planning A* 27 (12):1931-1960.
- Malczewski J (1999) *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons, New York, US.
- Malczewski J (2006) GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science* 20 (7):703-726.
- Malczewski J , Rinner C (2015) *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. Springer, New York Heidelberg Dordrecht London.
- Malczewski J (2018) 1.15 - Multicriteria Analysis A2 - Huang, Bo. In: *Comprehensive Geographic Information Systems*. Elsevier, Oxford, pp 197-217.
- Mardani A , Jusoh A , Zavadskas EK , Cavallaro F , Khalifah Z (2015) Sustainable and renewable energy: An overview of the application of multiple criteria decision making techniques and approaches. *Sustainability* 7 (10):13947-13984
- Meadows DH (1998) *Indicators and information systems for sustainable development*. The Sustainability Institute, available online: <http://www.sustainabilityinstitute.org/resources.html#SIpapers>
- Meirich S (2008) *Mapping guide for a European Urban Atlas*. GSE Land Information Services. GSE Land Consortium, available online: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas/mapping-guide/#parent-fieldname-title>
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *A framework for assessment*. Island Press, Washington DC, US.
- Muller F , De Groot R , Willemsen L (2010) Ecosystem services at the landscape scale: the need for integrative approaches. *Landscape Online* 23 (12):1-11.

- Munda G (2002) Decision Aiding Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research* 158 (2004): 662-677.
- Munda G (2005) "Measuring sustainability": a multi-criterion framework. *Environment, Development and Sustainability* 7 (1):117-134.
- Munda G (2006) Social multi-criteria evaluation for urban sustainability policies. *Land Use Policy* 23 (1):86-94.
- Munda G (2008) Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy. Springer, Available online: <http://www.springer.com/us/book/9783540737025>
- Naveh Z (1995) Interactions of landscapes and cultures. *Landscape and Urban Planning* 32 (1):43-54.
- Naveh Z (2001) Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. *Landscape and Urban Planning* 57 (3):269-284.
- Naveh Z (2009) Transdisciplinary challenges for sustainable management of Mediterranean landscapes in the global information society. *Landscape Online* 14:1-14.
- Nijkamp P , van Delft A (1977) Multi-criteria analysis and regional decision-making. Martinus Nijhoff Social Science Division, Leiden, Netherlands.
- Nijkamp P , Rietveld P , Voogd H (1990) Multicriteria evaluation in physical planning. Elsevier, Amsterdam.
- O'Sullivan D , Unwin D (2014) Geographic information analysis. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- O'Farrell PJ , Anderson PM (2010) Sustainable multifunctional landscapes: a review to implementation. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2 (1):59-65.
- OECD (2008) Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and user guide. Available online: www.oecd.org/publishing/corrigenda
- Openshaw S (1983) The Modifiable Areal Unit Problem. . *CATMOG (Concepts and techniques in modern geography)*. Geo Books, Norwick, Norfolk, UK.
- Ostrom E (2009) A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325 (5939):419-422.
- Pandeya B , Buytaert W , Zulkafli Z , Karpouzoglou T , Mao F , Hannah D (2016) A comparative analysis of ecosystem services valuation approaches for application at the local scale and in data scarce regions. In: *Ecosystem Services*, vol 22, part B. Elsevier, pp 250-259.
- Pelzer P , Geertman S , van der Heijden R (2015) Knowledge in communicative planning practice: a different perspective for planning support systems. *Environment and Planning B: Planning and Design* 42 (4):638-651.
- Pereira FdC , Costa HG , Pereira V (2017) Patent filings versus articles published: A review of the literature in the context of Multicriteria Decision Aid. *World Patent Information* 50 (Supplement C):17-26.
- Plieninger T et al. (2015) Exploring ecosystem-change and society through a landscape lens: recent progress in European landscape research. *Ecology and Society* 20 (2)
- Porteous D (1982) Approaches to environmental aesthetics. *Journal of Environmental Psychology* 2 (1):53-66.
- Portman ME (2013) Ecosystem services in practice: challenges to real world implementation of ecosystem services across multiple landscapes—a critical review. *Applied Geography* 45:185-192.

- Potschin M , Haines-Young R (2006) "Rio+10", sustainability science and Landscape Ecology. *Landscape and Urban Planning* 75 (3):162-174.
- Potschin M , Haines-Young R (2016) Defining and measuring ecosystem services. In: Potschin M et al. (eds) *Routledge Handbook of Ecosystem Services*. Routledge, London and New York., pp 25-44.
- Rametsteiner E, Pülzl H, Alkan-Olsson J, Frederiksen P (2011) Sustainability indicator development—Science or political negotiation? *Ecological Indicators* 11 (1):61-70.
- Raymond CM et al. (2017) An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects.
- Rega C , Baldizzone G (2015) Public participation in Strategic Environmental Assessment: A practitioners' perspective. *Environmental Impact Assessment Review* 50 (1):105-115.
- Rodela R, Bregt AK, Ligtenberg A, Pérez-Soba M, Verweij P (2017) The social side of spatial decision support systems: Investigating knowledge integration and learning. *Environmental Science & Policy* 76:177-184.
- Rodenburg CA , Nijkamp P (2004) Multifunctional land use in the city: A typological overview. *Built Environment* 30 (4):274-288.
- Rose DC et al. (2016) Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery. *Agricultural Systems* 149:165-174.
- Roy B (1993) Decision science or decision-aid science? *European journal of operational research* 66 (2):184-203.
- Saaty TL (1987) The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling* 9 (3):161-176.
- Saaty TL (1990) *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world*. RWS publications, US.
- Saaty TL , Vargas LG (2001) *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*, vol 175. *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer, Boston, MA.
- Saaty TL (2005) *Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*. RWS publications, Pittsburgh, PA.
- Sander H , Polasky S , Haight RG (2010) The value of urban tree cover: A hedonic property price model in Ramsey and Dakota Counties, Minnesota, USA. *Ecological Economics* 69 (8):1646-1656.
- Serrano Tovar T , Giampietro M , Ramos Martín J (2014) Spatial analysis in MuSIASEM. The use of geographic information systems and land use applied to the integrated analysis of rural systems' metabolism. Available online: <https://ddd.uab.cat/record/130259>
- Shannon CE , Weaver W (1998) *The mathematical theory of communication*. University of Illinois press, Chicago, Illinois.
- Simon HA (1960) *The new science of management decision*. Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs, NJ.
- Singh RK , Murty HR , Gupta SK , Dikshit A (2012) An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators* 15 (1):281-299.
- Sohel MSI , Mukul SA , Burkhard B (2015) Landscape s capacities to supply ecosystem services in Bangladesh: A mapping assessment for Lawachara National Park. *Ecosystem Services* 12 (4):128-135.

- Soini K (2001) Exploring human dimensions of multifunctional landscapes through mapping and map-making. *Landscape and Urban planning* 57 (3):225-239.
- Soini K , Birkeland I (2014) Exploring the scientific discourse on cultural sustainability. *Geoforum* 51 (1):213-223.
- Spash CL (2012) New foundations for ecological economics. *Ecological Economics* 77 (5):36-47.
- Steffen W et al. (2011) The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 40 (7):739-761.
- Steinitz C (1990) A framework for theory applicable to the education of landscape architects (and other environmental design professionals). *Landscape journal* 9 (2):136-143.
- Stephenson J (2008) The cultural values model: an integrated approach to values in landscapes. *Landscape and urban planning* 84 (2):127-139.
- Strang V (2009) Integrating the social and natural sciences in environmental research: a discussion paper. *Environment, Development and Sustainability* 11 (1):1-18.
- Sugumaran R , Degroote J (2010) *Spatial decision support systems: Principles and practices*. Crc Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
- Terkenli TS (2001) Towards a theory of the landscape: the Aegean landscape as a cultural image. *Landscape and urban planning* 57 (3):197-208.
- Termorshuizen JW , Opdam P (2009) Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. *Landscape Ecology* 24 (8):1037-1052.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (2010) *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*. Earthscan, London and Washington.
- Tratalos JA , Haines-Young R , Potschin M , Fish R , Church A (2016) Cultural ecosystem services in the UK: lessons on designing indicators to inform management and policy. *Ecological Indicators* 61 (2):63-73.
- Tress B , Tress G (2001) Capitalising on multiplicity: a transdisciplinary systems approach to landscape research. *Landscape and urban planning* 57 (3):143-157.
- Turner RK , Pearce DW (1992) Sustainable development: ethics and economics. In: Barbier EB (ed) *Economics and Ecology*. Springer, Dordrecht, pp 177-194.
- United Nations AGENDA 21. In: United Nations Conference on Environment & Development, Rio de Janeiro, Brazil, 1992. Available online: <http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21.htm>,
- United Nations (2007) *Indicators of sustainable development: Guidelines and methodologies*. United Nations, New York, NY, USA.
- United Nations (2011) *Recommendation on Historic Urban Landscape*. Available online: <http://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-638-98.pdf>
- United Nations (2015) *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Resolution n. 70/1.
- United Nations (2016) *Working Group on Geo-spatial Information*. General Assembly. Available online: <https://unstats.un.org/sdgs/files/Working-Group-ToR--GeoSpatial.pdf>

- Uuemaa E, Antrop M, Roosaaere J, Marja R, Mander Ü (2009) Landscape metrics and indices: an overview of their use in landscape research. *Living reviews in landscape research* 3 (1):1-28.
- Vallés-Planells M, Galiana F, Van Eetvelde V (2014) A classification of landscape services to support local landscape planning. *Ecology and Society* 19 (1):44-56.
- Van der Sluijs JP (2002) A way out of the credibility crisis of models used in integrated environmental assessment. *Futures* 34 (2):133-146.
- Van Eetvelde V, Antrop M (2009) A stepwise multi-scaled landscape typology and characterisation for trans-regional integration, applied on the federal state of Belgium. *Landscape and urban planning* 91 (3):160-170.
- Verburg PH et al. (2016) Methods and approaches to modelling the Anthropocene. *Global Environmental Change* 39 (8):328-340.
- Vince G (2011) An epoch debate. *Science* 334 (6052):32-37.
- Vorlaufer T, Falk T, Dufhues T, Kirk M (2017) Payments for ecosystem services and agricultural intensification: Evidence from a choice experiment on deforestation in Zambia. *Ecological Economics* 141 (Supplement C):95-105.
- Walker B et al. (2010) Incorporating resilience in the assessment of inclusive wealth: an example from South East Australia. *Environmental and Resource Economics* 45 (2):183-202.
- Walter M, Latorre Tomás S, Munda G, Larrea C (2016) A social multi-criteria evaluation approach to assess extractive and non-extractive scenarios in Ecuador: Intag case study. *Land Use Policy* 57 (Supplement C):444-458.
- Waters CN, Zalasiewicz JA, Williams M, Ellis MA, Snelling AM (2014) A stratigraphical basis for the Anthropocene? Geological Society, London, Special Publications 395 (1):1-21.
- Westman WE (1977) How much are nature's services worth? *Science* 197 (4307):960-964.
- Whitehead JC (2006) A practitioner's primer on the contingent valuation method. In: Alberini A, Kahn JR (eds) *Handbook on contingent valuation*. Springer Berlin, Germany, pp 66-91.
- Wu J, Hobbs R (2002) Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. *Landscape ecology* 17 (4):355-365.
- Wu J (2013) Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology* 28 (6):999-1023.
- Zavadskas EK, Govindan K, Antucheviciene J, Turskis Z (2016) Hybrid multiple criteria decision-making methods: a review of applications for sustainability issues. *Ekonomika istraživanja* 29 (1):857-887.
- Zeleny M (1998) Multiple criteria decision making: Eight concepts of optimality. *Human Systems Management* 17 (2):97-107.
- Zheng N, Takara K, Yamashiki Y, Tachikawa Y (2009) Assessing vulnerability to regional flood hazard through spatial multi-criteria analysis in the Huaihe River Basin, China. *Annual Journal of Hydraulic Engineering* 53 (2):127-132.
- Zube EH, Sell JL, Taylor JG (1982) Landscape perception: research, application and theory. *Landscape planning* 9 (1):1-33.
- Zurlini G, Girardin P (2008) Introduction to the special issue on "Ecological indicators at multiple scales". *Ecological Indicators* 8 (6):781-782.

ALLEGATI/ANNEXES

PAPERS PUBLISHED IN INTERNATIONAL JOURNALS

- CERRETA M , POLI G (2017) MULTI-FUNCTIONAL LANDSCAPE ASSESSMENT: A HYBRID MULTI-CRITERIA SPATIAL DECISION SUPPORT SYSTEM (MC-SDSS). SUSTAINABILITY 9(8):1311.....I – XVIII
- MELE R, POLI G (2017) THE EFFECTIVENESS OF GEOGRAPHICAL DATA IN MULTI-CRITERIA EVALUATION OF LANDSCAPE SERVICES. DATA 2(1):9.....XIX – XXIX
- CERRETA M , PANARO S , POLI G (2016) A KNOWLEDGE-BASED APPROACH FOR THE IMPLEMENTATION OF A SDSS IN THE PARTENIO REGIONAL PARK (ITALY). IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND ITS APPLICATIONS, 2016. SPRINGER, PP. 111-124.....XXX – XLIV
- CERRETA M , CANNATELLA D , POLI G , SPOSITO S (2015) CLIMATE CHANGE AND TRANSFORMABILITY SCENARIO EVALUATION FOR VENICE (ITALY) PORT-CITY THROUGH ANP METHOD. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND ITS APPLICATIONS, 2015. SPRINGER, PP. 50-63.....XLV – LIX

Article

Landscape Services Assessment: A Hybrid Multi-Criteria Spatial Decision Support System (MC-SDSS)

Maria Cerreta *  and Giuliano Poli

Department of Architecture (DiARC), University of Naples Federico II, 80134 Naples, Italy; giuliano.poli@unina.it

* Correspondence: maria.cerreta@unina.it; Tel.: +39-081-253-8062; Fax: +39-081-253-8649

Received: 29 June 2017; Accepted: 20 July 2017; Published: 27 July 2017

Abstract: This research aims to test a scalable and transferable Geographic Information System (GIS)-based evaluation methodology for the identification, quantification and assessment of multi-functional landscape features. The evaluation of multi-functional features is one of the key tasks required when it comes to identifying the values that people attribute to landscapes, according to the principles of the European Landscape Convention. Mapping the static distribution of Landscape Services (LS) through data-derived estimates and performing spatial composite indicators are fundamental steps in understanding the current state of the Social–Ecological System (SES) of threatened or resilient landscapes. The methodological process is structured in four phases: intelligence (i), design (ii), choice (iii) and outcome (iv), according to the framework of the Multi-Criteria Spatial Decision Support System (MC-SDSS). This process has been implemented in the case study of the National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni (Italy). The weighting of the spatial indicators, which simulates the model of LS-functioning for the study area, derives from an entropy-based method. Such a method, by which the weights are estimated without decisional agents, concerns a key-concept of information entropy theory, whereby the amount of information for each criterion determines its relative importance within a defined set of spatial criteria. The output of the model concerns mapping composite indicators of the LS; this involves the macro-categories of Regulating, Provisioning, and Cultural Services.

Keywords: multi-functional landscape; Landscape Services (LS); Multi-Criteria Spatial Decision Support System (MC-SDSS)

1. Introduction

Since the time of the Industrial Revolution, substantial environmental pressures have affected the landscape, with many of these pressures resulting from human activities and the deep transformations of the Social–Ecological System (SES). These factors characterise the contemporary epoch and have led some authors to define the period as the “Anthropocene Age”: a new human-dominated geological epoch [1,2].

The Anthropocene Model considers the landscape as a complex system and identifies five transforming phases [3–5]. Firstly, technological innovations, anthropological discoveries and strengthened power systems activate the processes of change of the SES by generating gradual but ongoing modifications in the landscape structure. These phenomena characterise the trigger phase of the Anthropocene (i.e., Industrialization). Moreover, the second macro-shift (The Great Acceleration) involves the transformation phase, which is affected by an increasing complexity and great pressures on the social and natural environment. Finally, the Chaos phase involves critical changes in social values, ethics and culture, thus leading to a bifurcation point by which the landscape system follows

two likely scenarios: the breakdown or the breakthrough. While the breakdown generates conflicts or an irreversible loss of resources/values, the breakthrough fosters relationships between the human being and the ecosystem of the urban, rural, semi-natural and natural landscapes, according to a total sustainability perspective [6,7].

After examining the above considerations, it is clear that an understanding of the drivers affecting the meaningful changes to the landscape SES is one of the critical challenges which must be managed when tackling sustainability issues [8]. In Europe, the European Landscape Convention (ELC) [9] made a statement about the fundamental rights of citizens; it aimed to recognise their own landscapes and, consequently, to safeguard the primary resources, services and benefits which the landscapes guarantee for human well-being [10,11].

The ELC addresses a new paradigm which aims to increase the amount of knowledge and the number of conservations relating to the landscape SES. As such, the strong relationship between the landscape's ability to provide goods/services and the human need to preserve the functioning of the ecosystems must be fostered by the citizens and local communities [12,13]. Moreover, the fundamental, and most ambitious, goal of the ELC concerns the improvement of landscape quality as a whole; indeed, this is reflective of citizens' ambitions regarding the identity-related features of their life environment. According to this perspective, the human being is the core subject; his or her ability to investigate the critical features of a landscape, to stimulate changes, and to evaluate a landscape's multi-functional features can be considered one of the driving forces behind identifying the values that people attribute to landscapes [14]. Multi-functional landscapes can be considered as those landscapes which are able to provide multiple functions and values and which focus on the degree of multi-functionality that is affected by the spatial distribution and scale of the geographical features that supply services and benefits for human well-being [15,16]. The consideration of multi-functional landscapes is vital when it comes to developing sustainable landscapes; this allows for the co-existence of compatible and competing uses, and also makes efficient use of limited space and time, produces advantages of synergy, and contributes to the economic vitality and environmental quality of cities, while also developing a wide and lasting support from the different users of their functions [15]. Indeed, multi-functional landscapes should be perceived as tangible mixed natural and cultural interacting systems; the design of sustainable multifunctional landscapes requires transdisciplinary approaches that make full use of the available science and technology, based on a true engagement between scientists, practitioners and professionals involved in land use decision-making [17–19]. While multi-functionality has become a keyword in terms of understanding the sustainability of different landscape types [20–23], considering the SES theory within the evaluation methods of multi-functional landscapes is useful in improving the knowledge of services and their demand on both a local and regional scale [24]. Indeed, Termorshuizen and Opdam (2009) recommended the landscape services (LS) concept as a common ground for a trans-disciplinary study which would be able to link together the main topics of landscape ecology and sustainability. According to the authors, the LS can be seen as a specification of the Ecosystem Services (ES) concept, and landscape multi-functionality can be understood by investigating the spatial configuration of the benefits and services for humans on the scale of the landscape. Moreover, the LS concept, as a multi-dimensional approach in ecological economics which includes ES, enables an evaluation of the structure/function/value chains of the landscapes [3,22].

Moreover, according to [25], the concept of the LS involves the social dimensions of the landscape and the spatial patterns resulting from both natural and human processes in the provision of benefits for human well-being [25]. Thus, knowledge of the dynamics of the landscape must interact with the values linked to the planning of new landscape patterns and functional changes. The inclusion of landscape and ecosystem services in the decision-making process makes it possible to reduce the loss of the natural capital by considering the public and private benefits which the ecosystems produce for human well-being [26,27].

The application field of the principles of the ELC is very wide, as it encompasses many landscape types (i.e., natural, semi-natural, urban and peri-urban landscapes), and, likewise, many categories of landscapes, according to their outstanding features, ordinary nature or weaknesses. Thus, the ELC's principles address a new way of understanding and safeguarding the landscape SES. Nevertheless, it is essential to explore a common framework involving a set of consistent variables to be considered in data gathering, landscape modelling, and the evaluation and analysis of findings related to SES sustainability [8].

Landscape Sustainability Science (LSS) is an interesting attempt to outline a pathway whereby the varied and sometimes conflicting thinking about landscape sustainability can converge and cooperate. The LSS aims to depict a time-history of the sustainability concept and models, by offering a new trans-disciplinary and multi-dimensional framework which includes landscape ecology [3]. When faced with landscapes as complex systems which change and evolve dynamically, the problem-solving process must be as broad and exploratory as possible [13]. According to [28], the target of sustainability refers to the types, values and practices that affect divergent landscapes; e.g., natural or cultural, traditional or contemporary, spectacular or ordinary landscapes [28]. A holistic approach which considers multi-functional landscapes from the perspective of the total human ecosystem, with both material-physical and immaterial-symbolic realities and culture-nature interactions, is the basis of the landscape definition put forth by the ELC [29,30]. For this reason, an integrated and cross-scale approach to the LSS must be investigated in order to address the multi-dimensional issues related to a more specific framework by operationalising the ELC's recommendations.

According to the ELC, there remains a need for an "objective evaluation" of landscape values, using quantitative methods; indeed, this is an open field of research, since it encompasses many variables which must be considered; i.e., temporal dynamics, the scale dependence of the data, the 3-D differences and the different perceptions of landscape observers [31].

As one of the most recent theories, the LSS has the advantage of integrating the concepts of sustainability, resilience and well-being into a wider framework, which makes it possible to produce a place-based and trans-disciplinary study about the landscape, on both a broader and finer scale, through spatially explicit methods [3]. Conversely, the downside of this holistic theory likely relates to the extreme complexity of a practical application in the decision-making processes, due to the different languages of the disciplines involved and, most importantly, the multi-sectorial issues which exponentially increase the number of variables to be considered. Concurrently, the LSS is a very general concept which is not easily implemented in practice [28]. In order to avoid these drawbacks, a defined area of interest within landscape research must be highlighted by tailoring it according to the main objectives of environmental analysis and planning.

Definitively, the gradual integration of landscape ecology into a new scientific paradigm, based on ecosystem goods/services and characterised by an anthropocentric focus, is one way of connecting disciplines when facing the sustainability debate [32,33].

Lastly, the increasing complexity of contemporary landscapes and, concurrently, the multiple parameters and indicators to be considered in the decisional processes lead to the rising need for consistent and reliable estimates. Indeed, some authors have stated that robustness is one of the most important qualities to be guaranteed when making estimates [34]. Moreover, an enhancement of spatially explicit and multi-criteria methods should be prioritised within multi-functional landscape (ML) evaluations [24,35].

According to the above-mentioned considerations, the main topic of this paper focuses on a GIS-based evaluation methodology for the incorporation of the LS approach into landscape planning and environmental management. The purpose of the research is to formulate a scalable and transferable GIS-based method for the quantification and evaluation of the LS. The following open questions motivate the research:

1. How can the landscapes' intangible/non-monetary values be evaluated?

2. How many levels of the LS must be considered, and which are the effective methods for their classification?
3. Which are the opportunities and weaknesses related to using a GIS-based methodology for the LS evaluation?
4. How does the multi-criteria hybrid approach facilitate the assessment of the LS?
5. How does the LS approach aid the decision-making process in landscape management and planning?

These questions constitute the general drivers of the proposed approach. Nevertheless, it is not the authors' intention to answer them systematically, because each question opens up fields of research which have been widely reviewed in the literature. Instead, this paper will attempt to formulate a methodology with which to map the "static distributions" of the LS with data-derived estimates [36]. The Landscape Services Indicators (LSI) will be treated as the proxy-criteria, which simulate the current state of the services, while the spatial composite indicators will be created by aggregating the LSI using multi-criteria combinatorial rules [37,38]. The research will aim to explore the main theories and mapping approaches linked to the concept of the LS/ES and will provide a general framework for the visualisation of the relationships between the LS classes and well-being dimensions, according to the Millennium Ecosystem Assessment [11].

The paper highlights a spatially explicit methodology for LS evaluation through the integration of multi-criteria techniques and the landscape metrics (LM) approach; this involves experimenting with a hybrid multi-criteria approach [39] which is able to provide the composite indicator mapping of the LS, in order to support the decision-making process, and address sustainable strategies for the selected focus area. The expected results will provide the composite indicator mapping of the LS for the categories of regulating services (RS), provisioning services (PS) and cultural services (CS). The second section outlines the tools and methods utilised within the evaluation process, while the third section introduces a case study. The fourth section summarises the application of the methodology for the case study by highlighting the results. The fifth section discusses the conclusions, limitations and future directions of the research.

2. Materials and Methods

According to [24], the three main approaches to the evaluation of the LS are the following: spatially explicit assessment (i), landscape approach (ii) and (iii) spatial multi-criteria analysis [24]. The first method (i) implies data-gathering and modelling in order to generate a landscape representation model through spatial indicators and indices. Moreover, mapping the LS highlights spatial patterns and relationships among services at a cross-scale level, and makes it possible to identify benefiting populations and to improve the evaluation process by addressing planning and decision-making [24,40].

The landscape approach (ii) investigates the relationships between landscape features, structures, functions, and the capacity to produce LS/ES. The method utilises land use/land cover (LULC) as representatives of the physical and social processes across the landscape; indeed, this requires spatially explicit indicators of the LS. The weighting phase of landscape values can be achieved through expert-led evaluation, deliberative approaches, or by modelling the relationships between the ecological process and the LULC pattern. Since the landscape approach focuses on individual indicators, the Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA) approach (iii) allows for the combining of indicators, in order to produce a multi-dimensional mapping of the LS. In this study, a value-based method, by which the suitable scenarios originated from the values assigned to spatially explicit criteria, was implemented [41–43].

The proposed methodology integrates the above-mentioned approaches by enhancing the third (iii) with hybrid multi-criteria methods during the weighting of the indicators and the overall mapping phases. Since the LS/ES are sensitive to different scale and evaluation methods, the operative steps involve multi-criteria procedures and landscape modelling techniques in order to provide

multi-level composite indicators. The Landscape Services Indicators (LSI) simulate the landscape model for the focus area in the GIS environment by representing the multi-dimensional issues of the analysed landscape. According to the framework of the Multi-Criteria Spatial Decision Support System (MC-SDSS), the proposed methodology for the multi-functional landscape evaluation follows four main steps [44,45]: intelligence (i), design (ii), choice (iii) and outcome (iv) (Figure 1).

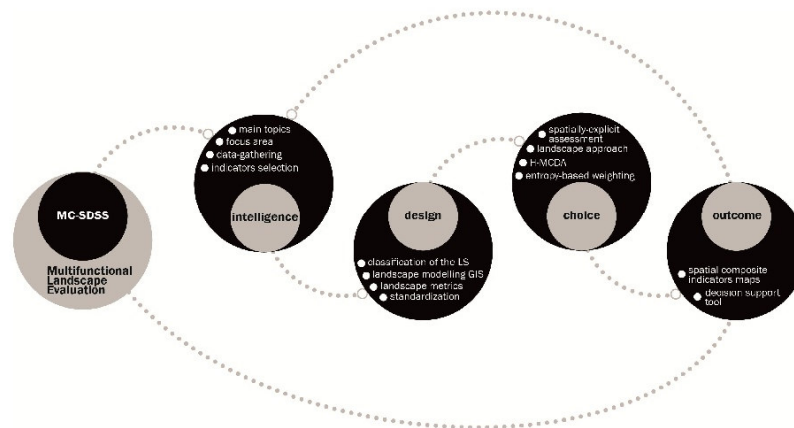


Figure 1. The methodological framework of the Multi-Criteria Spatial Decision Support System (MC-SDSS) for the multi-functional landscape evaluation.

The intelligence phase (i) involves problem-structuring through the identification of the main topics affecting the landscape dynamics and the selection of the spatial criteria representing multi-dimensional issues. During this phase, the boundaries and the scale of the focus area are chosen according to certain pre-defined criteria. The data-gathering aids in improving knowledge of the territory, while data-availability and affordability will affect the decisional process and the analysis outcomes.

The design phase (ii) relates to data processing and classification, according to the categories of the landscape services that are relevant to the focus area. The landscape representation model is provided by way of the landscape metrics approach, and a statistical surface of analysis is chosen in order to make the results obtained through the spatial multi-criteria procedure coherent and more homogeneous. Moreover, the analysis distances are relevant parameters affecting the results, and choosing them accurately is a priority for the operative steps in GIS.

The choice phase (iii) represents the core process, as it involves the choice of the multi-criteria method and weighting procedures in order to evaluate the spatial criteria. This crucial step involves the normalisation of the indicators according to the preference directions for each spatial criterion. In this research, an entropy-based weighting method is implemented in order to provide objective weights for the indicators. Thus, the values of the LS indicators are combined on the statistical surface of analysis with the Weighted Linear Combination (WLC), according to [41].

The outcome phase (iv) provides the results of the evaluation process. The composite indicators of the LS are the normalised indices that represent the effective quantification of the services for the focus area. LS-mapping is a useful tool for the Decision-Makers (DM) operating on the regional scale, as it is able to visualise the multi-dimensional landscape features in order to generate a spatial reference for strategic sustainability.

Specifically, the design phase provided a landscape description/evaluation model by choosing a regular grid-based sampling method and by setting a homogeneous statistical surface with a Minimum Mapping Unit (MMU) specific to the focus area [46,47]. A regular grid-square of 1 Km² per cell was chosen as the homogeneous surface of the analysis for three main reasons:

- The dimension of the cells matches better with the geographical structure of the landscape, as it intercepts 5/21 LULC classes as the maximum of diversity per cell;
- The size of the study area involves a regional scale, and the reference for LULC mapping is the Corine land cover project at scale 1:100.000, with a Minimum Mapping Unit (MMU) of 25 Hectares. This dimension can easily be nested into the chosen cell dimension;
- The MMU is consistent with other environmental studies using grid-based analysis [46].

Since the indicators' values have a different unit of measurement, data normalisation is essential. Hence, the normalisation made it possible to range data into a 0–100 interval and to set the preference directions of the indicators according to the linear Formulas (1) and (2):

$$I_{i,k} = \frac{\max_i\{a_{ik}\} - a_{ik}}{\max_i\{a_{ik}\} - \min_i\{a_{ik}\}} \quad (1)$$

For the criterion to be minimised.

$$I_{i,k} = \frac{a_{ik} - \min_i\{a_{ik}\}}{\max_i\{a_{ik}\} - \min_i\{a_{ik}\}} \quad (2)$$

For the criterion to be maximised. Where a_{ik} is the indicator value per cell and $I_{i,k}$ is the normalised indicator.

The choice phase involved a hybrid multi-criteria approach that produced a ranking order of the spatial indicators depending on the importance of each criterion. The hybridisation is aimed at solving two tasks concurrently; namely, determining spatial criteria weights/values and combining them with the multi-attribute value function per grid-square cell [48]. The output of the evaluation process produced the normalised index of the LS using a WLC, according to the formula below (3):

$$LSI_{(i)} = \sum_{j=1}^n w_j \times V(x_{i,j}) \quad (3)$$

where w_j is the global weight of each indicator and $V(x_{i,j})$ are the normalised indicator values.

The indicators' weightings were estimated without decisional agents by applying a key concept of information entropy theory [49], whereby the amount of information per each criterion determines its relative importance within a defined set of spatial criteria.

These weights can be implemented using the experts' preferences according to a two-fold weighting system. The entropy-based weighting provides the outcomes using the Formulas (4)–(6) [41,50]:

$$E_k = -\frac{\sum_{i=1}^m p_{ik} \ln(p_{ik})}{\ln(m)} \quad (4)$$

$$P_{ik} = \frac{a_{ik}}{\sum_{i=1}^m a_{ik}} \quad (5)$$

$$W_{E_k} = \frac{1 - E_k}{\sum_{k=1}^n (1 - E_k)} \quad (6)$$

where:

E_k is the entropy, expressed as the amount of information for each indicator;

p_{ik} is the ratio of the normalised value a_{ik} to the sum of them for the indicator k ;

W_{E_k} is the entropy-based criterion weight.

The operative steps of the design and choice phase were performed using spatial analysis tools and Python 4.0 for ArcGIS Desktop 10.3 respectively.

The amount of information and the spatial distribution of the data affect the entropy-weights as long as the unbalanced results make it possible to objectively review the effectiveness of the indicators.

During the outcome phase, the application of the method provided objective weights that could be combined with the stakeholders' preferences according to a two-fold weighting system within the WLC. The normalised composite maps of the LS are the outcomes of the evaluation process.

3. The Case Study: The National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni Multi-Functional Landscape

According to the European Union, the Commission Regulation No.1319/2013 establishes a common classification of territorial units for statistics (Nomenclature d'Unités Territoriales Statistiques or Nomenclature of Territorial Statistical Units–NUTS) with the aim of collecting, compiling and disseminating harmonised regional statistics in the Union [51]. The Italian regulation sets three levels of territorial units for governance, which correspond to the States (NUTS1), the Region (NUTS2) and the Municipalities (NUTS3). The focus area of the case study is located in the Campania Region (Italy) (NUTS 2) and includes 95 municipalities around the National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni (CNP) in Salerno Province (NUTS 3). The focus area covers approximately 3220.9 Km², and 267.379 inhabitants live within the overall area, with a coastal zone population density higher than that of the internal zones. The CNP extends for 1781.8 Km and includes 1930.3 Km² of Natura 2000 sites (Figure 2).

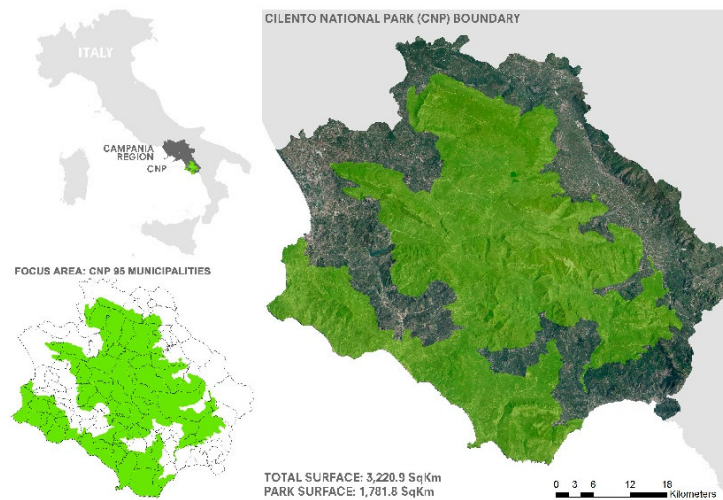


Figure 2. The focus area: The National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni.

The 95 municipalities of the focus area were classified and selected by considering the following criteria:

- The relative closeness to the Park boundaries or the inclusion within these boundaries;
- The presence of a site of community importance (SCI) or an important bird area (IBA), according to the Natura 2000 network;

- The relationships between stakeholders, socio-cultural organisations and citizens living around the Park.

Although there are multi-dimensional issues concerning the focus area, nevertheless, the most critical issue is related to the decrease in inhabitants, which is a phenomenon mostly affecting the internal municipalities (Figure 3).

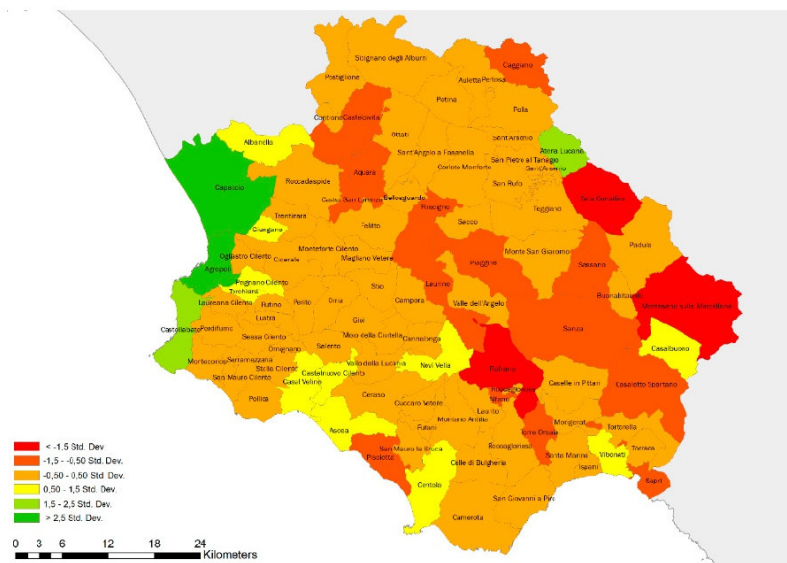


Figure 3. Population growth rate in the years 2001–2011.

On the one hand, the unbalanced distribution of the population generates an economic and environmental trade-off by reducing job opportunities and the ability for households to self-support in the internal area. However, on the other hand, the carrying capacity of the seaside exceeds in the summer season. From this perspective, the landscape services approach could be the correct way in which to preserve the natural area and to enhance development through the identification of the cultural ecosystem services in order to define a sustainability strategy. Moreover, the inclusion of LS/ES approach within the spatial planning aids in making explicit the services and, consequently, in fostering the dialogue about the trade-offs between the socio-economic and ecological dimensions of the plans at the landscape scale [52]. A spatial dataset of 14 indicators which identified three macro-categories of landscape services—including Provisioning, Regulating and Cultural Services—was categorised into five classes related to nutrition, entrepreneurship, regulation of the physical environment, enjoyment and personal fulfilment. This was carried out according to a selection of place-based data and indicators (Table 1). Table 1 presents functions (first level), classes (second level), indicators and related entropy weight, as well as an identification code for each indicator.

The main classification follows the common international classification of ecosystem services (CICES) [53] by adopting the concept of landscape services in order to consider a wider framework, which includes landscape social dimensions and spatial patterns transformed by both natural and anthropic processes [25,28,54]. Nevertheless, the proposed classification aims to include new classes of services not previously considered in the main ES classification framework (e.g., entrepreneurship

class). Indeed, according to Bastian et al. (2014), both concepts, ES and LS, are useful, depending on the specific situation [55].

Table 1. The structure of the spatial indicators of the landscape services (LS) and their entropy-based weights.

Function I Level	Class II Level	Indicator	Entropy Weight	Code
Provisioning	General framework	Provisioning services index	0.8280	P1
	Nutrition	Percentage of farmland	0.0373	P2
	Entrepreneurship	Density index of the local products firms in 1 km	0.1345	P3
Regulating	General framework	Ecological integrity index	0.6505	R1
		Regulating services index	0.2596	R2
	Regulation of physical environment	Surface of natural reservoir (ZPS and SIC)	0.0217	R3
		Surface of Important Bird Areas (IBA)	0.0680	R4
Cultural	Enjoyment	Density index of accessibility to panoramic points in 1 km	0.0002	C1
		Density index of accessibility to scenic road in 1 km	0.0743	C2
		Density index of accessibility to naturalistic pathways in 1 km	0.1893	C3
	Personal fulfilment	Density index of accessibility to geosites in 5 km	0.0066	C4
		Density index of accessibility to historical built assets in 5 Km	0.0222	C5
		Percentage of archaeological sites	0.0402	C6
General framework	Cultural services index	0.6674	C7	

The selection of the indicators was performed according to the literature review, data availability and knowledge of the most relevant topics defined during the intelligence phase of the model. Moreover, the critical issue in the classification was that ES referred to ecosystems, while LS denoted landscape elements or types [56]. The indicators of the spatial dataset belong to the LS category, except for the four indices of the general framework put forth by [57] (P1, R1, R2 and C7 indicators) and the classes of the regulating services category, which refer to ES functions.

The Provisioning Services (PS) supply the fundamentals to satisfy material human needs; i.e., food, energy and water. They are linked both to natural resources fostering local productive activities and spaces where these activities subsist. The PS was divided into two classes:

- The nutrition class, which encompasses all the minimum resources, generalised by the LULC mapping, for human survival;
- The entrepreneurship class, which includes the local firms using the natural resource to produce economic and job opportunities. The study provides three indicators that simulate the above-mentioned classes.

The Regulating Services (RS) convey the adaptive capacity of the landscapes and the preservation of their special features in order to ensure the existence of these resources for future generations. The regulation of the spatial structures, which guarantees these types of services, is strictly linked with several services affecting the cultural and informative dimensions of the landscape. The RS are generalised in the class of the “regulation of the physical structures”, which depicts the network of the protected areas.

The Cultural Services (CS) focus on the intangible values that people obtain from the landscape. The problem of evaluating this class of values was generalised by using proxy-criteria that represent physical landscape elements expressing aesthetic, recreational, spiritual, social and informative values linked to the human–natural ecosystems. The landscape metric (LM) depicting the CS is the density metric, as it offers the opportunity to detect clusters of services in the territory.

According to the information gathered to form the spatial dataset, the CNP could be conceived as multi-functional green infrastructure (MGI), as it is able to generate economic productivity through ecotourism and the local firms, and social cohesion as a place-marker for a sustainable community; in addition to this, it also fosters the provisioning of ecological services; e.g., climate change regulation and adaptation. Nevertheless, the landscape must be managed according to a sustainable strategy that is able to preserve primary resources and services by improving the economic development of the territories simultaneously.

It is clear that the consideration of the landscape and ecosystem services by way of their functions and goods is a useful approach in identifying and quantifying benefits for human beings, as well as the full cost of their loss; indeed, this makes it possible to engage the stakeholders and local communities in a constructive and educational dialogue [54,58].

4. Results

The selected spatial indicators (Table 1) were processed using the theory-driven approach and spatial analysis tools. Specifically, the indicators P1, R1, R2 and C7 were implemented through the transferable methodology applied in [57]; this consisted of an expert-led rating of the LULC classes of the Corine land cover according to their capacity to provide ecosystem services [57,59,60].

Table 2. The statistical parameters of the raw data and the standardised values.

Code	Mean	Max	Min	St.Dev.	Unit of Measure	Preference Direction	Standardised Values	
							Mean	St. Dev.
P1	3.77	11.69	0.00	3.43	Number	+	50.99	20.18
P2	5.08	99.97	0.00	14.02	Percentage	+	8.01	16.94
P3	0.54	6.00	0.00	1.06	Number	+	14.38	20.42
R1	3.26	7.26	0.00	2.84	Number	+	73.05	21.13
R2	4.76	15.06	0.00	5.24	Number	+	51.41	30.86
R3	27.11	281.04	0.01	60.33	Km ²	+	7.13	9.93
R4	130.04	343.39	0.87	147.40	Km ²	+	19.08	38.07
C1	7.42	997.13	0.00	73.50	Meters	–	0.45	5.10
C2	91.74	999.11	0.00	225.88	Meters	–	10.70	25.00
C3	174.84	997.62	0.00	279.67	Meters	–	22.62	32.94
C4	14.55	4594.7	0.00	173.69	Meters	–	1.43	11.14
C5	25.51	4652.95	0.00	192.42	Meters	–	4.43	19.66
C6	4.53	100.00	0.00	19.48	Percentage	+	4.53	19.48
C7	3.32	9.17	0.00	3.34	Number	+	36.24	36.42

According to [57], it is useful to employ experimental tools for the quantification of multiple ecosystem services and landscape modelling. Hence, the methodology was improved by allocating the weights for each percentage of the LULC classes per cell, in order to experiment with “an additional spatial subdivision in services providing units” [57].

Moreover, the subdivision of the cells is aimed at reducing the modifiable areal unit problem (MAUP) for certain kinds of data [61]; this also makes it possible to more accurately represent the proportion of the LULC per cell with its relative services/benefits.

Table 2 shows the statistical parameters of the raw data by visualising the max-min value range, the mean and the standard deviation. The standard deviation makes it possible to understand the dispersion range of the data population, in order to identify the clustering of events.

Moreover, Table 2 displays the different units of measurement of the indicators and their preference directions. There are relevant differences between the data of each indicator, with a maximum spread of values for the indicators C2–C5; in contrast, there is a more concentrated pattern for indicator P3, representing the minimum value of standard deviation. The standardisation procedure makes it possible to place the intermediate values in the range 5.10–38.07 (Table 2).

Each service-class is linked to the well-being dimensions theorised by the Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), as shown in Table 3.

Table 3. Relationships among classes of services and well-being dimensions on the landscape scale.

Function	Services Class	Code	Well-Being Dimensions	Description (MEA 2005)
Provisioning	Nutrition	P2	Material minimum for a good life	Ability to access resources to earn income and gain a livelihood
	Entrepreneurship	P3		
Regulating	Regulation of physical environment	R3	Security	Ability to live in an environmentally clean and safe shelter
		R4		Ability to reduce vulnerability to ecological shock and stress
Cultural	Enjoyment	C1	Good social relations	Opportunity to express aesthetic and recreational values associated with ecosystems
		C2		Opportunity to express spiritual and cultural values associated with ecosystems
	C3	Opportunity to observe, study and learn about the ecosystem		
	C4			
	Personal fulfilment	C5		
		C6		

Specifically, the PS category includes the material resources the people need to sustain and gain productivity. Such resources are vital when it comes to earning household income, as the percentage of farmland (P2) and the firms of local products (P3) constitute a relevant form of income to be enhanced. The RS category affects the security of the life environment, as it is able to protect the landscape against climate change acceleration and air pollution. Hence, the regulation of the protected areas ensures the safeguarding of the environmental functions of the natural areas, which in turn fulfils the goal of vulnerability reduction. Lastly, the CS category affects the enjoyment and the personal fulfilment of the people by fostering the opportunity to benefit from aesthetic, recreational, spiritual and cultural values, and to improve the scientific learning and knowledge of the landscape. The accessibility of recreational activities and cultural heritage is a relevant measure by which to understand the spatial distribution of cultural values in the examined landscape.

The achieved results provide a selection of the LS indicators, according to three identified functions (Table 1).

The Provisioning Services Index reaches its highest values for the protected areas of the Park, as these zones provide regulation of ecosystem functions through their positive contribution to climate change and air pollution (Figure 4).

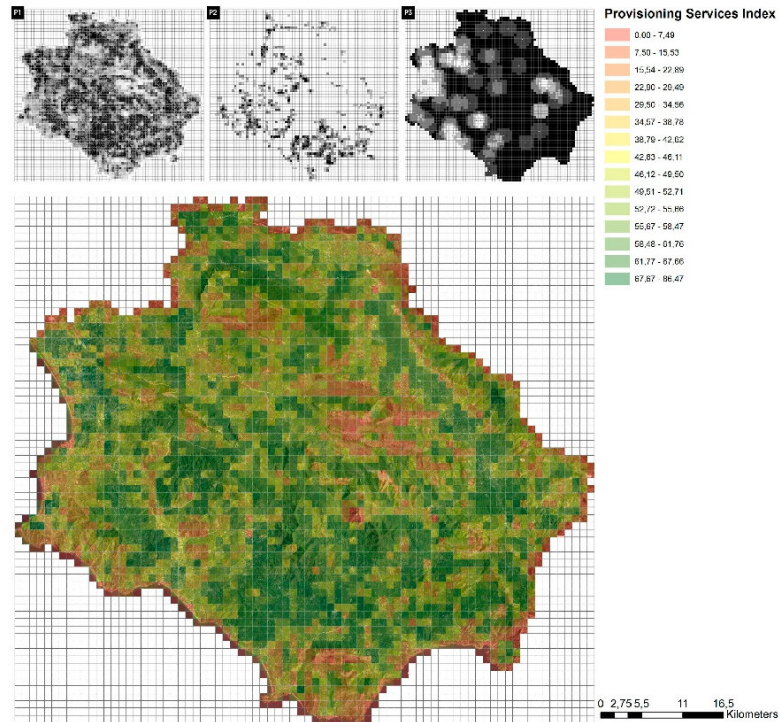


Figure 4. The spatial indicators of the Provisioning Services and the Provisioning Services Composite Index.

In contrast, the Regulating Services Index highlights the spatial distribution of the RS that aggregate the LULC rating of the expert-led methodology [57], the percentage of farmland, and the density of the local products firms. The map shows a scattered distribution of these services, with high values for the west coastal zones and internal areas, within which agriculture and production are most developed (Figure 5).

The Cultural Services Index is scattered, with high values per cell in the internal areas and in the archaeological zones located on the west coast (Figure 6). The results confirm the importance of the informative and scientific value of the nature, related to the accessibility of the physical resources. These data should be validated through finer spatial information by including the landscape perceptions of the citizens and immaterial cultural values.

The expert-led rating performed for indicators P1, R1, R2 and C7 most affected the analysis results, as a rich pattern variability and an overall coverage for the focus area increased the amount of information. Nevertheless, such indicators are useful as they can fill the gap of data scarcity for the focus area. Further weightings will make it possible to balance the objective weights of these indicators with the decision-makers' preferences, or a new calibration will lead to their exclusion from the dataset.

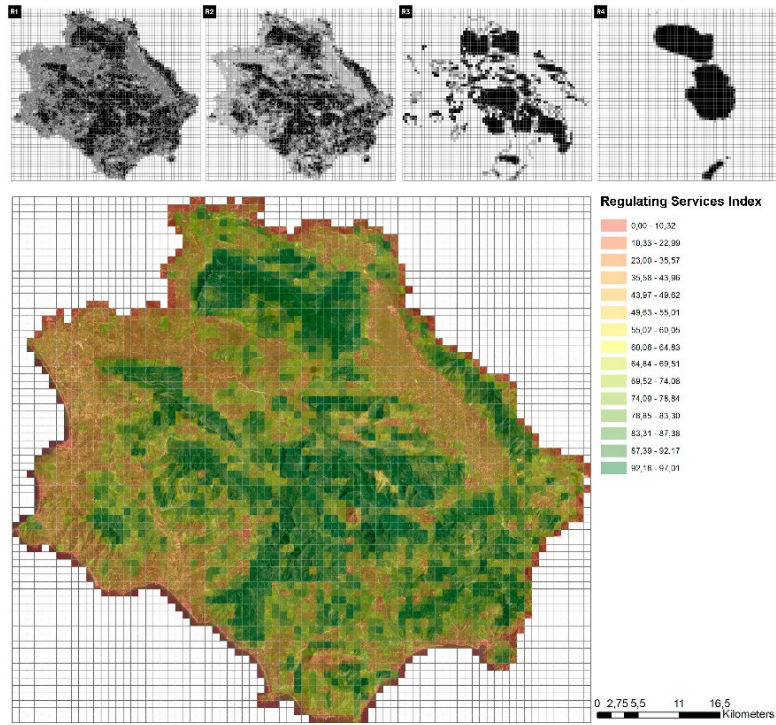


Figure 5. The spatial indicators of the Regulating Services and the Regulating Services Composite Index.

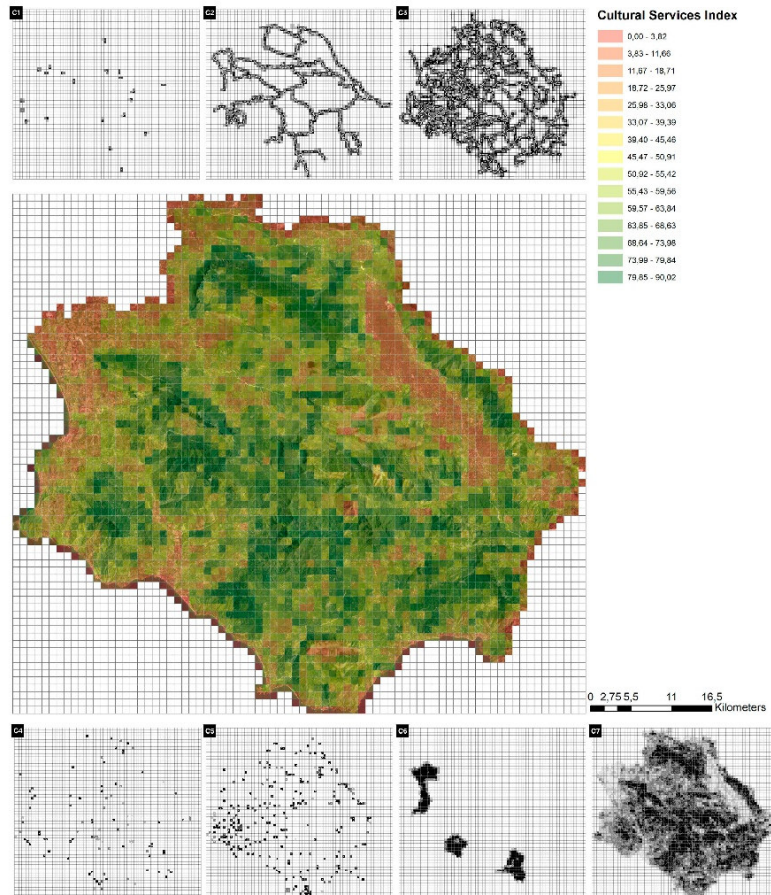


Figure 6. The spatial indicators of the Cultural Services and the Cultural Services Composite Index.

5. Discussion and Conclusions

The categorization of services makes it possible to understand the spatial distribution of the benefits, in order to set tailored strategies by considering the landscape features and the composite index value per cell. The LS mapping, as a spatially explicit information source, aids the decision-makers' attempts to understand and analyse the landscape's complex systems and their relationships.

Although the generalisation process can lead to a mismatch between the MMUs and the real world, it is useful to provide a wider framework for planning and environmental evaluations. Refining the results implies finding information on a deeper scale by shifting from the regional to the urban scale. Since the spatial data and indicators are scale-dependent, it must be noted that different analysis distances and data resolution lead to completely different outcomes. Hence, the choice of the statistical

surface and the scale of the model must be fixed ahead of time, so as to set a precedent. Nevertheless, the choice of the regular shape-grid fosters the opportunity to perform the analysis on a smaller scale, by decomposing the mapping unit into nested cells without losing the spatial reference. Indeed, this is useful for comparing the results both on coarser and finer scales. The main purpose of the present paper is to test a methodology for multi-functional landscape evaluation.

There are clear limitations involving spatial analysis issues, the choice of indicators and the features of the considered LS. It is crucial to point out these issues in order to further develop the research. First, it must be noted that the computational errors due to the edge effects at the boundaries of the focus area [61] negatively affect the analysis results at the border cells; indeed, the values of the composite indicators at the borders must be considered false for the case study. This problem can be solved by extending the analysis boundaries beyond the interest area. Another limitation of the proposed model concerns the exclusion of the LS dynamics in time and space. Such a static model should evolve into a dynamic model, including time-series data; this would make it possible to understand the land cover changes that affect the LS provisioning. As the model does not consider the stakeholders' preferences, it must be improved by combining the entropy-based weights with the subjective weights expressed by the stakeholders in order to produce different scenarios for the LS assessment. Lastly, it is necessary to integrate information about the beneficiaries of the services into the spatial evaluation process; this can be achieved by applying new landscape metrics to the model.

The benefits of the proposed methodology relate to the objective analytical procedure, which aims to highlight the richness and the relevance of the information provided by the indicators; it also presents a chance to exclude the non-relevant indicators with low weights. Moreover, the evaluation process with spatially explicit data and mapping offers a high potential in terms of the communication and visualisation of the results during the decision-making process; it does this by generating a comprehensive picture of the landscape spatial pattern and its multi-functional features.

Lastly, the entropy-based weighting is a multi-criteria ranking method that provides "objective weights" to the spatial criteria. Combining the entropy weights with the expert preferences through a two-fold weighting system makes it possible to balance the objective and subjective dimensions of the selected indicators, thus increasing the number of opportunities to model the dynamical relationships between the social and environmental components, representing human–environment interactions and the cross-scale dynamics of the landscape, which are increasingly demanded as part of the evidence base for making appropriate management decisions [62,63], addressing some of the different questions and challenges posed by the Anthropocene approach.

In conclusion, the choice of the service categories to be measured is bound by the information availability for the examined landscape. Some methods and tools try to solve the issue of missing data; e.g., on-field sampling, which is generally time consuming and expensive, or volunteered geographic information (VGI) systems. The proposed framework attempts to categorise data and produce spatial indicators according to their capacity, so as to simulate the performance of the landscape in supplying services. Indeed, the intelligence phase of the model is crucial, as it includes data gathering, which will affect the following phases and outcomes of the evaluation. Nevertheless, the holistic nature of the framework makes it possible to generate feedback loops and improve the amount and quality of information and indicators by applying the above-mentioned or new methods. Obviously, the framework does not overestimate its capacity to produce cross-scale indicators, but instead suggests a way to build knowledge according to the available spatial information. Thus, different locations and analysis scales will affect, inevitably, the classification of services and the outputs of the model, but they do not alter the main steps of the methodology.

The three main obtained indexes (provisioning services composite index, regulating services composite index, and the cultural services composite index) describe an interesting interpretation of the CNP landscape and identify the common areas where the enhancement process could be activated, combining sustainable use and development. The framework of the multi-functional landscape enables the comprehension and evaluation of the different and mutual interrelations that influence land use

and landscape functions, while a hybrid multi-criteria spatial decision support system (MC-SDSS) attempts to operationalise different needs: the development of adaptive approaches in landscape research, which is able to consider the interactions among landscape modifications, landscape patterns and landscape functions; and the implementation of interdisciplinary methodologies to identify and assess the processes which are able to select spatial indicators and combine objective and subjective weights. The multi-functional landscape perspective becomes a suitable context in which to test how to select landscape enhancement strategies and to cooperate for the “Anthropocene breakthrough”, thus improving the relationships between the human being and the landscape ecosystem according to a total sustainability approach.

Acknowledgments: The study has been developed starting with the results of the research project “Cilento Labscape: An integrated model for the Living Lab activation in the National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni”, F.A.R.O. (Finanziamento per l’Avvio di Ricerche Originali) Programme. The study is part of the PhD thesis of Giuliano Poli. The authors thank prof. Cristian Ioja, Department of Regional Geography, University of Bucharest, and its research team for their interesting suggestions.

Author Contributions: The authors jointly conceived and developed the approach and decided on the overall objective and structure of the paper; Giuliano Poli elaborated on and performed the analysis and the evaluations; both authors contributed to the writing of the paper and have read and approved the final version.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Lewis, S.L.; Maslin, M.A. Defining the anthropocene. *Nature* **2015**, *519*, 171–180. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Waters, C.N.; Zalasiewicz, J.A.; Williams, M.; Ellis, M.A.; Snelling, A.M. *Stratigraphical Basis for the Anthropocene*; GSL: London, UK, 2014.
- Wu, J. Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecol.* **2013**, *28*, 999–1023. [[CrossRef](#)]
- Vince, G. An epoch debate. *Science* **2011**, *334*, 32–37. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Steffen, W.; Persson, Å.; Deutsch, L.; Zalasiewicz, J.; Williams, M.; Richardson, K.; Crumley, C.; Crutzen, P.; Folke, C.; Gordon, L. The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *AMBIO: J. Hum. Environ.* **2011**, *40*, 739–761. [[CrossRef](#)]
- Naveh, Z. Transdisciplinary challenges for sustainable management of Mediterranean landscapes in the global information society. *Landscape Online* **2009**, *14*, 1–14. [[CrossRef](#)]
- Laszlo, E. *Quantum Shift in the Global Brain: How the New Scientific Reality Can Change Us and Our World*; Inner Traditions/Bear & Co.: Rochester, VT, USA, 2008.
- Ostrom, E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* **2009**, *325*, 419–422. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Council of Europe (CdE). *Eur. Landscape Conv.* Florence, 20.X.2000. European Treaty Series—No. 176. Available online: <http://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/176> (accessed on 20 June 2017).
- Bernetti, I. *Strumenti Metodologici Per La Gestione Del Paesaggio neLla Pianificazione Territoriale. XXXVI Incontro di Studio Ce.S.E.T.*; Firenze University Press: Florence, Italy, 2007.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). *Ecosystems and Human Well-Being*; Island Press: Washington, DC, USA, 2005.
- Antrop, M. The language of landscape ecologists and planners: A comparative content analysis of concepts used in landscape ecology. *Landscape Urban Plan.* **2001**, *55*, 163–173. [[CrossRef](#)]
- Gallopin, G.C.; Funtowicz, S.; O’Connor, M.; Ravetz, J. Science for the twenty-first century: From social contract to the scientific core. *Int. Soc. Sci. J.* **2001**, *53*, 219–229. [[CrossRef](#)]
- Cerreta, M.; Panaro, S. From perceived values to shared values: A multi-stakeholder spatial decision analysis (M-SSDA) for resilient landscapes. *Sustainability* **2017**, *9*, 1113. [[CrossRef](#)]
- Kato, S.; Ahern, J. Multifunctional landscapes as a basis for sustainable landscape development. *J. Jap. Inst. Landscape Archit.* **2009**, *72*, 799–804. [[CrossRef](#)]
- Rodenburg, C.A.; Nijkamp, P. Multifunctional land use in the city: A typological overview. *Built Environ.* **2004**, *30*, 274–288. [[CrossRef](#)]

17. Helming, K.; Wiggering, H. *Sustainable Development of Multifunctional Landscapes*; Springer: Berlin, Germany, 2010.
18. Mander, Ü.; Wiggering, H.; Helming, K. *Multifunctional Land Use. Meeting Future Demands for Landscape Goods and Services*; Springer: Berlin, Germany, 2007.
19. Naveh, Z. Landscape ecology and sustainability. *Landscape Ecol.* **2007**, *22*, 1437–1440. [[CrossRef](#)]
20. O'Farrell, P.J.; Anderson, P.M. Sustainable multifunctional landscapes: A review to implementation. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* **2010**, *2*, 59–65. [[CrossRef](#)]
21. Lovell, S.T.; Johnston, D.M. Creating multifunctional landscapes: How can the field of ecology inform the design of the landscape? *Front. Ecol. Environ.* **2009**, *7*, 212–220. [[CrossRef](#)]
22. Termorshuizen, J.W.; Opdam, P. Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. *Landscape Ecol.* **2009**, *24*, 1037–1052. [[CrossRef](#)]
23. D'Auria, A. City networks and sustainability—The role of knowledge and of cultural heritage in globalization. *Int. J. Sustain. High. Educ.* **2001**, *2*, 38–47. [[CrossRef](#)]
24. Haase, D.; Larondelle, N.; Andersson, E.; Artmann, M.; Borgström, S.; Breuste, J.; Gomez-Baggethun, E.; Gren, Å.; Hamstead, Z.; Hansen, R. A quantitative review of urban ecosystem service assessments: Concepts, models, and implementation. *Ambio* **2014**, *43*, 413–433. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Vallés-Planells, M.; Galiana, F.; Van Eetvelde, V. A classification of landscape services to support local landscape planning. *Ecol. Soc.* **2014**, *19*, 44–56. [[CrossRef](#)]
26. Daily, G.C.; Polasky, S.; Goldstein, J.; Kareiva, P.M.; Mooney, H.A.; Pejchar, L.; Ricketts, T.H.; Salzman, J.; Shallenberger, R. Ecosystem services in decision making: Time to deliver. *Front. Ecol. Environ.* **2009**, *7*, 21–28. [[CrossRef](#)]
27. Costanza, R.; d'Arge, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.V.; Paruelo, J. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **1997**, *387*, 253–260. [[CrossRef](#)]
28. Antrop, M. Sustainable landscapes: Contradiction, fiction or utopia? *Landscape Urban Plan.* **2006**, *75*, 187–197. [[CrossRef](#)]
29. Naveh, Z. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. *Landscape Urban Plan.* **2001**, *57*, 269–284. [[CrossRef](#)]
30. Naveh, Z. Interactions of landscapes and cultures. *Landscape Urban Plan.* **1995**, *32*, 43–54. [[CrossRef](#)]
31. Li, X.; Mander, Ü. Future options in landscape ecology: Development and research. *Prog. Phys. Geogr.* **2009**, *33*, 31–48.
32. Bocanet, A.; Ponsiglione, C. Balancing exploration and exploitation in complex environments. *Vine* **2012**, *42*, 15–35. [[CrossRef](#)]
33. Potschin, M.; Haines-Young, R. "Rio+ 10", sustainability science and Landscape Ecology. *Landscape Urban Plan.* **2006**, *75*, 162–174. [[CrossRef](#)]
34. Alberini, A.; Kahn, J. *Handbook on Contingent Valuation*; Springer: Berlin, Germany, 2006.
35. Kremer, P.; Hamstead, Z.A.; McPhearson, T. The value of urban ecosystem services in New York City: A spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios. *Environ. Sci. Policy* **2016**, *62*, 57–68. [[CrossRef](#)]
36. Nemeč, K.T.; Raudsepp-Hearne, C. The use of geographic information systems to map and assess ecosystem services. *Biodivers. Conserv.* **2013**, *22*, 1–15. [[CrossRef](#)]
37. Bonifazi, A.; Sannicandro, V.; Attardi, R.; Di Cugno, G.; Torre, M.C. Countryside Vs. City: A User-Centered Approach to Open Spatial Indicators of Urban Sprawl. In Proceedings of the International Conference on Computational Science and Its Applications, Beijing, China, 4–7 July 2016.
38. Murgante, B.; Danese, M. Urban versus rural: The decrease of agricultural areas and the development of urban zones analyzed with spatial statistics. *Int. J. Agric. Environ. Inf. Syst.* **2011**, *2*, 16–28. [[CrossRef](#)]
39. Ishizaka, A.; Labib, A. A hybrid and integrated approach to evaluate and prevent disasters. *J. Oper. Res. Soc.* **2014**, *65*, 1475–1489. [[CrossRef](#)]
40. Fregonara, E.; Curto, R.; Grosso, M.; Mellano, P.; Rolando, D.; Tulliani, J.M. Environmental technology, materials science, architectural design, and real estate market evaluation: A multidisciplinary approach for energy-efficient building. *J. Urban Technol.* **2013**, *20*, 57–80. [[CrossRef](#)]
41. Malczewski, J.; Rinner, C. *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*; Springer: Berlin, Germany, 2015.

42. Fusco Girard, L.; Cerreta, M.; De Toro, P. Integrated assessment for sustainable choices. *Sci. Reg. Ital. J. Reg. Sci.* **2014**, *13*, 111–141.
43. Cerreta, M.; Poli, G. A complex values map of marginal urban landscapes: An experiment in Naples (Italy). *Int. J. Agric. Environ. Inf. Syst.* **2013**, *4*, 41–62. [[CrossRef](#)]
44. Malczewski, J. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 1999.
45. Simon, H.A. *The New Science of Management Decision*; Harper & Brothers: New York, NY, USA, 1960.
46. Barreto, L.; Ribeiro, M.; Veldkamp, A.; Van Eupen, M.; Kok, K.; Pontes, E. Exploring effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis: A case study of the Balsas sub-basin, Maranhão State, Brazil. *Ecol. Indic.* **2010**, *10*, 1055–1063. [[CrossRef](#)]
47. Birch, C.P.; Oom, S.P.; Beecham, J.A. Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. *Ecol. Model.* **2007**, *206*, 347–359. [[CrossRef](#)]
48. Zavadskas, E.K.; Govindan, K.; Antucheviciene, J.; Turskis, Z. Hybrid multiple criteria decision-making methods: A review of applications for sustainability issues. *Ekon. Istraž.* **2016**, *29*, 857–887. [[CrossRef](#)]
49. Georgescu-Roegen, N. *The Entropy Law and the Economic Process*; Harvard University Press: Cambridge, MA, US, 1974.
50. Zheng, N.; Takara, K.; Yamashiki, Y.; Tachikawa, Y. Assessing vulnerability to regional flood hazard through spatial multi-criteria analysis in the Huaihe River Basin, China. *Ann. J. Hydraul. Eng.* **2009**, *53*, 127–132.
51. European Union (EU). L342. Commission Regulation (EU) No 1319/2013 of 9 December 2013 amending annexes to Regulation (EC) No 1059/2003 of the European Parliament and of the Council on the establishment of a common classification of territorial units for statistics (NUTS). *Off. J. Eur. Union* **2013**, *56*, 1–57. Available online: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2013:342:FULL&from=IT> (accessed on 20 June 2017).
52. Grêt-Regamey, A.; Altwegg, J.; Sirén, E.A.; van Strien, M.J.; Weibel, B. Integrating ecosystem services into spatial planning—A spatial decision support tool. *Landsc. Urban Plan.* **2017**, *165*, 206–219. [[CrossRef](#)]
53. Haines-Yong, R.; Potschin, M. *Response to Consultation. Centre for Environmental Management; CICES Version 4*; University of Nottingham: Nottingham, UK, 2012.
54. De Groot, R.S.; Alkemade, R.; Braat, L.; Hein, L.; Willemen, L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecol. Complex.* **2010**, *7*, 260–272. [[CrossRef](#)]
55. Bastian, O.; Grunewald, K.; Syrbe, R.U.; Walz, U.; Wende, W. Landscape services: The concept and its practical relevance. *Landsc. Ecol.* **2014**, *29*, 1463–1479. [[CrossRef](#)]
56. Englund, O.; Berndes, G.; Cederberg, C. How to analyse ecosystem services in landscapes—A systematic review. *Ecol. Indic.* **2017**, *73*, 492–504. [[CrossRef](#)]
57. Burkhard, B.; Kroll, F.; Müller, F.; Windhorst, W. Landscapes' capacities to provide ecosystem services—A concept for land-cover based assessments. *Landsc. Online* **2009**, *15*, 1–22. [[CrossRef](#)]
58. Müller, F.; de Groot, R.; Willemen, L. Ecosystem services at the landscape scale: The need for integrative approaches. *Landsc. Online* **2010**, *23*, 1–11.
59. Burkhard, B.; Kroll, F.; Nedkov, S.; Müller, F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecol. Indic.* **2012**, *21*, 17–29. [[CrossRef](#)]
60. Sohel, M.S.I.; Mukul, S.A.; Burkhard, B. Landscape's capacities to supply ecosystem services in Bangladesh: A mapping assessment for Lawachara National Park. *Ecosyst. Serv.* **2015**, *12*, 128–135. [[CrossRef](#)]
61. O'Sullivan, D.; Unwin, D. *Geographic Information Analysis*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2014.
62. Micelli, E.; Mangialardo, A. Recycling the city. New perspective on the real-estate market and construction industry. In *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions*; Bisello, A., Vettorato, D., Stephens, R., Elisei, P., Eds.; Springer: Berlin, Germany, 2017.
63. Verburg, P.H.; Dearing, J.A.; Dyke, J.G.; van der Leeuw, S.; Seitzinger, S.; Steffens, W.; Syvitskij, J. Methods and approaches to modelling the Anthropocene. *Glob. Environ. Chang.* **2016**, *39*, 328–340. [[CrossRef](#)]



© 2017 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Article

The Effectiveness of Geographical Data in Multi-Criteria Evaluation of Landscape Services [†]

Roberta Mele ¹ and Giuliano Poli ^{2,*}

¹ Department of Architecture, University of Rome La Sapienza, 00197 Rome, Italy; roberta.mele@uniroma1.it

² Department of Architecture, University of Naples Federico II, 80134 Naples, Italy

* Correspondence: giuliano.poli@unina.it; Tel.: +39-334-276-8471

[†] This paper is an extended version of the paper: Mele, R.; Poli, G. The evaluation of landscape services: A new paradigm for sustainable development and city planning. In Proceedings of the International Conference on Computational Science and Its Applications, Banff, AB, Canada, 22–25 June 2015; Springer: Cham, Switzerland, 2015; pp. 64–76.

Academic Editor: Jamal Jokar Arsanjani

Received: 30 December 2016; Accepted: 27 January 2017; Published: 6 February 2017

Abstract: The aim of the paper is to map and evaluate the state of the multifunctional landscape of the municipality of Naples (Italy) and its surroundings, through a Spatial Decision-Making support system (SDSS) combining geographic information system (GIS) and a multi-criteria method an analytic hierarchy process (AHP). We conceive a knowledge-mapping-evaluation (KME) framework in order to investigate the landscape as a complex system. The focus of the proposed methodology involving data gathering and processing. Therefore, both the authoritative and the unofficial sources, e.g., volunteered geographical information (VGI), are useful tools to enhance the information flow whenever quality assurance is performed. Thus, the maps of spatial criteria are useful for problem structuring and prioritization by considering the availability of context-aware data. Finally, the identification of landscape services (LS) and ecosystem services (ES) can improve the decision-making processes within a multi-stakeholders perspective involving the evaluation of the trade-off. The results show multi-criteria choropleth maps of the LS and ES with the density of services, the spatial distribution, and the surrounding benefits.

Keywords: geographic information system (GIS); spatial decision-making support system (SDSS); multi-criteria analysis (MCA); analytic hierarchy process (AHP); volunteered geographical information (VGI); landscape services (LS); ecosystem services (ES)

1. Introduction

The European Community adopted the Biodiversity Strategy to 2020 that, through Action 5 of Target 2, encourages Member States to map and assess the condition of the Ecosystems Services at all scales [1]. Thus, a context-aware geographical data gathering has become a crucial step of the spatial decision-making processes since it should guarantee openness, involvement, and democracy to the evaluation. Nowadays, the knowledge of the landscape through global and local data is one of the major challenges for researchers, practitioners and decision-makers (DM). The heterogeneity of the public, private, and voluntary dataset entails different standards, formats, and scattered sources [2]. Consequently, some environmental agencies, such as the European Environment Agency (EEA), have been focusing on the achievement of geospatial interoperability for many years. Depending on the goal, a suitable methodology must be able to level out a heterogeneous and cross-scale dataset in order to evaluate landscape services (LS) and ecosystem services (ES).

Moreover, the evaluation of the trade-off between the increase in demand for primary resources due to the population growth and the degradation in the capability to provide ecosystem services has

become critical. Indeed, The Millennium Ecosystem Assessment estimated that “3 billion more people and a quadrupling of the world economy by 2050 imply a formidable increase in demand for and consumption of biological and physical resources, as well as escalating impacts on ecosystems and the services they provide” [3]. Critical issues concern the implementation of the local communities’ knowledge about the phenomenon of the degradation of ES in order to ensure a more sustainable use of the resources and to enhance the resilience of landscape socio-ecological system.

Since 2000, the European Landscape Convention has been developing a new perspective for the perception of a landscape socio-ecological system where people become a crucial part of this system, providing services and benefits to human well-being due to sustainable transformations and ecological resource preservation [4,5]. Therefore, a multi-disciplinary approach is recommended in order to analyze the dynamism of the transformations and land-use changes, considering that a broader vision of the landscape is more suitable.

According to Termorshuizen and Opdam, the ES can be considered as a specification of the LS approach; indeed, the landscape functions are linked to the feature of the ecosystem processes and to their capacity for producing services [6].

Within the literature there are several issues about the concept of ES and LS; however, in this research we seek to highlight three main questions:

1. What are the strengths and the weaknesses of the LS approach, if we compare it with the institutional approaches, such as the Environmental Impact assessment (EIA) and the strategic environmental assessment (SEA)?
2. What are the suitable methods and tools to recognize, map, manage, and evaluate the complexity of the LS?
3. What are the reliable data sources to be used in order to understand the link between the social and ecological systems?

Some authors have been recently focusing on the first question. They have argued that the LS approach can be useful to bridge the gap among decision-makers (DM), stakeholders, and local communities, as it provides a shared framework according to which the landscape perspective changes [7–9]. According to other authors, instead, the ES approach aids the DM to focus on the impact of the environment on the planning strategies rather than just vice versa [10]. At the same time, the LS concept considers the landscape as a “value-delivering system” [6] for which multi-functional features co-exist within an human-ecological value system that connects the ecological functioning to the human values and functions [11]. On the other hand, this approach has some problems concerning the integration within the environmental assessment (EA) procedures and in the uncertainty about the recognition of ecosystem functions and services at different scales [12]. Therefore, the evaluation of the LS requires a multi-scale approach since a lack of interaction among the levels of the governance has led to an incorrect management of the services or their exclusion from the planning.

In response to the second question, the multi-criteria methods are recommended when DM and specialists within the EA framework tackle landscape monetary, qualitative, and quantitative valuations [13,14]. At one time, the landscape, as a system made by patterns, functions, and changes [15], can be examined through the combination of spatial indicators and multi-criteria analysis (MCA) in order to understand not only the anthropic and natural transformation processes, but also the result of different time actions which are strictly interrelated each other [16,17]. Thus, the multi-criteria spatial decision making support system (MC-SDSS) allows DM to acquire and learn more information about the multi-dimensional issues to choose their preferences among different alternatives [18–20]. A great support for decision-making processes is provided by GIS tools that are systems with functions of storage, manipulation, analysis, and display of a large geographically-referenced dataset through analytical modeling operations [21,22].

Finally, the availability of the information relating to landscape pattern aims to investigate the link between social and ecological systems. A preliminary step should involve data collection from

official sources, such as environmental and governmental agencies, while the unofficial ones, such as volunteered geographical information (VGI) and social media geographic information (SMGI), can be useful to enhance the information flow whenever a quality assurance is accomplished. Indeed, some authors assert that the quality of VGI is often better than the authoritative sources [23,24]. Moreover, the spatial analysis allows to set explicitly spatial indicators [25] and evaluate the multidimensional features of the landscape [26].

Therefore, the paper aims at focusing on the second and third questions listed above, by specifically tackling the reliability of the sources to be used to build a dataset for the identification and evaluation of LS.

The first part of the paper defines materials and methods allowing a better knowledge of the landscape through data, indicators and multi-criteria procedures; the second one shows the case study and the results.

2. Material and Method

In this section, we show a proposal for a possible landscape evaluation model. A spatial representation model that assimilates the landscape to a mosaic of patches is performed [27]. Indeed, the environmental structures are decomposable into systems and subsystems and, in order to understand the complex network of the human/natural components, a cross-scale approach is recommended. The methodology of the research derives from common data availability such as authoritative sources and volunteered geographic information. In summary, the multi-criteria method aims at quantifying the critical information included in the database, by assigning weights to each indicators and by mapping the consistency of services in the territory through the analysis of the impact distance and the DM preferences. In the next subsections, we illustrate the methodological framework provided, the data-gathering from open sources, and the classification of the spatial indicators for the landscape evaluation.

2.1. Knowledge-Mapping-Evaluation Model: The Workflow

Once the conceptual framework has been determined, it is necessary to define the steps of the methodological framework for the evaluation of the LS. Therefore, the MC-SDSS has been conceived in three main steps: knowledge, mapping, and evaluation [28].

The first step seeks to identify the LS that produces benefits in the urban zones of Naples by checking the available data and by outlining the cognitive context. We collected data from both official and unofficial sources. Several spatial indicators of LS were selected and structured according to a hierarchical classification.

The second step is mapping the indicators of the selected LS in the knowledge phase, in order to include each LS indicator within a spatial reference system by making the benefits spatially explicit. We performed some operations through GIS software in order to standardize the data according to common parameters; thus, all the collected shapefiles were georeferenced in the WGS84/UTM zone 33N coordinate system. The census zones were chosen as minimal reference units for the spatial analysis, namely a spatial join operation was performed by appending a point layer's attribute table to the attribute table of the census zones based on the relative locations.

The third step aims to compute the multi-criteria evaluation of the relative importance and priorities of each LS indicator through the analytic hierarchy process (AHP) method. This method is suitable in a decisional context in which qualitative and quantitative indicators are involved, since it allows comparing of heterogeneous aspects in a single scale value by comparing, in pairs, the element within the hierarchy through a consistency check of the judgments [29]. Indeed, the multifunctional landscape has been processed as a hierarchy of services in order to simplify the complexity and lay the groundwork for a deeper understanding of the trade-off among ecosystem and anthropic functions. According to the levels of the hierarchical classification, the Multi-criteria Analytical Scoring Tool (MASCOT) software [30], provided by EnviroSPACE Laboratory at University of Geneva, Switzerland,

was implemented in the GIS environment to compare each sub-criteria through a weighting. MASCOT provided a distance-based method that aims at evaluating the spatial impact of each criterion in the context; namely, it allows us to use a distance decay, for which the spatial indicator gradually loses its intensity until the limit of distance setting.

2.2. Authoritative and Unofficial Data Sources

As previously seen, the data for the evaluation have different standard, format and scattered sources. According to Malczewski and Ogryczak, spatially-explicit and -implicit criteria have to be previously determined in order to structure the decision model [22]. The majority data that describe the LS of the study area are part of the spatially explicit criteria, such as the geographic features of the EEA and OpenStreetMap (OSM) databases.

Urban Atlas is an initiative of the European Commission with the support of the EEA and the European Space Agency, through the GMES/Copernicus land monitoring services. The project aims at filling the gap in the knowledge about land use in European cities [31]. It offers highly detailed urban land use maps, at a scale of 1:10,000, for large urban zones and their surroundings with more than 100,000 inhabitants, as defined by Eurostat [32]. The aerial imagery reference year is 2006 and the minimum mapping unit (MMU) is 0.25 ha in urban areas and 1 ha in rural ones. It provides a 20-class classification based on Corine Land Cover (CLC) nomenclature with a better resolution [33].

OSM is one of most well-known databases of crowdsourcing geographic information where geographic features about morphology, habitat, biodiversity, and networks at the urban scale can be easily downloaded and shared [23]. The critical ability of this informative system is related to the voluntary mapping of urban features by citizens observing and living the places. Moreover, VGI can bridge the gap of the official agencies that lack up-to-date geographic information. Actually, there are some approaches for assuring and improving the quality of data in the VGI, e.g., crowdsourcing, social and geographic mechanisms were recognized by Goodchild and Li [24].

In conclusion, Panoramio, as a Google Maps tool, is the last example of VGI we implemented in this research. An excerpt of a point pattern, through a code, represents the most photographed places by citizens and tourists in the study area. This indicator is able to simulate landscape attractiveness, as citizens or tourists perceive it.

2.3. Landscape Services (LS) Classification

A broad range of ES and LS classifications exist, often dependent on the different investigation fields, but, for this case study, three main approaches were considered. Specifically:

1. De Groot defines the ecosystem functions as “the capacity of natural processes and components to provide goods and services that satisfy human needs, directly or indirectly” [34].
2. The Millennium Ecosystem Assessment (MA) takes into consideration “the benefits people obtain from ecosystems” [3];
3. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) initiative considers the ES as “the direct and indirect contributions of ecosystems to human well-being” [35].

The LS approach, as a specification of ES, was considered by including the multiple ecological, social, and economic functions that the landscape furnishes for human well-being in a specific context [26].

By following this approach, LS indicators are categorized according to two main criteria that represent the ecosystem services (ES) and the anthropic services (AS). The ES concerns the natural processes, while the AS includes the cultural and social aspects for which the anthropic component is decisive for the provisioning of benefits. Afterwards, six typologies of services for both previous criteria are identified (Figure 1): provision and regulation services within the ecosystem dimension, and infrastructure, recreation, habitation, and soil services within the anthropic dimension (Figure 1).

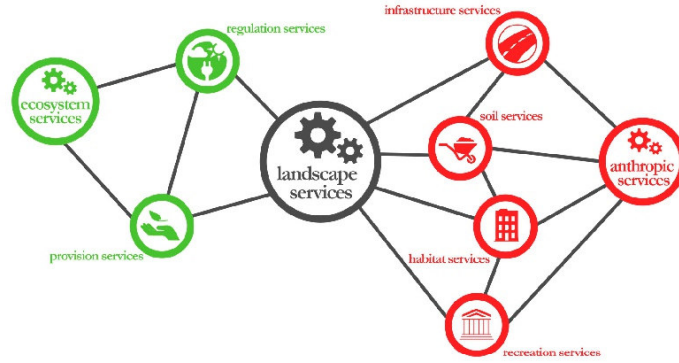


Figure 1. The categories of LS.

3. Results

In this section, an application will test the methodology by verifying the usefulness of the LS approach in urban planning and landscape management. In the following subsections the study area, indicators table, and evaluation maps of LS are shown.

3.1. Case Study

The study area extends over large urban zones of Naples (Italy) as conceived and mapped by EEA at a scale of 1:10,000. The area is approximately 560 km² and includes the city of Naples with its 960,000 inhabitants, 14 satellite-municipalities directly connected to the city, and 21 municipalities affecting the city in terms of economic, social, and environmental pressures (Figure 2).

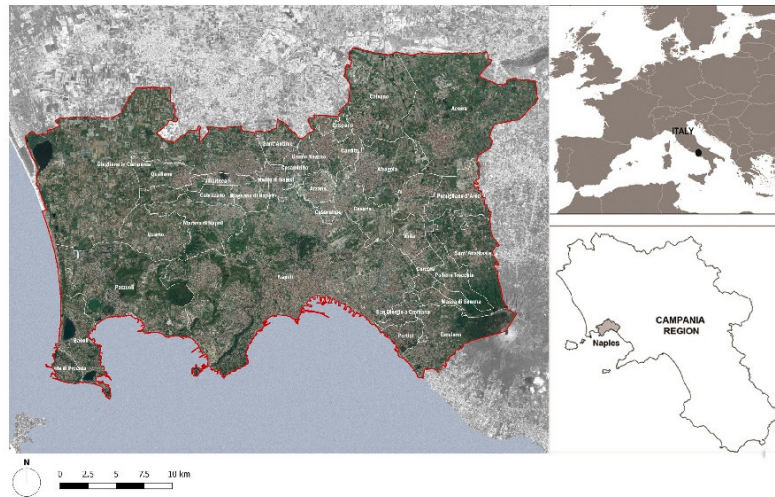


Figure 2. The study area.

The territory is complex, varied, and marked by multiple high-density and low-density zones with prevailing agricultural and natural soil outside the urban cores. Intensive farming, abandoned industrial soils, and urban sprawl have compromised the potential environmental quality of the landscape. On the other hand, many cultural services are concentrated in the city center where the infrastructure and tourism facilities are more consistent than the ones located in the fringe areas.

3.2. The Spatial Indicators of Landscape Services (LS)

The hierarchy of the spatial indicators shows three levels of spatial analysis that involve the main criteria, typology of service, and spatial indicator. The structure of the indicators' table identifies: criteria, type of service (T.s.), indicator, year, source, analysis distance (A. d.), unit of measure (U. m.), and value (Table 1).

Table 1. Table of indicators.

Criteria	T.s.	Indicator	Year	Source	A. d.	U. m.	Value
ES	Provision	Presence of waterways	2016	OSM	300	Km	33,02
		Surface of mineral extraction sites	2012	Urban Atlas	100	He	196,62
		Surface of agricultural and wetland areas	2012	Urban Atlas	1000	He	544,47
	Regulation	Surface of environmental protection areas	2012	Natura 2000	2500	He	3.686,05
		Surface of water bodies	2012	Urban Atlas	300	He	543,40
		Surface of forests	2012	Urban Atlas	2500	He	3.049,18
		Surface of land without use	2012	Urban Atlas	100	He	598,56
AS	Infrastructure	Presence of railways	2016	OSM	100	Km	507,58
		Presence of roads	2016	OSM	100	Km	4.369,84
		Surface of airport areas	2012	Urban Atlas	1000	He	236,91
		Surface of port-areas	2012	Urban Atlas	1000	He	240,31
		Presence of bus-metro stops	2016	OSM	500	num.	1.514
	Recreation	Presence of cultural sites	2016	OSM	2000	num.	370
		Surface of sport and leisure areas	2012	Urban Atlas	500	He	627,01
		Surface of green urban areas	2012	Urban Atlas	1000	He	648,40
		Presence of attractive landscape features	2016	Panoramio	1000	num.	340
	Habitation	Surface of habitation density	2012	Urban Atlas	100	class	5
	Soil	Surface of isolated structures	2012	Urban Atlas	100	He	141,07
		Surface of construction sites	2012	Urban Atlas	100	He	238,83
		Surface of waste disposal	2016	OSM	100	He	135,60
		Surface of industrial, commercial and other use	2012	Urban Atlas	100	He	7.538,02

As previously seen, a classification in six categories of spatial LS indicators is derived. Provision services supply all of those environmental resources that sustain human activities (e.g., agriculture, water supply, raw materials). Regulation services are connecting to the ability of the landscape to promote natural cycles through ecological processes (e.g., safeguard areas, forests). Infrastructure services relate to the capacity of the landscape to contain a suitable space for transportation networks. Recreation services refer to cultural life and leisure activities (e.g., cultural sites, leisure areas, panoramic viewpoints). Habitation services relate to the capacity of the landscape to provide suitable places for human settlements. Soil services relate to the capacity of landscape to provide a suitable substrate for the different functioning of soils (e.g., waste disposal, industrial areas) (Figure 3).

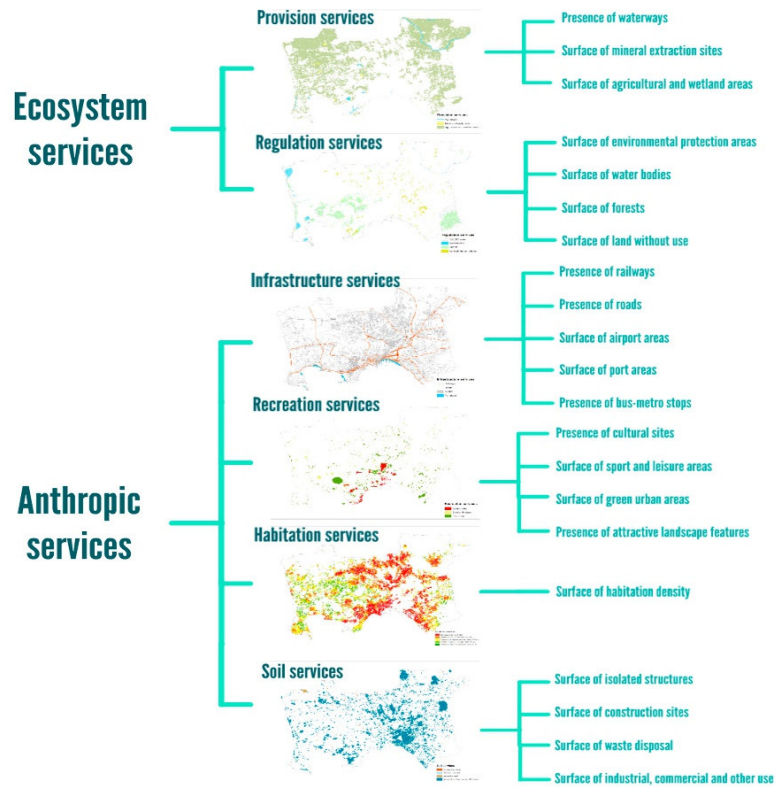


Figure 3. The tree structure of the indicators with the maps of the services.

In conclusion, data collection within the VGI platform is crucial to describe the recreation services of the territory. Particularly, Panoramio or Flickr data are able to provide hot spots depicting the level of enjoyment of an area depending on the number of user's snapshots. Moreover, this data-source is able to build the presence of attractive landscape features indicator. At the same time, OSM shows a density of numerous cultural sites, shaping the presence of cultural site indicators. In this category, places of cultural attraction are collected, e.g., museums, churches, cinemas, libraries, and theatres, in order to quantify the allocations of services inside and outside the city.

4. Multi-Criteria Evaluation and Landscape Services Maps

The multi-criteria procedure of Saaty's AHP, in synergy with Mascot software, has tested on the study area to assess the services at different levels. A distance-based method was used in order to understand the influence of the services and their mutual relationships inside a pre-determined analysis distance. The method is more advanced than a weighted overlay, by providing a final scoring based on Euclidean Distance between the spatial features. The AHP method allows to merge, within a homogeneous scale value, the quantitative and qualitative aspects by determining the priorities among

elements of the hierarchy [29,36]. Therefore, a pairwise comparison among the indicators is performed by considering their level of influence to fulfill anthropic and ecosystem functions. The weights and the priorities are determined for each indicators by considering this study as a test-model that stakeholders can improve and expand with their effective preferences. In this case, we set equal importance for each indicator in the pairwise comparison, according to the semantic scale of Saaty. The implementation of this research will focus on the recognition of real stakeholder preferences.

The result of the KME process provides two multi-criteria maps considering the overall weights of ecosystem and anthropic services. Five classes of density values are depicted with the data-clustering method of natural breaks and each class was given the following semantic judgment: low, medium-low, medium, medium-high, and high. The chromatic graduation from red to green highlights zones with variable density of services, by considering the red zones as low-density and green ones as high-density. These maps aim to aid the DM choices within a vision of integrated sustainability.

The ES map (Figure 4) highlights the main hot spots of services in those areas distinguished by a low or medium human use and dominated by a mosaic of forests, green areas and water surfaces. Specifically, the east and west fringe areas of the urban belt have higher values than the city center, because of the diversified landscape patterns resulting in wetlands, agricultural fields and environmentally protected areas. Moreover, low values of provision and regulation services also occurred in the northern areas that represent a barrier between the eastern and the western municipalities. However, the enhancement of green urban areas on this barrier can play a crucial role in linking the municipalities through the creation of new green infrastructures, by hindering the ecological fragmentation and the land consumption that are two of the major troubles in the contemporary cities.

The AS map (Figure 5) shows high density of habitation, infrastructure and recreation services in the city center, although the ecosystem services have very-low values. Finally, the distribution of AS inside the study area is more diverse than ES; thus, the main effort of policy and planning should focus on the enhancement of ES in the low-value areas.

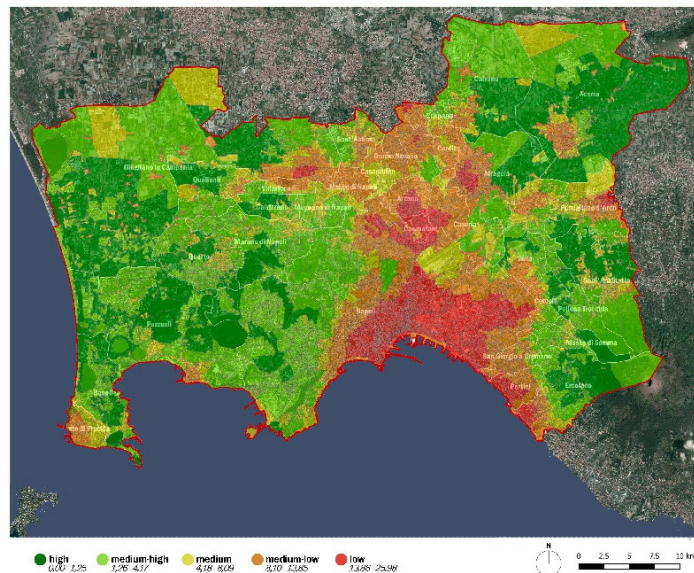


Figure 4. The ecosystem services (ES) map.

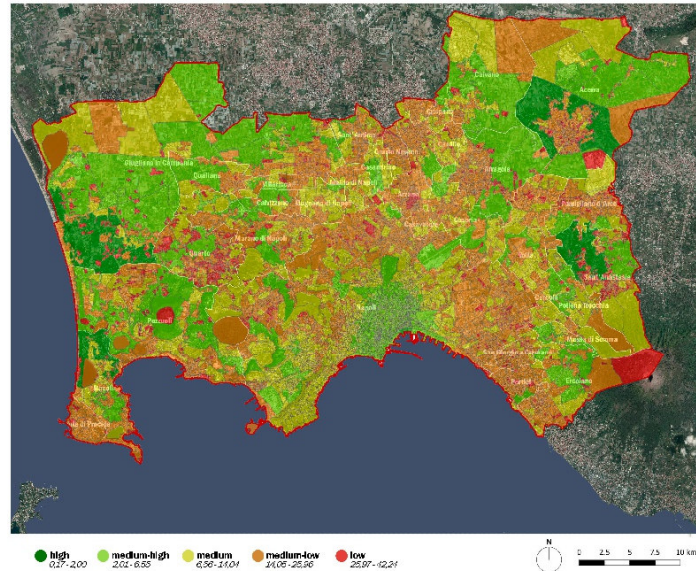


Figure 5. The anthropic services (AS) map.

5. Discussion and Conclusions

In summary, the SDSS for the city of Naples and its surrounding municipalities aims at evaluating the landscape services and functions in order to visualize the critical zones with low values for which policy for improving the environmental quality is required. Thus, GIS allowed us to provide the distribution and the quantification of the spatial phenomena of the territory. The complex values of the multifunctional landscape were organized in a hierarchy of functions and services in order to simplify the evaluation. Moreover, the dynamic change of landscape features needs flexible and up-to-data tools, easily accessed by both specialists and commons.

A step forward of this research should focus not only on the real expert preferences according to pre-selected criteria, but also on a common individuation of LS by local community and stakeholders. VGIs can play an important role within the shared knowledge process while the evaluation makes a decisional process more democratic by combining user-generated data and different people preferences.

The maps of spatial criteria are useful for prioritization and problem identification when context-aware information are available. Moreover, the communication among stakeholders improves by displaying the spatial data maps, and the contribution of MCA increases the quality of the planning and management of the landscape.

Acknowledgments: The case study of this paper is drawn from a previous research that the authors published in the proceedings of The 15th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2015). The authors would like to thank Maria Cerreta, Associate Professor at University of Naples Federico II, for her precious and collaborative support in structuring and checking coherence of this research.

Author Contributions: R.M. and G.P. developed the idea and processed data for the evaluation. R.M. focused on methodology and results, while G.P. tested multi-criteria application within the software MASCOT and wrote the introduction. Both the authors provided the figures in the text and approved the final manuscript.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. European Commission. *Our Life in Insurance, Our Natural Capital: An EU Biodiversity Strategy to 2020*; European Commission Environment DG: Brussels, Belgium, 2011.
2. Li, W.; Li, L.; Goodchild, M.F.; Anselin, L. A geospatial cyberinfrastructure for urban economic analysis and spatial decision-making. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2013**, *2*, 413–431. [[CrossRef](#)]
3. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being*; Island Press: Washington, DC, USA, 2005.
4. Antrop, M. The language of landscape ecologists and planners: A comparative content analysis of concepts used in landscape ecology. *Landscape Urban Plan.* **2001**, *55*, 163–173. [[CrossRef](#)]
5. Council of Europe. *European Landscape Convention*; Report and Convention; Council of Europe: Strasbourg, France, 2000.
6. Termorshuizen, J.W.; Opdam, P. Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. *Landscape Ecol.* **2009**, *24*, 1037–1052. [[CrossRef](#)]
7. Baker, J. Incorporating Ecosystem Services into Sea: How and Why. Unpublished Master's Thesis, Centre for Environmental Policy, Imperial College London, London, UK, 2012.
8. Eales, R.; Baker, J.; Sheate, W. Integrating a resilience approach into strategic environmental assessment. In Proceedings of the Conference of International Association for Impact Assessment, Prague, Czech Republic, 28 May–4 June 2011.
9. Eales, R.; Sheate, W. Opportunities missed and challenges to come. *Town Ctry. Plan.* **2010**, *79*, 138–143.
10. Eales, R.P.; Sheate, W.R. Effectiveness of policy level environmental and sustainability assessment: Challenges and lessons from recent practice. *J. Environ. Assess. Policy Manag.* **2011**, *13*, 39–65. [[CrossRef](#)]
11. Cerreta, M.; Cannatella, D.; Poli, G.; Sposito, S. Climate change and transformability scenario evaluation for venice (italy) port-city through anp method. In Proceedings of the International Conference on Computational Science and Its Applications, Banff, AB, Canada, 22–25 June 2015; Springer: Cham, Switzerland, 2015; pp. 50–63.
12. Baker, J.; Sheate, W.; Phillips, P.; Eales, R. Ecosystem services in environmental assessment—Help or hindrance? *Environ. Impact Assess. Rev.* **2013**, *40*, 3–13. [[CrossRef](#)]
13. Cerreta, M.; Panaro, S.; Cannatella, D. Multidimensional spatial decision-making process: Local shared values in action. In Proceedings of the International Conference on Computational Science and Its Applications, Salvador de Bahia, Brazil, 18–21 June 2012; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012; pp. 54–70.
14. Cerreta, M.; Mele, R. A landscape complex values map: Integration among soft values and hard values in a spatial decision support system. In Proceedings of the International Conference on Computational Science and Its Applications, Salvador de Bahia, Brazil, 18–21 June 2012; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012; pp. 653–669.
15. Bartel, A. Analysis of landscape pattern: Towards a 'top down' indicator for evaluation of landuse. *Ecol. Model.* **2000**, *130*, 87–94. [[CrossRef](#)]
16. Malczewski, J. *Gis and Multicriteria Decision Analysis*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 1999.
17. Turner, M.G.; Gardner, R.H.; O'Neill, R.V. *Landscape Ecology in Theory and Practice*; Springer: New York, NY, USA, 2001; Volume 401.
18. Carver, S.J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *Int. J. Geogr. Inf. Syst.* **1991**, *5*, 321–339. [[CrossRef](#)]
19. Jankowski, P. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *Int. J. Geogr. Inf. Syst.* **1995**, *9*, 251–273. [[CrossRef](#)]
20. Jankowski, P.; Nyerges, T. Gis-supported collaborative decision making: Results of an experiment. *Am. Assoc. Am. Geogr.* **2001**, *91*, 48–70. [[CrossRef](#)]
21. Densham, P.J.; Goodchild, M.F. *Research Initiative 6, Spatial Decision Support Systems, Closing Report*; National Center for Geographic Information and Analysis: Santa Barbara, CA, USA, 1994.
22. Malczewski, J.; Ogryczak, W. The multiple criteria location problem: 1. A generalized network model and the set of efficient solutions. *Environ. Plan. A* **1995**, *27*, 1931–1960. [[CrossRef](#)]
23. Campagna, M. Social media geographic information: Why social is special when it goes spatial? In *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information*; Capineri, C., Haklay, M., Huang, H., Antoniou, V., Kettunen, J., Ostermann, F., Purves, R., Eds.; Ubiquity Press: London, UK, 2016; pp. 45–54.

24. Goodchild, M.F.; Li, L. Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spat. Stat.* **2012**, *1*, 110–120. [CrossRef]
25. Malczewski, J. Gis-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* **2006**, *20*, 703–726. [CrossRef]
26. De Groot, R. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape Urban Plan.* **2006**, *75*, 175–186. [CrossRef]
27. Forman, R.T.; Godron, M. *Landscape Ecology*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 1986.
28. Mele, R.; Poli, G. The evaluation of landscape services: A new paradigm for sustainable development and city planning. In Proceedings of the International Conference on Computational Science and Its Applications, Banff, AB, Canada, 22–25 June 2015; Springer: Cham, Switzerland, 2015; pp. 64–76.
29. Saaty, T.L.; Vargas, L.G. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*; Springer Science & Business Media: New York, NY, USA, 2012; Volume 175.
30. Lacroix, P.; Santiago, H.; Ray, N. Mascot: Multi-criteria analytical scoring tool for arcgis desktop. *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.* **2014**, *13*, 1135–1159. [CrossRef]
31. European Environment Agency. Available online: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas> (accessed on 1 December 2016).
32. European Commission. Available online: <http://www.ec.europa.eu>. (Accessed on 1 December 2016).
33. Meirich, S. *Mapping Guide for a European Urban Atlas*; GSE Land Consortium, European Commission: Brussels, Belgium, 2008.
34. De Groot, R.S. *Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making*; Wolters-Noordhoff BV: Groningen, The Netherlands, 1992.
35. Sukhdev, P.W.; Schröter-Schlaack, H.; Nesshöver, C.; Bishop, C.; Brink, J. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*; UNEP: Ginebra, Switzerland, 2010.
36. Fusco Girard, L.; Cerreta, M.; De Toro, P. Analytic hierarchy process (AHP) and geographical information systems (GIS): An integrated spatial assessment for planning strategic choices. *Int. J. Anal. Hierarchy Process* **2010**, *4*, 4–26. [CrossRef]



© 2017 by the authors; licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Oswaldo Gervasi · Beniamino Murgante
Sanjay Misra · Ana Maria A.C. Rocha
Carmelo M. Torre · David Taniar
Bernady O. Apduhan · Elena Stankova
Shangguang Wang (Eds.)

LNCS 9789

Computational Science and Its Applications – ICCSA 2016

16th International Conference
Beijing, China, July 4–7, 2016
Proceedings, Part IV

4
Part IV



 Springer

A Knowledge-Based Approach for the Implementation of a SDSS in the Partenio Regional Park (Italy)

Maria Cerreta^(✉), Simona Panaro^(✉), and Giuliano Poli^(✉)

Department of Architecture (DiARC),
University of Naples Federico II, Naples, Italy
{cerreta, simona.panaro, giuliano.poli}@unina.it

Abstract. The paper recommends a methodology for data gathering and processing through the spatial analysis techniques and the combinatorial multi-criteria procedure of Weighted Linear Combination (WLC). The purpose concerns the spatial problem structuring in a complex decisional context lacking in the geographical dataset. The processing of data and information provided by VGIs and Open Systems is crucial for the enrichment of spatial datasets in these circumstances, but it is advisable to make attention about the data reliability and the known problems of the geographic dataset, i.e. Modifiable Areal Unit Problem (MAUP). The method was tested with the case study of 27 Municipalities around the Partenio Regional Park, in the South of Italy. Within the SDSS, the multidimensional landscape's indicators were combined with data gathering on the field, in order to build an evolving informative system. A multidimensional approach, focused on the recognition of environmental, social, economic and cultural resources, was chosen providing some strategies of enhancement for the overviewed landscape of the Park. The evaluation of the policy and actions for the examined regions generated scenario-maps through multi-criteria procedures and GIS tools.

Keywords: Landscape · Spatial Decision Support System (SDSS) · Volunteered Geographic Information (VGIs) · Weighted Linear Combination (WLC) · Spatial multi-criteria analysis

1 Introduction

The paper introduces an application of a Spatial Decision Support System (SDSS) for the landscape evaluation, focused on the development of tourism and recreation services in a region around a natural park, the Partenio Regional Park, in the South of Italy. The decision problem examines many issues concerning the relationships and trade-off among economic, social, environmental and cultural values. In order to investigate the different components, the recent literature recommends gathering hard and soft data about the region, understanding the spatial effects of a decision on the landscape (Cerreta et al. 2014; Fusco Girard et al. 2014) and combining institutional data with open source. During the last twenty years, the progress in remote-sensing and power computing extended the spatial component evaluation to the decision-making

© Springer International Publishing Switzerland 2016
O. Gervasi et al. (Eds.): ICCSA 2016, Part IV, LNCS 9789, pp. 111–124, 2016.
DOI: 10.1007/978-3-319-42089-9_8

process. Moreover the spatial analysis tools provided by Geographic Information System (GIS) aid the decision-maker (DM) in the data management and analysis of spatial features, in the solution of ill-structured problems in an iterative way, in the scenario evaluation, in report generation and visualization of spatial indicators (Sugumaran and de Groot 2010). Including the multidimensional landscape features within the SDSS procedures is a practice that can be continuously improved and empowered (Cerreta and Fusco Girard 2016). An open issue concerns the spatial problem structuring in a complex decisional context where institutional geographic dataset can lack. Nowadays new open-source software for the production of digital geographic information are widely available and everybody can create his own maps through Volunteered Geographic Information (Goodchild and Li 2012). This skill makes inhabitants more aware of their place and increases geographic data for that territory. One of the main issues regards how to relate institutional data with those produced by open-source's users. This stage is critical for the decision-making process since far more information can be made explicit and available to public debate, increasing, as well, the evaluation transparency (Golub 1997; van der Sluijs 2002). Always more frequently, traditional and new dataset are being used in the SDSS, trying to overcome the lack of geographic data. OpenStreetMap is the best-known platform to create an alternative to the products of official agencies and exported data can be used to provide geographic information on non-spatial indicators too. With its normative, spatial, temporal, environmental, cultural, social, and cognitive features, the landscape becomes the framework where planning and project responses can be shaped.

The first part of the paper (Sect. 2) defines the literature review; the second one (Sect. 3) explains the methodological framework of the SDSS; the third (Sect. 4) shows the study case and the outcomes to test the methodological framework; while the fourth (Sect. 5) concludes about the VGI usefulness in policy-making and landscape planning.

2 A Spatial Decision-Making Process for the Landscape Evaluation. A Literature Review

The increasing complexity of landscape planning and policy-making is related to the impacts of the urbanization processes, the irregular development in spatial planning and the growth of the big data. In this context, many authors report the lack of coordination and adoption of advanced technologies to share information (Li et al. 2013).

On the other hand, the landscape knowledge in a decisional context lacking in geographical data is a critical phase of the spatial decision-making processes since it is necessary to guarantee openness and sharing also in the evaluation processes (Golub 1997; van der Sluijs 2002). It is possible to consider the geographical dataset as a segment of a knowledge-based system that aids the DM for sharing strategies of development and transformation/conservation of the landscape characters. Indeed, geographical data implementation within the landscape evaluation aims the community at identifying own landscape; analysing characteristics, dynamics of transformation and pressures; monitoring environmental and anthropic systems; identifying the values that the people assign to the landscape. Moreover, the representation of the territorial

system and the processes simulation are two critical models for the landscape evaluation according to Steinitz's Geodesign framework (Steinitz 2012; Cocco et al. 2015).

The spatial feature add-on within the Decision Support System (DSS), making explicit the relationships between the socio-economic and geo-morphological characteristics of the landscape, aids to understanding the transformation processes of the territory and to identify actions, tactics, and strategies of development (Murgante et al. 2011; Attardi et al. 2014). Moreover, the PGIS tools and the multi-criteria methods integrated to GIS software simplify the spatial evaluations and they aim to convert the qualitative judgments to measurable functions through the landscape metrics approach (Brown and Weber 2011). There are many utilities using spatial data, i.e. visualization and data mapping, proactive communication of critical issues, decision-making simplification, etc. However some care is indispensable about the choice of a consistent spatial reference frame and fixed scale of analysis. Indeed the misunderstanding of the Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) can compromise the spatial statistics and the final results of the analysis (Openshaw 1983). In presence of census data, moreover, the unit of aggregation for sampling must be evaluated such as household, neighbourhood or country scale. It is really important to understand that the choice of a different scale can lead to completely different outcomes because of different patterns and relationships within the spatial features (O'Sullivan and Unwin 2010). According to Malczewski (2006), the spatial evaluation criteria can be classified into two macro-category: explicitly and implicitly spatial criteria. The first criteria are composed by inherently spatial data, i.e. geomorphology, natural areas, etc., while the latter use the geographic features in order to transfer a spatial representation of themselves, i.e. the ecological integrity index, the number of employers in tourism per census zone, etc. In this way, both the criteria aid the experts to achieve spatial representation of no spatial explicitly indicators to broaden and improve the knowledge of the landscape.

3 The Methodological Steps of the Knowledge-Based Approach

The purpose of the research aims at forecasting new scenario of the suitability for the touristic development and safeguarding the local potentials and environmental assets. The management of the development and the identification of new strategies require a multidimensional approach, in order to merge different components aiming at supporting the identification of innovative place-based actions (Cerreta 2010).

The transformations characterizing the landscape and local systems depend on multiple factors, such as demographic, social and professional changes within the population; the outplacement in new houses and workplaces; the changes of the specialization; the shift of the transportation and communications both in infrastructural and functional way (Istat 2015). The modelling phase of the SDSS for the landscape of "Partenio" generated the spatial indicators using both spatial explicitly and implicitly criteria. Both the raster and vector-based approach was performed in order to produce spatially referenced data and indicators able to describe real-world features in a virtual environment. Moreover, the geographical dataset architecture allowed to manage

numerous and heterogeneous data and to produce useful changing scenario (Cerreta and Poli 2013). Specifically, the variety of information picked was classified into six main domains that characterize the Smart Cities (Economy, Environment, People, Living, Mobility and Governance). The six domains identified the physical, economic, intellectual and social capitals for the development of a territory (Giffinger and Haindl 2007) in order to reach the sustainable use of resources. Lastly, any spatial geo-statistics were performed in order to produce new indicators bridging the gap due to the lack of the geographical data and updates. Specifically, the SDSS was structured in the following steps (Fig. 1):

1. “Data gathering” concerns the selection of the data for the study area through various sources, i.e. the field research, the Web, the surveys.
2. “Spatial data representation” aims at building a representation model in GIS environment.
3. “Spatial indicators” aims at the data processing and classification of the indicators in six domains according to Smart Cities approach.
4. “Normalization” of the indicators have been done in order to make homogeneous the values for the next evaluation phase.
5. “Data processing and clustering” step uses the conversion tool “shape to raster” to elaborate suitable data.
6. “Reclassify” of data was performed in order to give semantic judgments to the values according to a scale from low to very high.
7. Multi-criteria method “WLC” was applied to obtain the overlay maps.
8. “Smart maps” shows the weakness and potential of the study area.
9. “Weighting” step was performed through “swing weight method” (Bodily 1985).
10. “Scenario” simulation was run and two final maps were performed.

In this way, the complex problems can be analysed simultaneously in a “what-if” perspective because of the power computing, knowledge domains and organizational skills of ICT.



Fig. 1. Methodological framework: steps and contents

Table 1. The spatial indicators set categorized into smart domains

Domain	Indicator	U.M.	Year	Source	ID
Economy	Number of beds/Km ² (Tourism index)	num.	2015	field research	ECO_1
	Mean price of accommodations	€	2015	field research	ECO_2
	Density of accommodations in 5 km	num.	2015	OSM/Web	ECO_3
	Density of food services in 5 km	num.	2015	OSM/Web	ECO_4
	Number of employers in tourism	num.	2009	dps.gov.it	ECO_5
	Number of wine firms	num.	2015	galpartenio.it	ECO_6
	Mean value of agricultural soils	€/ha	2015	CLC/Agenzia delle Entrate	ECO_7
	Number of people with income	num.	2011	ISTAT	ECO_8
Environment	Safeguard surface	ha	2015	Natura 2000	ENV_1
	Density of interest sites in 5 km	num.	2015	OSM	ENV_2
	Ecological integrity index	num.	2012	CLC	ENV_3
	Uninhabited houses	num.	2011	ISTAT	ENV_4
	Number of families in renting house	num.	2011	ISTAT	ENV_5
	Number of house owners	num.	2011	ISTAT	ENV_6
People	Number of people with master degree	%	2011	ISTAT	PEO_1
	Number of residents	num.	2011	ISTAT	PEO_2
	Housing density	Inh/Km ²	2015	ISTAT	PEO_3
	Youth index (20–35 age)	%	2011	ISTAT	PEO_4
	Old age index (over 65)	%	2011	ISTAT	PEO_5
	Employment rate	%	2011	ISTAT	PEO_6
	Unemployment rate	%	2011	ISTAT	PEO_7
Living	Number of months per municipality with cultural events	num.	2015	galpartenio.it	LIV_1
	Variety of cultural events	num.	2015	galpartenio.it	LIV_2
	Number of cultural events	num.	2015	galpartenio.it	LIV_3

(Continued)

Table 1. (Continued)

Domain	Indicator	U.M.	Year	Source	ID
	Number of municipalities with naturalistic path and itinerary	num.		OSM	LIV_4
Mobility	Class of accessibility per municipality	class	2009	dps.gov.it	MOB_1
	Presence or absence of a station per municipality	binary	2009	dps.gov.it	MOB_2
	Accessibility network	Km	2015	OSM	MOB_3
	People moving outside of their municipality	num.	2015	field research	MOB_4
Governance	Number of stakeholders	num.	2015	field research	GOV_1
	Number of projects	num.	2015	field research	GOV_2

is shown and the following fields are highlighted: domain, indicator's name, unit of measure (U.M.), year, source and ID (Table 1).

Economy. The “economy” domain aims at identifying the zones where the density of the economics and production for tourism development establish a spatial correlation. The selected local resources are classified in the following thematic areas and indicators: the accommodation (number, location, type, average prices); the quality of the agricultural production (number of wineries per municipality and market value of the agricultural soil) and the catering facilities. Specifically the indicator “value of the agricultural soils” (ECO_9) was built through the combination of the specific classes of CLC and the mean value of the land provided by the institutional dataset of the Italian “Agenzia delle Entrate”. This processing has made spatially explicit the approximated quality of the agricultural production. Furthermore, some indices as the density of accommodation and catering facilities were processed through the Kernel Density Estimation method in order to build the process model. The geostatistics tool assesses the number of point events per unit of surface within a point-pattern (O’Sullivan and Unwin 2010). Therefore, the processing of point data produces new indicators on the areal surface of the landscape to identify the areas with the greatest concentration of tourism services (Fig. 3).

Environment. The “environment” domain includes both the potential and the weak components for the improvement of the touristic fruition. The natural and cultural landscape indicators were processed by the manipulation of the selected row data, i.e. the safeguard level of the natural surfaces and the ecological integrity index (van Berkel and Verburg 2014); furthermore the institutional dataset of the census zones provided information about the state of the housing abandon and the number of the family living in the analysis area. Same as above, the kernel density estimation identified the highest concentration of the touristic facilities points (Fig. 4).

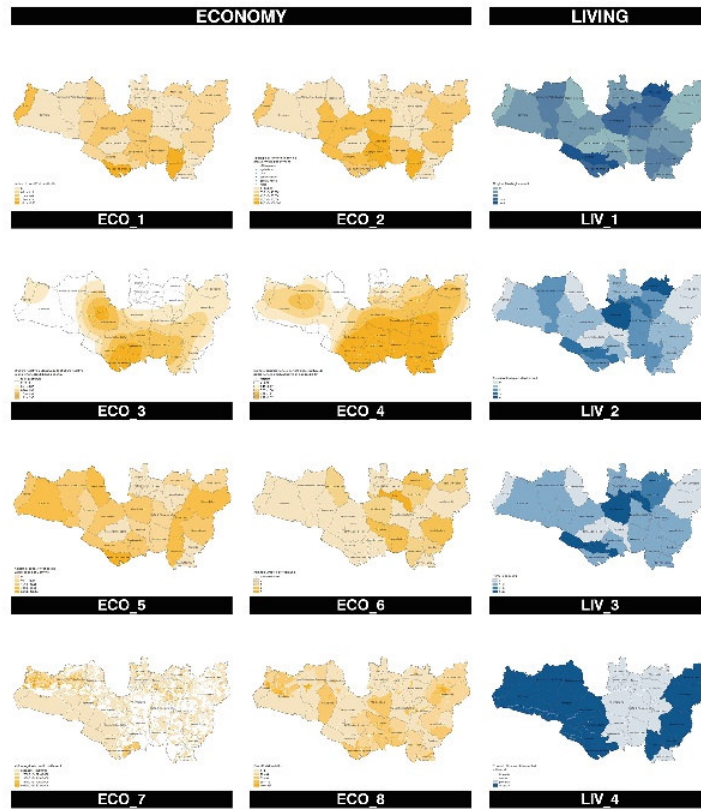


Fig. 3. Spatial indicators for “Economy” and “Living” domains: representation and process models

People. The “people” domain contains information about the population more exposed to the impact of the decisions. The indicators in this domain measure mainly the structure of the population per age and education. The major weakness of these indicators set is the MAUP. For this reason, while the “people” class is useful to understand the social and economic systems in order to build a broader and bright representation model, it is necessary to make a new indicators selection before proceeding to the multicriteria method application and evaluation (Fig. 5).

Living. The “living” domain aims at the identification of the cultural vitality of the examined region. The number of the cultural events and their type/frequency, the naturalistic path, the geographic itineraries were selected in order to identify the local resources improving the touristic network. The selected indicators in this category are samples of no spatially explicit criteria.

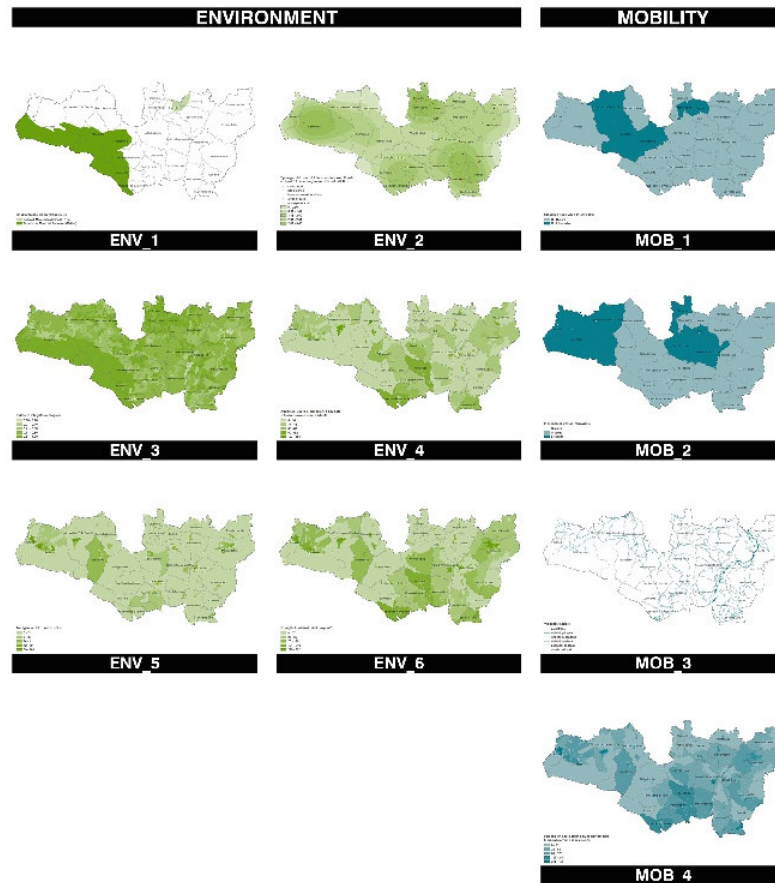


Fig. 4. Spatial indicators for “Environment” and “Mobility” domains: representation and process models

Mobility. The “mobility” domain shows the outside/inside accessibility of the municipalities. The indicators summarizing these issues was chosen within an institutional dataset that makes a classification of the municipalities according to the presence or absence of a railway station. In this regard, the number of railway stations and the other infrastructures of the study area were identified through different sources (Istat, DPS, OpenStreetMap). Furthermore, the number of people moving outside the municipalities was selected. Also in this category, the MAUP can be crucial.

Governance. Lastly, the “governance” domain contains indicators that measure the network of the stakeholders and the financing projects on the landscape.



Fig. 5. Spatial indicators for “People” and “Governance” domains: representation and process models

4.2 Outcome: Two Evaluation Scenario for the Tourism Development Through WLC Method

The spatial indicators were worked out through the multi-criteria WLC method and six composite maps show the state of the local assets and the processes in the territory (Fig. 6).

According to the main purpose of the research, the weighting phase was implemented with the “swing weights method” (Bodily 1985). This method can be preferable when geographical data are available, since it simplifies the attributes outranking and weighting according to stakeholders preferences (Malczewski 1999).

The gradual scale of colours, from red to green, was chosen in order to identify areas with a different degree of suitability for tourism services development,

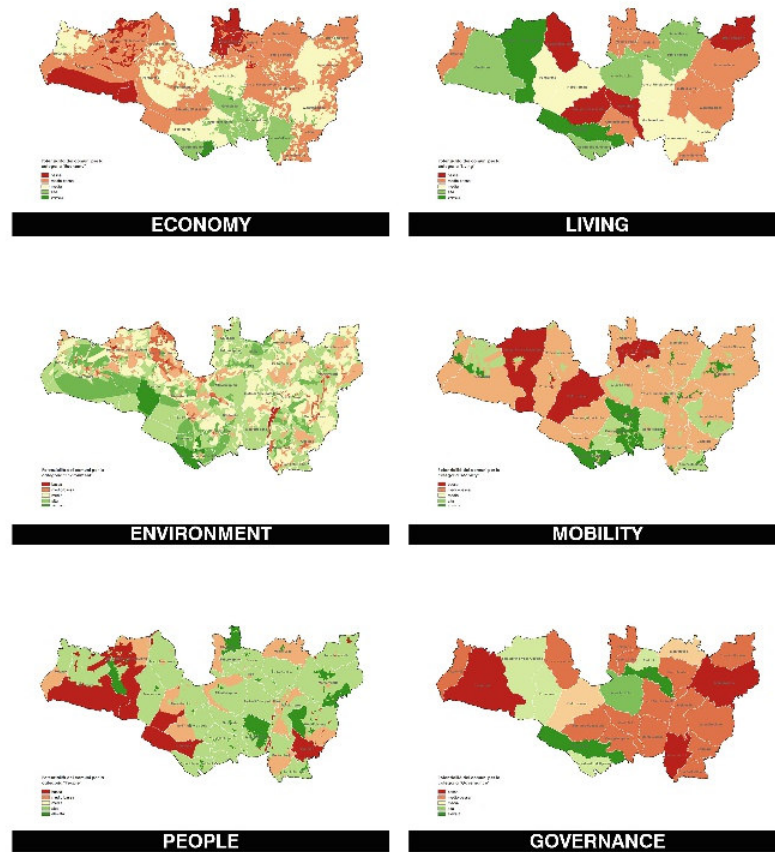


Fig. 6. Smart domains maps: weakness and potential of the study area through WLC method (Color figure online)

considering the red zones as negative and the green ones as positive, while the others mean intermediate values. The weighting phase provides two scenarios showing the suitable zones for tourism development according to the provided policy and planning strategies. The scenario 1, defined “Sulfur-Line” (Fig. 7), aims at improving the local resources through the wine and food paths strategy. This strategy is able to make explicit the history of the old mining quarries of the landscape, visiting naturalistic places and tasting local products.

The purpose aims at improving a network of municipalities to guarantee the touristic flows. The Table 2 shows the weights assigned to the scenario 1.

The scenario 2, defined “Welfare-Line” (Fig. 8), aims at fostering the religious and naturalistic tourism, implementing the quality of life through the preference of a slow-mobility, the enhancement of the amenities and the use of the touristic path and guides in the Partenio Regional Park.

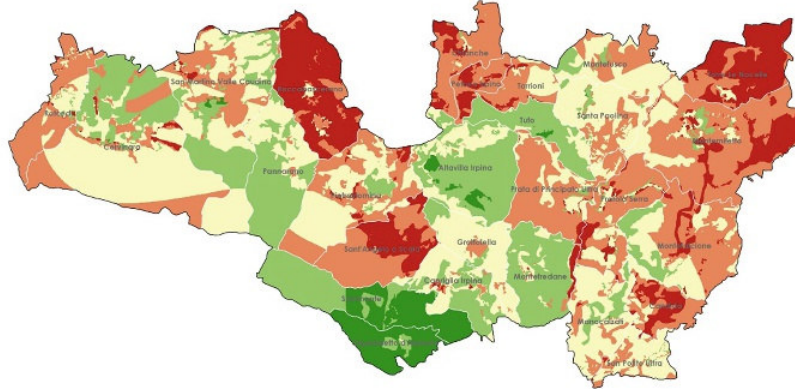


Fig. 7. Scenario 1 “Sulfur-Line”. The gradual scale of colours, from red to green, allows to identify areas with major functioning of the tourism development strategy, considering the red as low and green as high, while the others mean intermediate judgments (Color figure online)

Table 2. Scenario 1 “Sulfur-Line”. Weights of the domains

Ranking	Domain	Weight	
1	Environment	0,245	0,49
	Living	0,245	
2	Economy	0,165	0,33
	Mobility	0,165	
3	People	0,09	0,18
	Governance	0,09	

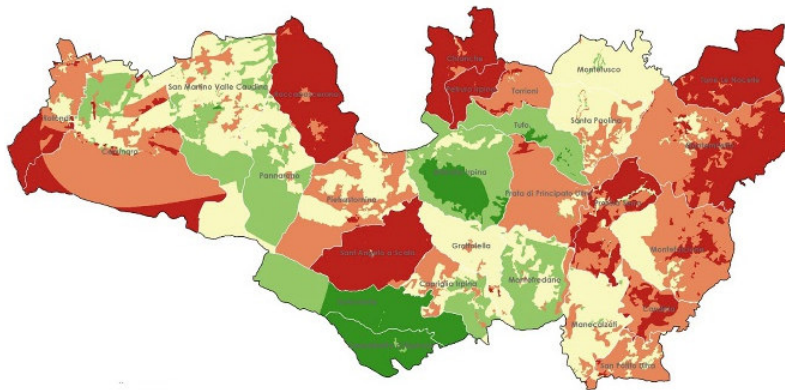


Fig. 8. Scenario 2 “Welfare-Line”. The gradual scale of colours, from red to green, allows to identify areas with major functioning of the quality of life enhancement strategy, considering the red as low and green as high, while the others mean intermediate judgments (Color figure online)

The Table 3 shows the weights assigned to the scenario 2.

Table 3. Scenario 2 “Welfare-Line”. Weights of the domains

Ranking	Domain	Weight	
1	Economy	0,245	0,49
	Living	0,245	
2	Governance	0,165	0,33
	Mobility	0,165	
3	People	0,09	0,18
	Environment	0,09	

5 Conclusions

In the paper, it has been tested the SDSS for landscape evaluation. Its methodological approach wants to improve the acknowledgement of the complex values of the landscape, by defining a model of representing and processing data. These models have made possible to draw up appropriate spatial indicators for both geographical explicit data and implicit ones. This has improved the understanding of the landscape resources and transformation ways ongoing in the municipalities around the Partenio Regional Park.

By integrating, thus, data coming from public sources with VGIs', it has been given a picture of the information on the context and the touristic enhancement goals. In details, the arranging of the information by following the domains of smart grammar aims to supervise available resources and the vigour of the place, highly regarding both environmental preservation and the needs of inhabitants and tourists. The issues dealt so far are about the geographical acknowledgement of the information and the chance to improve it through open source data.

The fact-finding survey developed here can be, therefore, improved and refined by users' contribution. The tested SDSS opens the path to public debate on future scenario. Specifically, those simulated in step 9 and 10 allow a preliminary evaluation of the policies and the planning strategies currently in action. Thus, the scenario maps show new geography of complex values, where the green colour areas have the major opportunity about the functioning of the tourism development strategy, while the intermediate colour areas can be understood as a bridge among the strong zones and the weak one.

References

- Attardi, R., Pastore, E., Torre, C.M.: Scrapping of quarters and Urban renewal: a geostatistic-based evaluation. In: Murgante, B., et al. (eds.) ICCSA 2014, Part III. LNCS, vol. 8581, pp. 430–445. Springer, Heidelberg (2014)
- Bodily, S.E.: Modern Decision Making: A Guide to Modelling with Decision Support Systems. McGraw-Hill College, New York (1985)

- Brown, G., Weber, D.: Public participation GIS: a new method for National Park planning. *Landscape Urban Plan.* **102**(1), 1–15 (2011)
- Cerreta, M.: Thinking through complex values. In: Cerreta, M., Concilio, G., Monno, V. (eds.) *Making Strategies in Spatial Planning. Knowledge and Values*, vol. 9, pp. 381–404. Springer, Dordrecht (2010)
- Cerreta, M., Fusco Girard, L.: Human smart landscape: an adaptive and synergistic approach for the National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni. *Agric. Agric. Sci. Procedia* **8**(5), 489–493 (2016)
- Cerreta, M., Inglese, P., Malangone, V., Panaro, S.: Complex values-based approach for multidimensional evaluation of landscape. In: Murgante, B., et al. (eds.) *ICCSA 2014, Part III. LNCS*, vol. 8581, pp. 382–397. Springer, Heidelberg (2014)
- Cerreta, M., Poli, G.: A complex values map of marginal Urban landscapes: an experiment in Naples (Italy). *Int. J. Agric. Environ. Inf. Syst.* **4**(3), 41–62 (2013)
- Cocco, C., Fonseca, M.B., Campagna, M.: Applying geodesign in Urban planning case study of Pampulha, Belo Horizonte. *Braz. J. Cartography* **67**(5), 929–940 (2015)
- Fusco Girard, L., Cerreta, M., De Toro, P.: Integrated assessment for sustainable choices. *Scienze Regionali* **13**(1), 111–141 (2014)
- Giffinger, R., Haindl, G.: Smart cities: ranking of European medium-sized cities. Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology, Vienna, Austria (2007)
- Golub, A.L.: *Decision Analysis: An Integrated Approach*. Wiley, New York (1997)
- Goodchild, M.F., Li, L.: Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spat. Stat.* **1**, 110–120 (2012)
- Istat: *La nuova geografia dei sistemi locali*, Istituto Nazionale di Statistica, Rome, Italy (2015)
- Li, W., Li, L., Goodchild, M.F., Anselin, L.: A geospatial cyberinfrastructure for Urban economic analysis and spatial decision-making. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2**, 413–431 (2013)
- Malczewski, J.: *GIS and Multi-criteria Decision Analysis*. Wiley, New York (1999)
- Malczewski, J.: GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* **20**(7), 703–726 (2006)
- Murgante, B., Tilio, L., Lanza, V., Scorza, F.: Using participative GIS and e-tools for involving citizens of Marmo Platano - Melandro area in European programming activities. *J. Balkans Near East. Stud.* **13**(1), 97–115 (2011)
- Openshaw, S.: The modifiable areal unit problem. *CATMOG - Concepts Tech. Mod. Geogr.* **38**, 3–41 (1983)
- O’Sullivan, D., Unwin, D.J.: *Geographic Information Analysis*. Wiley, Hoboken (2010)
- Steinitz, C.: *A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design*. Esri Press, Redlands (2012)
- Sugumaran, R., de Groote, J.: *Spatial Decision Support Systems: Principles and Practices*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton (2010)
- van Berkel, D.B., Verburg, P.H.: Spatial quantification and valuation of cultural ecosystem services in an agricultural landscape. *Ecol. Ind.* **37**, 163–164 (2014)
- van der Sluijs, J.P.: A way out of the credibility crisis of models used in integrated environmental assessment. *Futures* **34**, 133–146 (2002)

Oswaldo Gervasi · Beniamino Murgante
Sanjay Misra · Marina L. Gavrilova
Ana Maria Alves Coutinho Rocha
Carmelo Torre · David Taniar
Bernady O. Apduhan (Eds.)

LNCS 9158

Computational Science and Its Applications – ICCSA 2015

15th International Conference
Banff, AB, Canada, June 22–25, 2015
Proceedings, Part IV

4
Part IV



 Springer

Climate Change and Transformability Scenario Evaluation for Venice (Italy) Port-City Through ANP Method

Maria Cerreta^(✉), Daniele Cannatella, Giuliano Poli, and Sabrina Sposito

Department of Architecture (DiARC), University of Naples Federico II,
via Toledo 402 80134, Naples, Italy
{cerreta,daniele.cannatella,giuliano.poli,
sabrina.sposito}@unina.it

Abstract. The paper explores the consequences of resilience loss in some social-ecological components of Venice port-city in Italy and suggests integrated sustainable strategies on increasing their stress response capability. The urban model of Venice depends on two influential factors: the natural balance between land and water, and the social-economic dependence between mainland and islands. The authors adopt a broad framework of urban spaces and water environment, considering Venice as a complex regional unit, highly dynamic and sensitive. The adaptive balance historically reached by population and nature in Venice has been altered, because of a non-sustainable economic expansion, and tourism policy. The paper adopts a multi-dimensional approach, integrating the cognitive and evaluative dimensions with the technical and economic ones, in order to define possible strategies of action through Multi-Criteria Analysis and ANP method, able to play a strategic role in enhancing resilience at various scale.

Keywords: Resilience · Integrated evaluation · Sustainable scenario · ANP method

1 Introduction

Nowadays cities are completely involved in the fight against Climate Change. Even if the European Union is trying to promote both adaptive and mitigation strategies, it is difficult to define uniform actions because of the pronounced diversity that Climate Change effects arise across regions. Indeed, many areas are in danger: from Arctic to South Europe; from Alps to the Mediterranean Basin; and more, densely populated floodplains and urbanized coastal areas [1]. Climate Change leads a sensible increasing of global mean surface air temperatures over land and oceans. This phenomenon has strong impact on the rise in mean sea level, coastal erosion, and intensification of natural disaster due to meteorological drivers. Predicting Climate Change scenarios is extremely hard, however it seems to be clear how all these impacts involve environmental and anthropogenic systems. For example, abundance or lack of water can influence different economic sectors, i.e. agriculture, industrial production, tourism

© Springer International Publishing Switzerland 2015
O. Gervasi et al. (Eds.): ICCSA 2015, Part IV, LNCS 9158, pp. 50–63, 2015.
DOI: 10.1007/978-3-319-21410-8_4

and energy. For these reasons, the global resilience improvement set by European Community to protect environment is also an opportunity for a new green-based economy.

Urban areas hosting large and growing population become more vulnerable to climate change, for different causes as social inequality conditions and dependency on infrastructures [2]. In Italy, major consequences are related to the sea level rise. It has been calculated that, considering a rise rate between 18 and 30 cm by the end of the century, about 4500 square kilometres of the nation would be subject to flooding risk, especially coastal areas situated near the Ionian Sea (more than 60%) and the Northern Adriatic Sea (about 25%) [3]. In this framework, transformations due to the socio-economic development influence in a massive way the environmental system, including coastal systems. While the Low Elevation Coastal Zone constitutes the 2% of the world's land area, it contains 600 million people, the 10% of world's population, and 13 trillion US\$ worth of assets [4, 5]. Therefore, the anthropogenic pressure, rather than climate-related drivers, becomes the largest driver of change in coastal systems such as beaches, sand dunes, coral reefs, estuaries and lagoons.

In response to this set of issues, Venice is an interesting example of lagoon/urban system seriously at risk. Eustatism, subsidence, touristic pressure, oversize ships are the main impacts that affect the Venetian environment at three different levels: city region, Lagoon ecosystem and city core. Therefore, the current research observes Venice as a complex system made up of islands, lagoon environment and mainland, within which it is possible to balance the effects of tourists moving toward the historical center. The port of *Marittima* plays a decisive role as system's center of gravity becoming a potential hub for improving the management of touristic and trade flows. This action is a first step towards reduction of touristic pressure and reconnection of the port area to the city.

Considering the above issues, it is possible to make explicit some relevant critical aspects, analyse emerging conflicts and evaluate impacts on the territory of Venice, through the elaboration of a Decision Support System (DSS) that considers: processing of a sustainable strategy and related actions; identification of a stakeholders map; selection of suitable indicators set. Through the implementation of a synergistic relation between social, environmental, economic and political components, it is possible to verify how a new sustainable strategy could modify the existing context.

In section 2, the paper introduces a cross-scale strategy for Venice city-region together with the description of the case study. In section 3, we examine the methodological proposal of a Decision Support System (DSS) in relation to its application to the case study. Finally, in section 4 we discuss the results, drawing some methodological conclusions and possible future developments of the research.

2 The Context: Venice and Its Touristic Port Area

2.1 Cross-Scale Strategy for Venice City-Region

The impacts on the ecosystem services need a decision-making strategy able to support economic and social development while preserving sustainability [6]. However, the interdependence across territories goes beyond the constraint of metropolitan

governments, and unfolds within the city region. This level combines adaptable decision-making processes that can rearrange and enhance local units by involving communities in new sustainable regional and metropolitan scenarios [7, 8]. Moreover, the integrated valorisation of environmental components can inspire new strategies, able to give a resilient response to the Climate Change effects [9].

The metropolitan city of Venice highlights these implications. It was established by tracing out the Venetian territorial boundaries, keeping out the strategic location of Venice at the confluence of complex long-range networks [8, 10] (Figure 1).



Fig. 1. The study area

Venice intersects the trans-European Corridor V (Lisbon-Kiev) that passes through Padua and Treviso. Moreover, the city is characterized by a strategic localization for the different transport systems (air, sea and land). Therefore, OECD recommendations and regional plans proposed to strengthen and coordinate the urban environment along the Corridor V. OECD's main purpose is setting a metropolitan governance within a wider polycentric strategy, in order to manage urban, social-economic, environmental and climate features. The requirement of a competitive entity is evident in the Venice city-region configuration, which puts together the provinces of Venice, Padua and Treviso [10]. In this context, the identity of Venice – based on historical heritage, lagoon, maritime facilities, architecture and constructive techniques – becomes reliable indicators of city-region performance and quality, encouraging sustainable regional and local policies. Within the city-region, Venice can be a driving force of economic and cultural growth, as international tourist site. Meanwhile, social-ecological alteration and instability pushed by natural processes and human actions can tamper with the metropolitan system balance. However, any action should consider the greater area of influence, which can affect by means of direct/indirect, long/short-term impacts [10].

Based on these considerations, the paper introduces a multidimensional methodology for an integrated assessment to enhance the metropolitan role of Venice while reversing the general urban decline, ecosystem damage and resources depletion, in order to improve the good governance process of phenomena and impacts.

The identification of three levels of investigation (level A - Venice city region; level B - Venice lagoon ecosystem; level C - Venice city core), which fit three territorial “clusters” involving different stakeholders, defines the geographical framework for the indicators selection and facilitates to examining trade-offs between the area of interest and its surrounding within a drop-down frame. The conceptual framework

points out that sustainable projects, covered by level C, can increase the whole system's resilience if taken by sustainable policies at level A and B. It allows testing consistency of their actions across different scales. Considering three levels of investigation, some OECD indicators have been selected useful for understanding the different following components in order to identify a possible strategy of resilience (Figure 2):

1. Level A: Venice city region (Padua-Venice-Treviso): regional and metropolitan level of suburbanization, low population growth and dispersed form of production. It reaches a population of 2.6 million. Many projects will improve the city-region infrastructural system, especially the railway lines. This level requires a metropolitan resilience strategy, able to strengthen urban nodes, reduce land consumption and prevent risks/costs of extreme events.
2. Level B: Venice lagoon ecosystem (lagoon and mainland): hydrological system level, made up of inland and lagoon water, vulnerable to flooding. The level B is more subject to the water instability, determined by soil morphology and effects of climate change. The human pressures sharpen these criticalities, altering the environmental balance of the wetland. This level requires an ecosystem resilience strategy to face the global change of climate, sea and soil levels and to adapt at changes according to a sustainable vision.
3. Level C: Venice city core (historical centre and port): local level where lives around 2% of the city-region's population. It is subject to tourist pressure, which frequently causes the carrying capacity exceeded. The level C requires an urban resilience strategy based on regeneration and recycle.

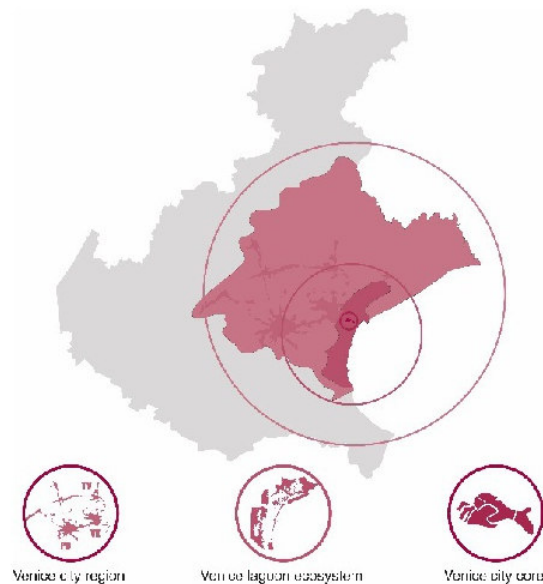


Fig. 2. Levels of investigation

2.2 The Case Study: Venice Port-City

The study area is the port of *Marittima*, localized in the North-West side of Venice island. It is the touristic hub of the city port system, constituted also by the commercial terminal on the mainland, in Marghera. The *Marittima* contains the main flows deriving from mainland and sea. The area was built in the second half of the XIX century, during the industrial development of the city.

Venice evolved around a set of cores on indefinite islands emerging from the lagoon, developing through a thickening process of built tissues. This approach outlines how Venetians made possible prospering for centuries in a hostile environment. During the industrial age this approach changed because of environmental transformations imposed by new technical navigation requirements and new port activities [11]. For this reason, areas close to the historical centre, as *Marittima* and Tronchetto, appear to be out of any proportion and context.

3 Toward a Decision Support System (DSS)

3.1 Cross-Scale Indicators for Transformability Scenarios Evaluation

Due to analyse a complex reality as Venice, and specifically the area of interest, a Decision Support System (DSS), based on the identification and selection of heterogeneous data, has been structured [12, 13, 14]. Data are organized into a set of indicators that describe the social, economic and environmental features of the study area and its surrounding context. The methodological framework of the DSS classifies indicators according the DPSIR model [15] and indicates: reference year or trend, source, unit of measure, value and territorial coverage. According to a cross-scale approach, the territorial coverage refers not only to the local environment but also to an extended landscape that includes the Lagoon and the mainland.

The criteria of the DSS subdivide themselves into three levels, according to a tree-structure. The first level represents three macro-category including social, economic and environmental dimensions. The second level concerns the thematic areas derived from first level criteria and it contains issues related to: residents, local involvement and cultural consciousness included in Society meta-criterion; cruise tourism, tourism and occupation, included in Economy meta-criterion; infrastructure, urban amenities, biodiversity, climate, water, waste, air and soil, included in Environment meta-criterion. Finally, the third level concerns the indicators that are parameters used to understand and analyse those phenomena, which characterize the territory. The three level indicators show the state of the spatial system and its trend. Nevertheless, the DSS adopted a selection procedure for some categories of indicators pertinent to the study area, marked in grey in Table 1.

The cross-scale strategy becomes essential regarding to the planning and decision-making process of port areas since a localized action can influence and have effect on a larger scale. The displacement of cruise route or touristic flows toward proper directions and sites, for example, can enhance the efficiency of the ecological and social systems involved.

Table 1. Core-set of indicators

1 st Criteria	2 nd Criteria	Indicators	DPSIR	Year	Source	U.M.	Value	Level	
Society	Residents	Inhabitants	P	2013	Municipality	num.	57.999	C	
		Demographic trend	D	2001-2010	ISTAT	num.	59.621	C	
	Local involvement	Foreigner residents	P	2007	Municipality	num.	12.700	C	
		Growth population scenario	D	2020	Municipality	num.	54.799	C	
		Metropolitan inh. Planning and Environmental Participation Index	P	2011	OECD	num.	2.600.000	A	
		Eco-management Index	R	2011	Legambiente	index 0-100	75	C	
	Cultural consciousness	UNESCO area	R	2014	UNESCO	ha	70.230,46	C	
		Cultural events	R	2007	OECD	num.	1.800	C	
	Economy	Cruise tourism	Passenger traffic	P	2013	VTP	num.	2.073.953	C
			Harbours with over 25 m berths	S	2013	Authors comp.	num.	32	B
Ship arrivals			P	2012	Municipality	num/yr	1.280	C	
Cruise tourists			P	2013	VTP	num.	1.815.823	C	
Berths over 40.000			S	2014	Port Authority	num.	4	C	
GT									
Cruise arrivals			S	2012	Municipality	num/yr	661	C	
Negative externalities cost			I	2013	"Ca Foscari" University	€/residence/yr	6.000	C	
Mega-yacht arrivals			P	2013	Port Authority	megayacht/yr	200	C	
Tourism		Touristic arrivals	P	2012	Municipality	people/yr	2.485.136	C	
		Touristic turn-out	P	2012	Municipality	people/yr	6.221.821	C	
		Touristic carrying capacity	P	1990	"Bicocea" University	people/yr	22.000	C	
		Metropolitan touristic arrivals	P	2007	OECD	people/yr	39.500.000	A	
		Hotels	R	2012	Municipality	num.	418	C	
		Beds in hotels	R	2012	Municipality	num.	28.442	C	
Occupation		Employment rate (15-64 age)	P	2013	ISTAT	%	59,7	A	
		Unemployment rate (15-74 age)	P	2013	ISTAT	%	8,6	A	
		Structural dependency index	P	2013	Tuttitalia.it	num.	56,1	A	
		Recharge of working age residents index	P	2013	Tuttitalia.it	num.	151,4	A	
		Structure of working age residents index	P	2013	Tuttitalia.it	num.	142,1	A	
		Operative enterprises	R	2011	ISTAT	num.	22.947	C	
		Employees in operative enterprises	R	2012	ISTAT	num.	101.858	C	
Environment		Infrastructure	Railway passengers in S. Lucia	P	2012	Gianni Pellicani foundation	num.	34.990	C
			Railway passengers in Mestre	P	2012	Gianni Pellicani foundation	num.	27.189	C
		People mover maximum load	R	2014	AVM	passenger/h	3.000	C	
		Bus fleet	R	2014	ACTV	num.	600	B	
	Boat fleet	R	2014	ACTV	num.	152	B		
	Parking spaces in Venice	R	2014	Authors comp.	num.	7.109	C		
	Parking in Mestre and Marghera	R	2014	Authors comp.	num.	850	C		
	Park and ride	R	2014	AVM	num.	12	C		

Table 1. (Continued)

Environment	Car rate	P	2013	Legambiente	vehicles/100 inh.	42	C
	Motorcycle rate	P	2013	Legambiente	motor-cycle/100 inh.	7	C
Infrastructure	Num. of vehicles	P	2012	ACI	num.	143.444	C
	Public car park transit	R	2011	Municipality	vehicles/yr	235.503	C
	Pass for Limited Traffic Area	R	2011	Municipality	num./yr	80.767	C
	Public Transport offer	R	2013	Legambiente	km-vehicles/inh.per yr	64	C
	Public Transport Passengers	P	2013	Legambiente	passenger/inh per yr	592	C
	Sustainable Mobility index	R	2011	Legambiente	index 0-100	73,3	C
	Bike path	R	2013	Legambiente	meters/100 inh.	12,47	C
Urban amenities	Usable urban green area	R	2013	Legambiente	m ² /inh.	37,4	C
	Green areas	S	2013	Legambiente	%	65	C
Biodiversity	Barene erosion 1930-2000	I	2012	Magistrato alle Acque	km ²	35	B
	New artificial barene	R	2000	Consorzio Venezia Nuova	ha	500	B
Climate	ZPS, SIC, IBA	R	2014	Natura 2000	ha	115.326,34	B
	Average of precipitation	S	2013	Authors comp. on Eurometeo	mm/yr	66,6	C
	Relative humidity rate	S	2013	Authors comp. on Eurometeo	%	75,8	C
	Max temperature	S	2013	Authors comp. on Eurometeo	°C	17	C
	Min temperature	S	2013	Authors comp. on Eurometeo	°C	8,5	C
Waste	Blackwater	P	2011	Authors comp.	l per day	145.658	C
	Greywater	P	2011	Authors comp.	l per day	1.844.996	C
	Bilge water	P	2011	Authors comp.	l per day	48.553	C
	Solid waste	P	2011	Authors comp.	kg per day	24.276	C
Air	Average of NO2	S	2013	Legambiente	mg/mc	36,5	C
	Average of PM10	S	2013	Legambiente	mg/mc	32,8	C
	Average of O3 up to 120 mg/mc	S	2013	Legambiente	mg/mc	34,5	C
Soil	Urban waste production	P	2013	Legambiente	kg/ inh. per yr	618,7	C
	Soil consumption per inh.	P	2007	SINAnet	m ² per inh.	199,54	C
	Land use	D	2012	EEA	class	26	B

Level A indicators show that the local loss of population in Venice is actually a re-distribution phenomenon involving the city-region. The main reason is the high concentration of historical and cultural values in the city core that attracts almost 2.5 millions of tourists every year. Therefore, recent studies point out a possible cause-effect relationship between population decrease and tourism growth. The cruise tourism has mostly influence on tourist incoming, since Venice Terminal Passenger (VTP) computed more than 1.8 million cruise passengers in 2013. The cruise traffic

makes a significant contribution to the tourist carrying capacity exceeding. The threshold of 22.000 tourists a day in the city center, indeed, has been overcome, reaching peaks of 100.000 arrivals [16]. Likewise, the lack of accommodation facilities in the mainland and lagoon archipelago encourages the tourist presence in the city core, where numerous buildings were turned into hotels. The tourist pressure induces a series of dangerous impacts as: environmental damage, pollution, sea bottom erosion, high-frequency currents, deterioration of buildings and identity weakening. The negative externalities linked to pollution of air, sea and climate change amount to 278 million euro per year, compared to 290 of cruise tourism revenue, for an average of 6.000 euro per inhabitant a year estimated for the historic city of Venice [17].

In 1987, Venice and the Lagoon entered in UNESCO's World Heritage List. It demanded to protect the historical architectures, techniques and traditions as well as the wet habitat over time. The UNESCO criteria underlined the urban and environmental values of Venice, and recognized the primary role of *barene* (clay soil formations that are periodically submerged by water) for the hydrologic balance maintenance.

Decision-making processes must deal with this sensitive matter, recommending new visions and strategies to reverse pressure conditions while allowing touristic purposes. The shift toward more sustainable forms of tourism can launch conciliation procedures on crucial issues, raising the Eco-management Index [18, 19].

3.2 Resilient Urban Design as Response to Pressures

Considering potentials and critical aspects underlined by the main indicators, a proposal of a new sustainable strategy has been elaborated. The project aims at shifting the *Marittima* from terminal-cruise to maxi-yacht marina, outsourcing logistics functions and cruise lines in *Marghera*, in order to reduce the environmental impacts, including the risks of people and artifacts generated by transit and berthing of over-size ships (Figure 3).

According to a systemic vision based on multi-scale approach, *Marittima* has been considered a strategic infrastructural hub and a gateway to the historic city by the mainland and the sea.

The objectives try to make a significant contribution in terms of increasing social, economic and environmental resilience of Venice. These objectives are:

- Sustainable management of daily touristic flow;
- Integration of the *Marittima* with its surrounding context;
- Improvement of the environmental performances;
- Enhancement of the identity-related values of port.

The Master Plan defines three different functional fields: touristic port, behind-port area and port-city connection area, and integrates itself with a set of logistic interventions, i.e. Ro-Ro terminal in *Fusina*, offshore platform and high-speed railway system. It aims at optimizing mobility networks by reducing road transport and creating

intermodal parking. Moreover, the design of a new green park within the port area enhances urban and environmental amenities, by locating various facilities that can host mixed and temporary uses.

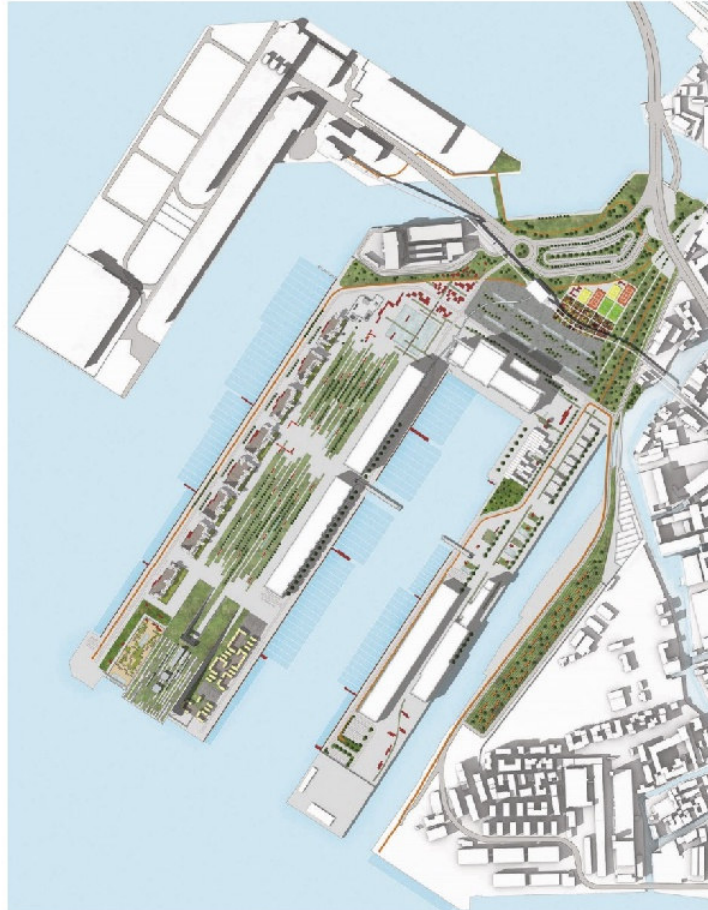


Fig. 3. The Master Plan

According to this vision, the conceptual framework is based on several elements: the preservation of the existing urban grid that combines old and new elements; the use of containers following low-impact approaches; the reuse and restyle of cruise terminals. Specifically, touristic port have a variety of functions due to ensure its continued vitality: residences, micro-exhibition centers, shopping galleries, recreational and cultural facilities and a Yacht Club. The area of connection port-city becomes an arts, science and technology center, with new housing for students, artist's studios and exhibition spaces. The green park hosts some prototypes of eco-sustainable houses while the cruise terminal becomes the new center of the lagoon biology research.

3.3 Scenario Evaluation Through Analytic Network Process (ANP)

The evaluation process, elaborated with the ANP application software provided by Creative Decision Foundation [20], aims at showing the preference of one alternative scenario compared with the others. According to the analysis of the social, economic and environmental context (see 3.1), it is possible to define three scenarios for the study area:

- (a) the current scenario, called *Scenario 0*;
- (b) the cruise tourism scenario, called *Scenario 1*;
- (c) the Master Plan scenario, called *Scenario 2*.

The *Scenario 0* represents the current state of *Marittima* port area composed by five cruise terminals, parking areas for tourists and warehouses; in this scenario the port area is physically and morphologically separated by the city. The *Scenario 1* improves the cruise tourism through the restyle of the terminals and the edification of a new building composed of a multi-storey car park and roof garden; this scenario partially tries to connect the port with the city. The *Scenario 2* is the Master Plan that suggests to shift the cruise tourism to *Marghera*, making the *Marittima* a maxi-yacht port; it considers the port as a strategic part and it achieves the connection with the city through green filtering and functional variety (Figure 4).

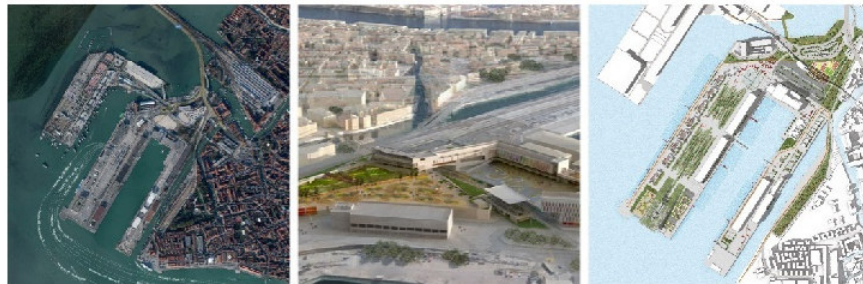


Fig. 4. Scenarios. From left to right: current scenario (Source: Google maps), cruise tourism scenario (Source: www.port.venice.it) and Master Plan (Source: authors' elaboration)

The ANP multi-criteria method is an implementation of the Analytic Hierarchy Process (AHP), powered by Saaty [21,22,23], which includes the interrelationship between elements within the hierarchy system of criteria. The ANP is structured in four main phases. First, it is necessary to define a goal for the analysis; subsequently, the method allows sorting the decision problem into two fundamental elements: the nodes, compounded by main categories, and the clusters that constitute sub-categories of the nodes. This framework is similar to the human thought processing and allows examining the complexity of a problem through the pairwise comparison technique. The third and fourth phases consist, respectively, of the super-matrix, that combines the interrelationships between clusters and nodes, and finally the weights and the priority vectors related to each main category [24, 25].

The ANP method, combined with the Benefit-Opportunity-Costs-Risks (BOCR) analysis, provides problem simplification by structuring and classifying the selected issues according to these categories, through the built of an ANP-BOCR model [21]. Four main clusters of BOCR model compose the decision framework and each cluster contains some nodes, in sub-network level, that are the indicators previously divided and categorized according to DPSIR model. The goal of the evaluation process is to identify the best scenario for the study area.

After the model structuring, it is possible to make pairwise comparisons among the nodes related to each cluster. In the ANP method, there are two levels of pairwise comparisons: the one relating to clusters, which is general, and the other relating to nodes, which is more specific as it involves the indicators level [22]. The rating assigned in the pairwise follows the Saaty's fundamental scale of 1-9, where the 1's represents the same value in the judgment, while the 9's defines extremely importance [23]. Moreover, the sensitivity analysis evaluates the stability of the final output changing the weight of assigned judgments. According to ANP-BOCR model, the decision problem has been divided in categories, and the judgments – assigned to clusters and nodes during the evaluation process – provide four final graphs describing scenarios in terms of benefits, opportunities, costs and risks (Figure 5).

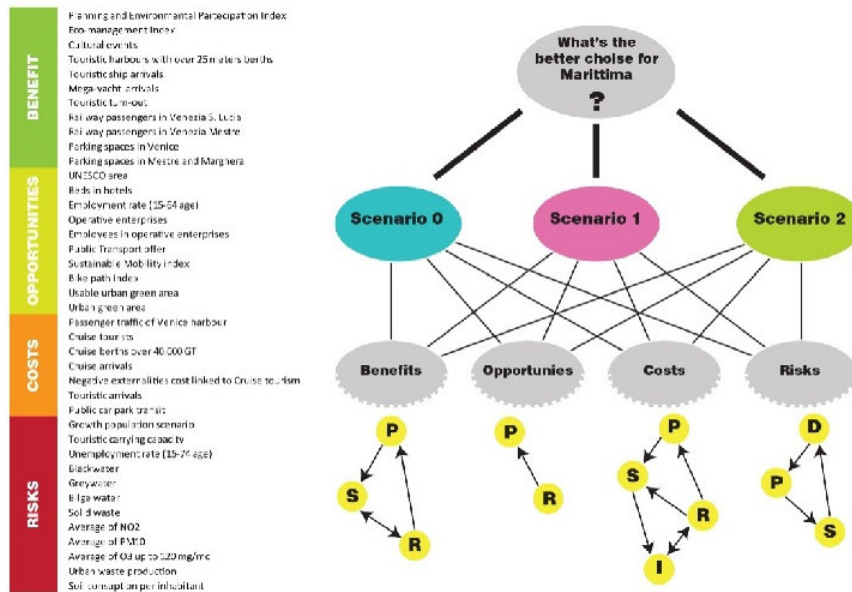


Fig. 5. ANP-BOCR framework

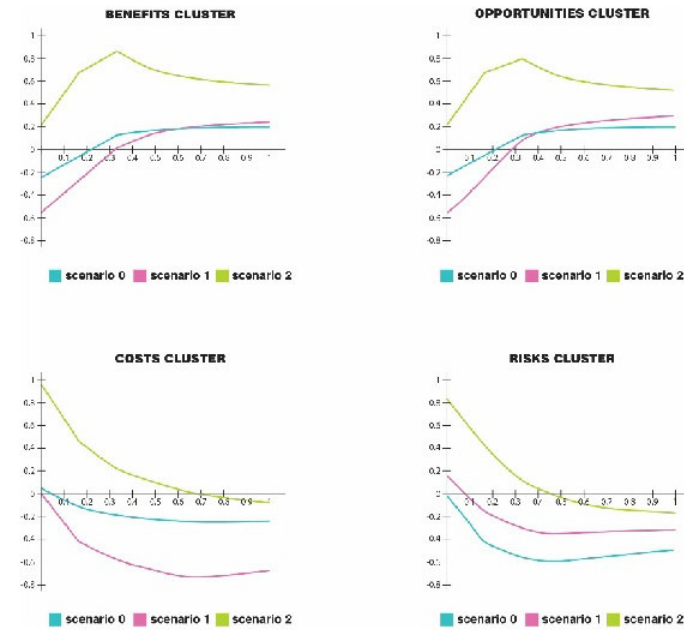


Fig. 6. ANP-BOCR model: benefits, opportunities, costs and risks for each scenario

Regarding to Benefits and Opportunities networks, the bends of the three scenarios grow with the increase of assigned weights (Figure 6). Therefore, they have positive features in terms of Benefits and Opportunities. However, the Master Plan scenario is the alternative with the highest score compared with other two, while there is an irrelevant difference between scenario 0 and scenario 1.

Concerning Costs and Risks networks, the bends of scenarios decrease with the increase of the assigned weights. In reference to both criteria, Master Plan scenario is preferable because it represents the alternative that throws down costs and risks more than others. Finally, there is a significant difference between scenario 0 and scenario 1, as the first wins in Costs graph while it loses in Risks graph compared to scenario 1.



Fig. 7. Scenario ranking

The Master Plan scenario becomes the least preferable solution since it proposes an urban regeneration action that tries to lower environmental risks and costs while enhancing benefits and opportunities. The distributive method of the AHP has been used in order to obtain the ratings. Normalized results show that the preferable scenario for all networks is the Master Plan with a score of 0.54 compared to 0.36 of scenario 1 and 0.10 of scenario 0 (Figure 7).

4 Conclusion

The assessment of tangible and intangible values makes it possible to understand social, economic and environmental dimensions through a multi-dimensional approach [26, 27]. Moreover, the interpretation of critical and potential elements generates strategic actions that can have consistent or conflicting impacts on different scales. In the climate and demographic change-related framework, multi-dimensional and cross-scale approaches can play an essential role to conceive new forms of economies able to activate circular processes, enhancing resilience of anthropic and natural systems.

Indeed, the SSD is useful to understand the impacts related to climate and demographic changes, analyse the possible forward scenarios and check the coherence of a multidimensional-approach. At the same time, the selection of specific knowledge-based indicators and the implementation of an ANP model allows identifying the most relevant issues, and helps organizing the alternatives and choosing the preferable one.

The proposed SSD becomes particularly useful to understand the complex reality of Venice, in which all conflicting dimensions show themselves in multiple shapes and different scales.

References

1. Commission of European Community: White Paper on adapting to climate change: Towards a European framework for action (2009). <http://ec.europa.eu/>
2. Melillo, J.M., Richmond, T.C., Yohe, G.W.: Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment. U.S. Government Printing Office, U.S. (2014)
3. ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile). Terza Comunicazione Nazionale dell'Italia alle Nazioni Unite (UNFCCC). Ministero dell'Ambiente e del Territorio, Roma (2003)
4. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability (2014). <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
5. MA (Millennium Ecosystem Assessment): Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Island Press, Washington DC (2003)
6. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Suttonkk, P., van den Belt, M.: The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**, 253–260 (1997); Vogel, R.K., Savitch, H.V., Xuc, J., Yehd, A.G.O., Wue, W., Sanctonf, A.: Governing global city regions in China and the West. *Progress in Planning* **73**, 1–75 (2010)
7. Messina, P.: Metropolitan city or city region? The case of the Veneto in the European context. *Economia e Società regionale* **XXXI**, 46–63 (2013)

8. Gasparrini, C.: Una nuova città: diffusione e densificazione. In: Talia, M., Sargolini, M. (eds.) *Ri-conoscere e ri-progettare la città contemporanea*. Studi Urbani e Regionali, Franco Angeli, Milano (2012)
9. Fondazione Venezia 2000: OECS | OECD: Territorial review: il caso di Venezia. *Materiali e contributi* (2010). <http://www.fondazionevenezia2000.org>
10. Sposito, S., Cannatella, D.: Building the lagoon city: from venice to the lagoon, from the lagoon to venice. In: *Proceedings of the Meeting Port Cities as Hotspots of Creative and Sustainable Local Development*, BDC – Bollettino del Dipartimento di Conservazione dei Beni Architettonici ed Ambientali 12 (2012)
11. Cerreta, M.: Thinking through complex values. In: Cerreta, M., Concilio, G., Monno, V. (eds.) *Making Strategies in Spatial Planning. Knowledge and Values 3*. Springer, Dordrecht (2010)
12. Cerreta, M., Poli, G.: A Complex Values Map of Marginal Urban Landscapes: An Experiment in Naples (Italy). *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems* 4, 41–62 (2013)
13. Fusco Girard, L., Cerreta, M., De Toro, P.: Integrated Assessment for Sustainable Choices, *Scienze Regionali. Italian Journal of Regional Science*, 111–142 (2014)
14. EEA (Environmental European Agency). <http://www.eea.europa.eu>
15. Costa, P.: La carrying capacity. Il caso di Venezia. In: Costa, P., Manente, M., Furlan, M.C. (eds.) *Politica economica del turismo*, pp. 135–150. Touring Club Italiano, Milano (2001)
16. Tattara, G.: É solo la punta dell'iceberg! Costi e ricavi del crocierismo a Venezia. *Note di Lavoro* 2 (2013)
17. Legambiente: *Ecosistema Urbano. XIX Rapporto sulla qualità ambientale dei comuni capoluogo di provincia* (2012). <http://www.legambiente.it>
18. Legambiente: *Ecosistema Urbano. XXI Rapporto sulla qualità ambientale dei comuni capoluogo di provincia* (2014). <http://www.legambiente.it>
19. <http://www.creativedecision.org>
20. Saaty, T.L., Ozdemir, M.S.: *The Encyclicon. A Dictionary of Complex Decisions Using the Analytic Network Process*. RWS Publications, Pittsburgh (2008)
21. Saaty, T.L.: *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York (1980)
22. Saaty, T.L., Vargas, L.G.: *Decision Making with the Analytic Network Process*. Springer, US (2006)
23. Bottero, M., Ferretti, V.: Assessing urban requalification scenarios by combining environmental indicators with the Analytic Network Process. *Journal of Applied Operational Research* 3, 75–90 (2011)
24. Lombardi, P., Lami, I.M., Bottero, M., Grasso, C.: Application of the analytic network process and the multi-modal framework to an urban upgrading case study. In: Horner, M., Hardcastle, C., Price, A., Bebbington, J. (eds.) *International Conference on Whole Life Urban Sustainability and its Assessment*, Glasgow (2007)
25. Attardi, R., Canta, A., Torre C.M.: Urban design, institutional context and decision-making process. In: *Complex Evaluations for Hybrid Landscapes*, BDC – Bollettino del Dipartimento di Conservazione dei Beni Architettonici ed Ambientali 14, pp. 129–143 (2014)
26. Camarda, D., Romandini, M., Torre C.M.: Wetlands, coastline, historical heritage vs. urban spread: a complex integrate planning experience in Taranto, Italy. In: Camarda, D., Grassini, L. (eds.) *Coastal zone management in the Mediterranean region*. Bari: CIHEAM, pp. 123–135 (*Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*; n. 53) (2002)

L'ecologia profonda riconosce il valore intrinseco di tutti gli esseri viventi e considera gli esseri umani semplicemente come un filo particolare nella trama della vita.

[La rete della vita - F.Capra, 1996]

